



# СБОРНИК ТРУДОВ

IV МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИКЕ,  
УПРАВЛЕНИИ И ОБРАЗОВАНИИ

ТОМ I

Балаково 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

# **СБОРНИК ТРУДОВ**

**IV Международной  
научно-практической конференции**

**«Современные технологии и автоматизация в технике,  
управлении и образовании»**

**Том I**

Балаково 2022

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

C23

Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» (16 декабря 2021 года). – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2022. – Т. I. – 434 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу IV Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» 16 декабря 2021 года в БИТИ НИЯУ МИФИ.

Материалы сборника включают в себя широкий круг вопросов: инновационные проекты и технологии в энергетике и машиностроении; информационные технологии в науке и образовании; информационные технологии и автоматизация в технических системах и управлении; технология и переработка органических и неорганических материалов; инновационные технологии и автоматизация в строительстве зданий и сооружений; актуальные проблемы и тенденции социально-экономического развития управления и образования.

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

#### **Редакционная коллегия**

**ответственный редактор:** Р.А. Кобзев

**члены редакционной комиссии:** О.В. Виштак, С.Н. Грицок, Т.А. Голова,  
Т.А. Ефремова, Э.Ф. Кочеваткина, О.Н. Михайлова, Г.В. Очкур,  
Н.М. Чернова, В.М. Герасимова, Е.В. Свиридова, В.А. Крошина.

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

Статьи получены до 25 декабря 2021 года. Статьи сборника издаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7262-2871-6

© Балаковский инженерно-технологический  
институт (филиал)  
Национального исследовательского ядерного  
университета «МИФИ», 2022

Подписано в печать 27.05.2022. Формат 60x84 1/16

Печ. л. 27,1. Тираж 100 экз. Заказ №1

*Балаковский инженерно-технологический институт (филиал)  
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»  
Типография БИТИ НИЯУ МИФИ  
413853, Саратовская обл., г. Балаково, ул. Чапаева, д. 140*

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И ОБРАЗОВАНИИ»**

#### **СЕКЦИЯ 1:**

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

##### **АБИДОВА Е.А., ЕРШОВ А.Н.**

Методика диагностирования состояния и контроля ресурсных характеристик приводов СУЗ..... 11

##### **АРТАМОНОВ Б.А., МАРКЕЛОВА О.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.**

Эффект облегчения ходьбы при использовании пассивного экзоскелета голеностопного сустава с передним расположением упругих элементов..... 16

##### **БЕЛОСТРОПОВА В.Э., МЕФЕДОВА Ю.А.**

Обзор технологий резки для демонтажа оборудования ядерных объектов..... 19

##### **БИЗОВ А.В., МЕФЕДОВА Ю.А.**

Применение среды SimInTech для моделирования и анализа электрических цепей переменного тока..... 25

##### **БИРЮКОВ В.П.**

Оптимальная система управления температурным режимом процесса термостабилизации в производстве углеродных волокон на основе ПАН..... 31

##### **ВОСТРОВ И.А., ГРИЦЮК С.Н.**

Стенд для проверки технического состояния кабельных изделий..... 38

##### **ВОСТРОВ И.А., КОРНИЛОВА Н.В.**

Обоснование выбора экспертной системы для поиска неисправностей электродвигателя..... 43

##### **ГАЙКАЛОВ А.Г., ИВАЩЕНКО В.А., ПЕТРОВ Д.Ю.**

Анализ структур роботизированных комплексов сборки..... 48

##### **ЕЛИСЕЕВ И.С., МЕФЕДОВА Ю.А.**

Моделирование системы регулирования уровня в SimInTech..... 53



**ЕПИШИН А.Ю.**

Повышение топливной экономичности дизель-генератора 21-26ДГ при выборе новой формы тепловозной характеристики..... 58

**ЕФРЕМОВА Т.А., АЛЕМАСКИНА О.П.**

Разработка автоматизированной системы трехзонного управления микроклиматом в помещении БЩУ атомной станции..... 63

**КИРЕЕВА О.В., ГРИЦЮК С.Н.**

Комплекс технических средств автоматизации для управления технологическими процессами на АС..... 69

**КИРЕЕВА О.В., МЕФЕДОВА Ю.А.**

Основные типы беспроводных сетей на АЭС ..... 73

**КОВАЛЕВ А.С., ПЕТРОВ Д.Ю.**

Анализ программных комплексов разработки систем управления для ответственных применений на основе конечных автоматов..... 77

**КОРУШИН А.О., КРАСНОЛУДСКИЙ Н.В.**

Один из способов конструирования станка с числовым программным управлением своими руками..... 82

**КОСТИН Д.А., РАЗУВАЕВ А.В.**

Определение точки безубыточности при эксплуатации газопоршневой мини-ТЭЦ..... 88

**КУДАШЕВА И.О., ХАЙКОВА Я.Д., КОСТИН Д.А.**

Особенности технологической подготовки серийного и мелкосерийного производства и задачи его исследования..... 93

**МАЛУШКИН А.Н., РОГОВА М.В.**

Выбор оптимального варианта сети электроснабжения завода по производству оборудования для общественного питания..... 97

**МЕФЕДОВА Ю.А., СВЕРИНА О.А.**

Анализ режимов работы САР давления в главном паровом коллекторе..... 103

**МЕФЕДОВА Ю.А., ТУРУЛИН И.С.**

Анализ действия и срабатывания блокировок САР давления в главном паровом коллекторе..... 107

**МЕФЕДОВА Ю.А., ФЕДОРОВ К.П.**

Доработка алгоритма работы блокировки по повышению уровня конденсата ПВД..... 111

<b>МЕФЕДОВА Ю.А., ЮШКОВА А.О.</b>	
Анализ режимов работы системы автоматического регулирования давления в деаэраторе атомной станции.....	115
<b>ПОСПЕЛОВ И.А., БУБЛИКОВА И.А.</b>	
Анализ безопасности в электроэнергетике.....	120
<b>РАЗУВАЕВ А.В.</b>	
Анализ эффективности применения систем утилизации.....	126
<b>РАЗУВАЕВ А.В., КИРЕЕВА О.В.</b>	
Система компенсации давления ядерных установок малой мощности.....	131
<b>САФОНОВ А.В., КОРНИЛОВА Н.В.</b>	
Обзор инструментальных средств для программной реализации экспертной системы по определению неисправностей электродвигателей.....	136
<b>САФОНОВ А.В., ПЕСТОВА Е.Д.</b>	
Разработка учебного стенда системы автоматического управления приточной вентиляцией.....	140
<b>ТАБАКОВА Е.Д., ГРИЦЮК С.Н.</b>	
Анализ современных технологий энергосбережения.....	143
<b>ТАРАНОВ А.А., ГРИЦЮК С.Н.</b>	
Оптимизация конструкции проточной части электрогидравлических регулирующих устройств.....	148
<b>УСТИНОВ Н.А.</b>	
Простой усилитель звуковой частоты для компьютера.....	152
<b>УСТИНОВ Н.А., ДЕНИСЕНКО И.П.</b>	
Проблемы расчета теплообмена на поверхности втулки цилиндра ДВС.....	157
<b>УСТИНОВ С.Н., ДЕНИСЕНКО И.П., УСТИНОВ Н.А.</b>	
Обоснование структуры уравнения расчета теплообмена на поверхности втулки цилиндра со стороны охлаждения.....	161
<b>ФЕДОРЕНКО И.А., ТИМОФЕЕВ М.Н.</b>	
Алгоритм и система управления квадрокоптером на базе микроконтроллера STM32F103C8T6.....	165
<b>ШАХОВ А.А., ГУБАТЕНКО М.С.</b>	
Перспективные технологии аккумулирования и хранения энергии.....	171
<b>ШМИГИРИЛОВ Ю.Г., ФРАНКОВСКИЙ Б.А.</b>	
Электромашинный возбудитель сейсмических колебаний.....	178

**ЮРТАЕВ А.Г., СТЕПАНОВ М.Ф., ПЕТРОВ Д.Ю.**

Анализ возможностей верификации программного обеспечения на основе автоматного программирования..... 185

**СЕКЦИЯ 2:**

**«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

**АКИМОВА В.В., ТИМОФЕЕВ М.Н.**

Моделирование инфраструктуры умного дома..... 190

**АНАНЬЕВА Е.А., НАГОВИЦЫНА О.А., СОРОКА И.В.**

Особенности коммуникационного взаимодействия преподавателя и студента при дистанционном обучении по курсу химии с точки зрения качества обучения..... 195

**ВИНОГРАДОВ А.А., ВИШТАК Н.М.**

Проектирование базы данных анализа научно-исследовательской деятельности в вузе..... 201

**ГИРИН В.А., ЦВЕЛИК Е.А.**

Применение методов анализа цифрового следа в системе дистанционного обучения Moodle в целях повышения качества онлайн-курсов..... 208

**ГОЛОВАНОВА Ю.А., МАТРЮХИНА С.В., ПЕНЬКОВА Е.С., ХОДАКОВА Н.П.**

Организация зоны комфорта при организации дистанционного обучения..... 214

**ГУЩЕВАРОВ М.В., ТИМОФЕЕВ М.Н.**

Проектирование и моделирование умного дома на базе контроллера SIEMENS LOGO 218

**ДМИТРИЕВА Н.Н., СЕЛЕЦКАЯ Т.С., ХОДАКОВА Н.П.**

Стимулирование конструкторской деятельности учащихся начальной школы на базе материала II Всероссийской интерактивной олимпиады «Lego world»..... 222

**ЕЛКИНА Ю.С., ТИМОФЕЕВ М.Н.**

Перспектива развития локальных сетей в 21 веке..... 226

**ЗАБРОДИН М.Д., ВИШТАК Н.М.**

Облачные технологии в образовании..... 230

**КАЧКОВ М.С., МИХЕЕВ И.В.**

Система требований для разработки приложения контроля результатов вузовского образовательного процесса ..... 235

**КАЧКОВ М.С., ОЧКУР Г.В.**

Проектирование программного обеспечения с использованием методологии Agile..... 240

<b>КОНОВАЛОВ Э.Н., ШТЫРОВА И.А.</b>	
Интеллектуальная обработка изображений и видео.....	247
<b>КУЛИКОВА Е.Г., ШТЫРОВА И.А.</b>	
Влияние цифровизации образования на развитие учебно-познавательных компетенций обучающихся.....	251
<b>КУЧУК Ж.С., СИГИН В.В.</b>	
Эффективность онлайн-лекций в формировании компетенций студентов при изучении химии на первом курсе.....	255
<b>ЛЕБЕДЕВА Я.В., ВИШТАК Н.М.</b>	
Применение VR-технологий в практике повышения квалификации сотрудников атомной отрасли.....	258
<b>ЛЕБЕДЕВА Я.В., ОЧКУР Г.В.</b>	
Доказательство парадоксов средствами языка высокого уровня.....	263
<b>МАСЛЕННИКОВА К.В., ШТЫРОВА И.А.</b>	
Разработка модели информационной системы для организации самостоятельной работы обучающихся.....	270
<b>МЕЛЬНИКОВ Н.С., ТИМОВЕЕВ М.Н.</b>	
Разработка веб-приложения «Сервисный центр» для образовательных учреждений....	274
<b>МИРГОРОДСКАЯ Е.Е., СПИВАК А.Е., АЛЬ-КАРАВИ РААД ДЖОУДАХ САЛМАН, ЕФИМОВА Е.С.</b>	
Алгоритм решения несимметричной задачи о назначении с ограничениями.....	278
<b>МИХАЙЛОВ В.А., ВИШТАК Н.М.</b>	
Структура интерактивного обучающего приложения на основе концепции исполнителя Робот.....	284
<b>МИХЕЕВ И.В., ДЕНИСОВ И.В.</b>	
Процессоры, гибридная технология.....	290
<b>МИХЕЕВ И.В., СУВОРОВ В.М.</b>	
Технология многопоточности процессора.....	294
<b>МОСКОВЦЕВ А.А., ВИШТАК О.В.</b>	
Анализ особенностей организации дистанционного обучения в вузе.....	298
<b>ПАНКРАТОВ А.А., ШТЫРОВА И.А.</b>	
Анализ требований к информационной системе онлайн-заказов для организации общественного питания.....	302

<b>ПЕТРОВ В.И., ЩЕРБИНА Н.А., ОНОПРИЕНКО Н.А.</b>	
Анализ профильного контроля остаточных знаний по химии для инженерно-физических направлений.....	306
<b>ПЛЫТНИК Е.А., САВЁЛОВ И.Н.</b>	
Локальное устройство сбора данных системы мониторинга окружающей среды в мегаполисе.....	311
<b>ПОДГОРНОВ А.А.</b>	
Применение аналитической платформы KNIME для модернизации учебных программ естественнонаучного цикла на основе анализа вакансий.....	318
<b>РЯЗАНОВ С.А.</b>	
Применение компьютерного моделирования для формообразования поверхностей элементов червячной передачи.....	325
<b>САВЁЛОВ П.И., ЛИВШИЦ Ю.Е.</b>	
Блок управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей.....	330
<b>ТРУФАНОВ А.В., ВИШТАК Н.М.</b>	
Направления цифровизации атомной отрасли.....	336
<b>ХМАРА П.В., ТИМОФЕЕВ М.Н., АГАБЕГОВ Д.Т.</b>	
Построение ячеистых сетей на основе протокола Bluetooth.....	343
<b>ШАГИЕВ Р.Р., ВИШТАК О.В.</b>	
Проектирование программного модуля информационной системы организации здравоохранения.....	346

### **СЕКЦИЯ 3:**

#### **«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

<b>ГОЛОВА Т.А., БЕЛОВА А.С.</b>	
Анализ существующих методик расчёта трубобетонных конструкций зданий и сооружений.....	354
<b>ГОЛОВА Т.А., ЖУКОВ А.Д.</b>	
Особенности проектирования зданий с применением углеволокна.....	361
<b>ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ЗОТОВ Л.Д., ДВОРЯДКИНА П.А., ГОРЮНОВ В.Д.</b>	
Свайные и анкерные фундаменты нового поколения.....	365
<b>ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ЗОТОВ Л.Д., ШИЛОВ В.А., КРАСИЛЬНИКОВ М.Н.</b>	
Повышение эксплуатационной надежности РВС.....	378

<b>ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ШИЛОВ В.А., ДВОРЯДКИНА П.А., ДВОРЯДКИНА Д.А.</b>	
Пути снижения скорости коррозии металла в крупных РВС.....	382
<b>ИНОЗЕМЦЕВ В.К., РЕДКОВ В.И.</b>	
Общая устойчивость жестких сооружений с высоко расположенным центром тяжести при горизонтальных нагрузках.....	386
<b>МАГЕРРАМОВА И.А., ГУЛИВАНСКИЙ Д.Н., КАЗАЧИНСКИЙ А.С.</b>	
Влияние технологического оборудования на формирования объёмно-планировочных решений ТЭЦ.....	392
<b>МЕЛАНИЧ В.М., ЗОТОВ Л.Д.</b>	
Оценка эффективности применения металлургического шлака в монолитных железобетонных конструкциях для зданий ТЭЦ.....	398
<b>МЕЛАНИЧ В.М., СТАРОСТИНА Е.С.</b>	
Проектирование сталежелезобетонных перекрытий зданий ТЭС.....	410
<b>РАЩЕПКИНА С.А., ГАБАЛОВА Д.В.</b>	
Закрытые градирни, применяемые в промышленности.....	416
<b>РАЩЕПКИНА С.А., КНЯЗЬКИНА Е.В., ГАБАЛОВА Д.В.</b>	
Конструктивные особенности вытяжных башен, применяемых на промышленных объектах.....	421
<b>РЕДКОВ В.И.</b>	
Дополнительные деформации основания фундаментов объекта культурного наследия, расположенного в зоне влияния нового строительства.....	429

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИКЕ,**  
**УПРАВЛЕНИИ И ОБРАЗОВАНИИ»**

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

УДК 621.646

**Методика диагностирования состояния и контроля ресурсных характеристик**  
**приводов СУЗ**

Абидова Елена Александровна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные и управляющие системы»;

Ершов Артём Николаевич, студент специальности  
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал  
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск

*В НИИ Атомного энергетического машиностроения ВИТИ НИЯУ МИФИ была разработана методика диагностирования приводов системы управления и защиты Нововоронежской АЭС типа автоматического регулирования и компенсации (АРК) и линейный шаговый привод (ЛШП). Методика реализуется при помощи вычисления огибающей токового сигнала, вычисления огибающей виброакустического сигнала и вычисления амплитудно-частотного спектра. Методология диагностирования состояния и контроля ресурсных характеристик приводов СУЗ с помощью анализа огибающей токового и виброакустического сигнала является эффективной мерой для точного определения состояния привода и его дефектов, если таковые имеются.*

Приводы АРК и ЛШП являются одними из важнейших элементов безопасности активной зоны атомной станции, поскольку они обеспечивают быстрое прекращение ядерной реакции в случае аварии, автоматическое регулирование и компенсацию изменений реактивности.



На данный момент для диагностирования приводов системы управления и защиты используется оценивание логарифмического декремента колебаний [1], но на практике бывает проблематично отличить резонанс на собственной частоте от резонанса, вызванного внешними источниками. Также на четвёртом блоке Калининской АЭС используется метод термомеханического контроля [2], но его недостатком является применимость лишь при пусконаладочных измерениях. В данной работе предлагается методология отслеживания неисправностей в приводах для более точного определения состояния привода и его дефектов, если таковые имеются.

Согласно данной методике огибающая токового сигнала вычисляется методом среднеквадратических значений (СКЗ). Для обработки результатов таким методом необходимо иметь массив мгновенных значений тока и число точек, которые являются полушириной окна для вычисления СКЗ. Аналогичным способом вычисляется огибающая виброакустического сигнала. В свою очередь, амплитудно-частотный спектр вычисляется путём преобразования исходного массива данных в амплитудно-частотный спектр, которое происходит посредством стандартной процедуры, входящей в состав инструментальных средств разработки стандартного программного обеспечения. В зависимости от того, каким был исходный массив данных на выходе, может получиться либо спектр виброакустического сигнала, либо спектр токового сигнала.

Определяемой динамической характеристикой привода АРК в режиме аварийной работы является скорость перемещения рейки привода в каждой зоне при выполнении команды «Вверх» и «Вниз», при этом скорость перемещения рейки привода в зонах должна быть равномерной. Скорость перемещения в каждой зоне определяется при совместной обработке массивов фазового напряжения и напряжений вторичных обмоток датчика положения. Результатом такой обработки является количество полупериодов фазового напряжения в каждой зоне, по количеству которых определяются фактические значения перемещения рейки привода в каждой зоне.

В отличие от режима аварийной работы, в режиме аварийной защиты определяемой динамической характеристикой является время, за которое рейка привода перемещается от верхнего концевого выключателя к нижнему конечному выключателю при выполнении команды «Аварийная защита». При необходимости возможно построение графика скорости перемещения рейки привода по команде «Аварийная защита» в каждой зоне для уточнения времени, за которое рейка привода достигнет скорости 200 мм/с.

После получения результатов диагностического обследования приводов АРК необходимо оценить:

1. Значения коэффициентов пульсации токов в фазах электродвигателя, которые не должны отличаться друг от друга более чем на 5 %.

2. Динамические характеристики привода АРК, которые сравниваются с допусками. Если скорость перемещения рейки привода отличается от  $20 \pm 1$  мм/сек (с учётом погрешности), то можно предположить наличие дефектов в электроприводе. Время перемещения рейки привода по команде «Аварийная защита» должно быть в пределах от 0,7 сек. до 3 сек.

Также необходимо в дополнение к анализу динамических характеристик провести спектральный анализ, поскольку анализ динамических характеристик привода позволяет определить их отклонение внутри одного цикла, тогда как спектральный анализ позволяет определить конкретный дефект узла. В дополнение к этим методам существует также метод экспресс-диагностики АРК, предназначенный для предварительной оценки технического состояния диагностируемого привода и мониторинга технического состояния привода АРК.

Информация, полученная при предыдущем диагностическом обследовании привода АРК, хранится в базе данных и может быть использована для прогнозирования технического состояния привода АРК. Изменения параметров технического состояния характеризуют состояния изоляции обмоток электродвигателя и состояние изоляции обмоток датчика положения. Результаты мониторинга и тенденции изменения технического состояния обследуемого привода АРК определяются в зависимости от результатов сравнительного анализа.

Вышеописанные методы анализа позволяют достоверно определить три группы дефектов привода АРК:

1. Повышенное трение.
2. Увеличенный боковой зазор в передачах редуктора.
3. Дефект двигателя.

Для диагностики приводов ЛШП, как и для диагностики АРК, используются метод вычисления огибающей виброакустического сигнала, результат обработки которого позволяет анализировать низкочастотные и высокочастотные составляющие сигнала для анализа состояния ЛШП. Вдобавок для ЛШП используют анализ динамических характеристик, которыми для ЛШП является скорость перемещения якоря органа управления привода в каждой зоне при выполнении команды «Вверх» и «Вниз» при автоматическом режиме и скорость перемещения якоря органа управления

привода в каждой зоне. Вдобавок к этим методам используется анализ токов в фазах катушек линейного шагового двигателя, заключающийся в сравнительном анализе формы импульсов тока импульсов в соответствующих катушках линейного шагового двигателя.

При диагностическом обследовании привода ЛШП используются результаты анализа виброакустического сигнала в соответствии с циклограммой появления соответствующих срабатываниям катушек виброакустических импульсов (рис. 1).

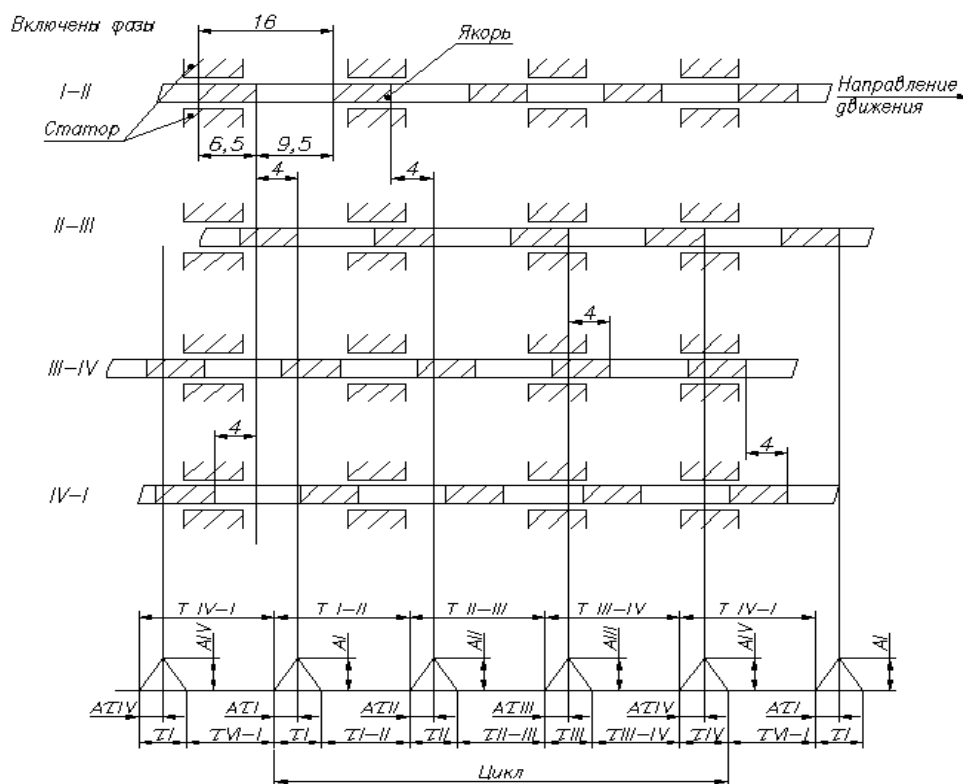


Рис. 1. Схема работы катушек линейного шагового двигателя и формирования виброакустических импульсов

При анализе динамических характеристик ЛШП определяется время и скорость перемещения якоря привода от верхнего концевого выключателя к нижнему конечному выключателю в режиме «Сброс аварийной защиты». При этом одновременно в зонах между выключателями выполняется контроль виброакустического сигнала. Скорость перемещения якоря должна быть плавной, а время перемещения якоря привода не должно превышать 5 - 8 с.

Во время анализа электрических параметров линейного шагового двигателя производится сравнение с:

1. Нормативными значениями.
2. Результатами предыдущего диагностического обследования.
3. Результатами диагностических обследований однотипных приводов.

Для диагностирования привода системы управления и защиты ЛШП, как и для АРК, используется метод экспресс-диагностики, который по своей сути не отличается от такового для АРК.

В результате диагностики могут быть достоверно выявлены следующие четыре группы дефектов привода ЛШП:

1. Дефект в подшипниках скольжения.
2. Дефект в обмотках катушек.
3. Скорость перемещения якоря органа управления не соответствует допустимой норме.
4. Повышенное трение.

По итогам диагностического обследования в случае обнаружения дефектов нормативный срок службы, составляющий для ЛШП 87600 часов, может быть скорректирован. Полученная информация хранится в базе данных и может быть использована для прогнозирования состояния ЛШП в будущем. Изменения параметров технического состояния характеризуют состояние изоляции обмоток статора ЛШД или состояние обмоток датчика положения. Ухудшение технического состояния привода, связанное с конкретными механическими дефектами, возникающими в узлах и деталях привода ЛШП, определяется при анализе параметров токовых сигналов с катушек линейного шагового двигателя и параметров виброакустического сигнала. Тенденции изменения технического состояния обследуемого привода ЛШП определяются в зависимости от результатов сравнительного анализа.

Как можно заметить из вышенаписанного, методология диагностирования состояния и контроля ресурсных характеристик приводов СУЗ с помощью анализа огибающей токового и виброакустического сигнала является эффективной мерой для точного определения состояния привода и его дефектов, если таковые имеются.

#### Литература

1. Аркадов, Г. В. Системы диагностирования ВВЭР / Г. В. Аркадов, В. И. Павелко, Б. М. Финкель. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 391 с.
2. Малышев, Р. Ю. Особенности контроля термомеханической нагруженности оборудования РУ при вводе в эксплуатацию энергоблока № 4 Калининской АЭС / Р. Ю. Малышев, В. У. Хайретдинов // Материалы конференции «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР, ОКБ «Гидропресс». – Подольск, 2013.

**Эффект облегчения ходьбы при использовании пассивного экзоскелета голеностопного сустава с передним расположением упругих элементов**

Артамонов Борис Алексеевич, инженер;

Маркелова Ольга Анатольевна, кандидат технических наук,

ассистент кафедры «Материаловедение и биомедицинская инженерия»;

Пичхидзе Сергей Яковлевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник,

профессор кафедры «Материаловедение и биомедицинская инженерия»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В ходе работы рассматривается методика определения эффекта облегчения ходьбы при использовании пассивного голеностопного экзоскелета человека с передним расположением упругих элементов.*

Разработана конструкция пассивного экзоскелета голеностопа человека [1], состоящая из плоской пластины подошвы, жестко скрепленной с нижней парой двусоставных опор, упорной арки рессоры, голенища, представляющего собой упорный обвод рессоры, жестко скрепленный с верхней парой опор, и пластинчатой пружины – рессоры, закрепленной в упорах заклепками или гайками на болтах. Для укрепления конструкции арка и нижняя пара опор связаны между собой боковыми ребрами. Верхняя и нижняя части двусоставных парных опор подвижно соединены для обеспечения вращательной подвижности голеностопного сустава вдоль горизонтальной оси, перпендикулярной направлению движения.

Оценка эффекта облегчения ходьбы для предложенной конструкции пассивного экзоскелета голеностопа человека проводилась с использованием разработанной аналитико-геометрической модели (рис. 1, 2).

В изделии конструктивно предусмотрена только одна вращательная степень свободы вдоль оси шарниров (рис. 1).

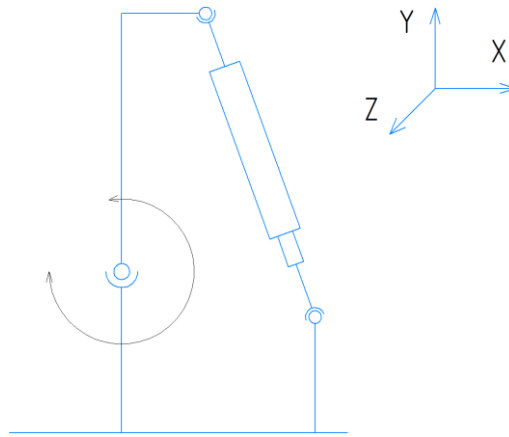


Рис. 1. Кинематическая схема пассивного экзоскелета голеностопа человека

У человека в норме максимальная амплитуда поворота ступни по этой оси зависит от индивидуальных параметров и обычно составляет около  $55^\circ$ . При ходьбе значения несколько меньше и составляют от  $25$  до  $30^\circ$  [2]. Конструкция экзоскелета ограничивает поворот ступни в пределах  $30^\circ$ .

Угол поворота изделия в шарнирах ограничен двумя факторами: конструктивными особенностями самих шарниров, а также предельным сжатием и растяжением газлифта.

При расчете энергии, запасаемой в газлифте, важно понимать, как эта энергия будет соотноситься с эффектом облегчения ходьбы. Так как высвобождение энергии пружины происходит в толчковой фазе шага, это соотношение можно вывести из увеличения силы реакции опоры в этот момент.

Составим схему, отображающую распределения сил по векторам (рис. 2).

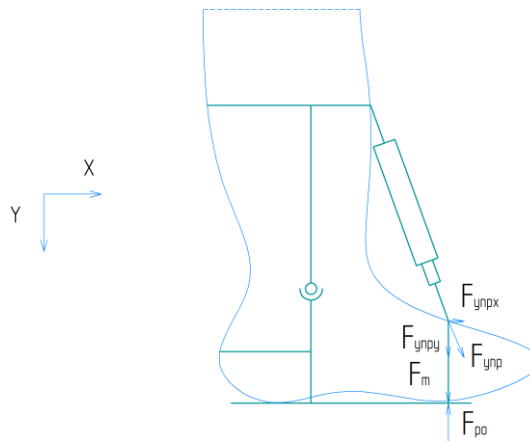


Рис. 2. Направление векторов сил при использовании экзоскелета:

$F_{упр}$  – упругая сила давления пружины,  $F_{упрх}$  – отображение  $F_{упр}$  на ось X,  $F_{упру}$  – отображение  $F_{упр}$  на ось Y,  $F_m$  – совокупность сил тяжести и отталкивания, возникающих вследствие работы мышц,  $F_{ро}$  – сила реакции опоры, возникающая как следствие третьего закона Ньютона

Из отображения векторов сил видно, что:

$$\vec{F}_{po} = \vec{F}_m + \vec{F}_{упру} \quad (1)$$

В скалярном виде выражение (1) имеет вид:

$$F_{упру} = F_{упр} \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол между вектором  $F_{упр}$  и осью Y, следовательно:

$$F_{po} = F_T + F_{упр} \cdot \cos \alpha. \quad (3)$$

В то время как без экзоскелета:

$$F_{po} = F_T. \quad (4)$$

Таким образом, расчеты показывают, что сила реакции опоры и соответственно сила толчка в толчковой фазе шага возрастет на величину силы напряжения газлифта, умноженной на  $\cos \alpha$ , благодаря чему можно вычислить увеличение силы толчка как на основе известной упругости пружины, так и на разнице в силе реакции опоры при наличии и отсутствии экзоскелета.

Силы реакции опоры при ходьбе здорового человека и больного атрофией мышц ног известны из литературных источников [2], при атрофии мышц значительно уменьшается давление на опору в толчковой фазе шага (рис. 3).

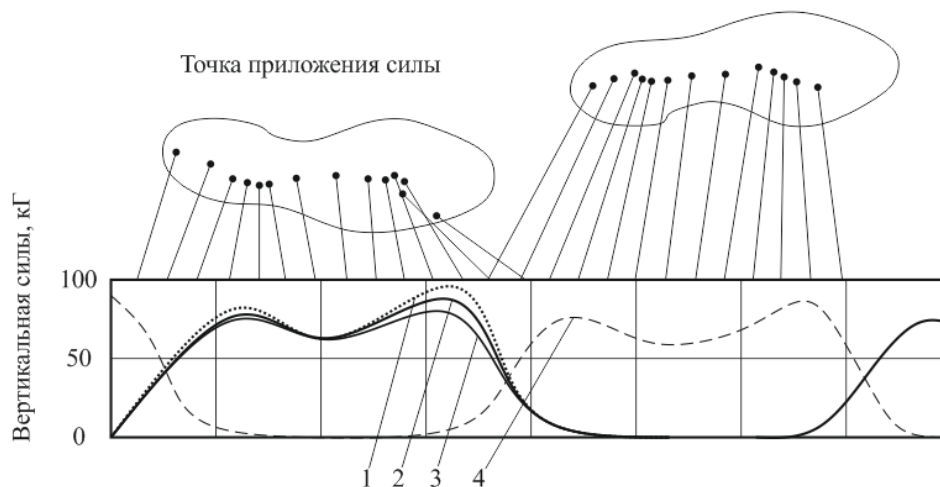


Рис. 3. График изменения реакции опоры при одиночном шаге для человека массой 60 кг, где:

1 – предполагаемая кривая «реакция опоры при использовании экзоскелета», 2 – кривая «реакция опоры для здорового человека», 3 – кривая «реакция опоры при атрофии мышц ног», 4 – кривая «реакция опоры для второй ноги»

Таким образом, можно предполагать, что применение экзоскелета позволит приблизить силу толчка в толчковой фазе шага для людей, больных атрофией, к силе толчка здорового человека.



## Литература

1. Артамонов, Б. А. Конструкция пассивного экзоскелета голеностопа для облегчения процесса ходьбы / Б. А. Артамонов // Сборник материалов Международной молодежной конференции, приуроченной к 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А. «Современные материалы и технологии». – Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. – Саратов 2020. – С. 129-131.

2. Дубровский, В. И. Биомеханика: учебник для средних и высших учебных заведений / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. – М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.

УДК 621.311: 621.039

### **Обзор технологий резки для демонтажа оборудования ядерных объектов**

Белостропова Вероника Эдуардовна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье описаны принципы обеспечения радиационной безопасности (РБ), рассмотрены самые распространенные методы резки при демонтаже оборудования, представлена сравнительная таблица технологий, а также на основе анализа остальных методов выбран наиболее эффективный способ резки для ядерных объектов.*

Вывод из эксплуатации (ВЭ) ядерных объектов является одним из важнейших направлений деятельности предприятий атомной отрасли, актуальность развития которого высока и с течением времени будет только возрастать. Уже на протяжении многих лет работы по выводу из эксплуатации ядерных объектов и реабилитации загрязненных территорий активно идут во множестве стран. Очевидно, что подобный многоэтапный процесс требует финансовых и материальных затрат. Поэтому поиск новых безопасных, эффективных и экономичных технологических решений является приоритетной задачей при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Технологические процессы демонтажа оборудования должны соответствовать требованиям радиационной безопасности. Эти требования согласуются с известными принципами обеспечения РБ – нормирования, обоснования и оптимизации, разработанными компетентными международными организациями (МКРЗ и МАГАТЭ). Рассмотрим их подробнее:

- принцип нормирования – недопущение превышения лимитов доз индивидуального облучения населения от всех источников облучения;
- принцип обоснования – запрет на все виды деятельности, связанные с использованием источников облучения, полученная польза от которых для человека и общества не превосходит риск возможного вреда;
- принцип оптимизации – поддержание на максимально низком уровне индивидуальных доз облучения, учитывая экономические и социальные факторы, а также число облучаемых лиц при использовании любого источника облучения [1].

Принцип нормирования предусматривает обеспечение выполнения федерального закона «О радиационной безопасности населения» и соблюдение предельных значений индивидуальных доз облучения (документ НРБ-99) и других нормативных параметров радиационной безопасности.

По отношению к выбору способа резки принцип обоснования выражается в уменьшении дозы облучения персонала благодаря следующему:

- более высокой производительности способа резки;
- сокращению времени нахождения персонала в рабочей зоне, что достигается путем механизации, автоматизации или дистанционного управления процессом резки и сокращения ручного труда;
- снижению выделений в пыле-, газообразном, жидком и твердом состояниях, содержащих радиоактивные частицы фрагментируемого оборудования;
- проведению защитных мероприятий (применению экранов, теневой радиационной защиты и средств местного отсоса и фильтрации, дезактивации средств технологического оснащения, использованию средств индивидуальной защиты и др.) [2].

Принцип оптимизации при выборе способа демонтажа предполагает регулирование перечисленных выше факторов для поддержания на возможно низком и достижимом уровне как индивидуальных, так и коллективных доз облучения персонала и населения с учетом социальных и экономических аспектов.

Широкое применение в промышленности получили различные механические методы разделения металлов, в первую очередь резка ножовочными полотнами,

ленточными пилами, фрезами и др. Однако при многих достоинствах этих процессов существуют значительные недостатки, связанные с низкой производительностью, высокой стоимостью отрезного инструмента, трудностью или невозможностью раскроя материалов по сложному криволинейному контуру [3].

В промышленности получил распространение ряд процессов разделения материалов, основанных на электрохимическом, электрофизическом и физико-химическом воздействиях. Ацителено-кислородная резка, плазменная резка и другие физико-химические методы разделения обеспечивают повышение производительности по сравнению с механическими методами, но не обеспечивают высокой точности и чистоты поверхностей реза и требуют в большинстве случаев последующей механической обработки [4]. Электроэрозионная резка позволяет осуществлять процесс разделения материалов с малой шириной и высоким качеством реза, но одновременно с этим характеризуются малой производительностью.

В связи с этим возникла производственная необходимость в разработке и промышленном освоении методов резки современных конструкционных материалов, обеспечивающих высокую производительность процесса, точность и качество поверхностей получаемого реза.

Рассмотрим самые распространенные методы резки при демонтаже оборудования: лазерная резка, плазменная резка, контактная резка, абразивно-водоструйная резка, кислородная резка, механическая резка [5]. Различия между каждой технологией определяют ее использование, также не стоит забывать, что процессы резки модернизируются с каждым годом. Выбор метода зависит от конкретных ограничений проекта, условий работы, сроков, объема отходов и т. п. Достоинства и недостатки основных методов резки металла кратко представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов резки металла

Метод	Среда	Недостатки	Достоинства
Плазменная резка	Вода, воздух	Образование частиц (пыли и аэрозолей)	Резка любых металлов, высокая скорость, качество разреза, отсутствие ограничений по геометрической форме, экономичность
Контактная резка	Вода	Образование частиц, износ режущих электродов	Резка конструкций сложной геометрии, резка деталей с большой толщиной материала

Продолжение таблицы 1

Абразивно-водоструйная резка	Вода, воздух	Образование гидрозолей и аэрозолей, возможность повреждения другого материала, зависимость пределов толщины материала от мощности генератора, небольшая скорость, высокая стоимость	Отсутствие термического воздействия на материал, возможность разреза практически любых материалов, высокое качество
Кислородная резка	Вода, воздух	Образование пыли, аэрозолей, ограничения по типу металлов, использование в работе потенциально опасных газов	Высокое качество и чистота реза, низкая стоимость, прорезание материалов большой толщины
Ленточные, дисковые, сабельные пилы	Вода, воздух	Ресурс инструментов, образование стружки, пыли, необходимость переработки смазочных материалов	Высокая скорость, точность, низкая теплоотдача, экономичность, резка любых металлов, использование в ограниченных пространственных условиях, долговечность, простота в эксплуатации
Канатная резка	Вода, воздух	Вероятность повреждения проволоки, объемность, сложные механизмы перемещения по проволоке, стоимость эксплуатации	Точность резки, возможность применения в труднодоступных местах, на большой глубине, минимальные уровни шума и вибрации, возможность делать криволинейные разрезы
Механические ножницы, ножовки, абразивные фрезы	Вода, воздух	Образование частиц, пыли, стружки, низкая скорость, постоянное внимание оператора	Резка любых типов металлических деталей, низкие эксплуатационные расходы
Лазерная резка	Вода, воздух	Значительное энергопотребление оборудования и определенные ограничения по толщине детали, связанные с мощностью лазера	Чистота и экологичность, минимум образования шлака, высокая производительность, долгий срок службы, безопасность для персонала, стоимость

Для понимания ключевых характеристик проведём сравнительный анализ известных технических решений (табл. 2).

Сравнительная характеристика технических решений

Продукт/ способ резки	Условная скорость реза	Стоимость резки 1 м неоднородного материала	Максимальная толщина элементов конструкции	Бесконтактность воздействия
LDSA WJA/ Гидроабразивная резка	20 мм/мин	200 р	0,3 м	Да (до 1 м)
HONGFA ROBOT/ Механическая резка	9 мм/мин	10 000 р	1 м	нет
VOORTMAN STEEL MACH/ Плазменная резка	120 мм/мин	250 р	0,2 м	нет
АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»/ Лазерная резка	500 мм/мин	25 р	0,2 м	Да (до 100 м)
Влияние указанных характеристик на ключевые параметры конкурентоспособности конечного продукта	Снижает срок выполнения работ	Снижает стоимость выполнения работ	Снижает стоимость выполнения работ	Снижает стоимость (возможность повторного использования оборудования)

К числу перспективных процессов разделения материалов следует отнести лазерную резку металлов. Она относится к числу первых технологических применений лазерного излучения, апробированных еще в начале 70-х годов. За прошедшие годы созданы лазерные установки с широким диапазоном мощности, обеспечивающие эффективную резку металлов с использованием вспомогательного газа, поступающего в зону обработки одновременно с излучением лазера. Лазерное излучение нагревает, плавит и испаряет материал по линии предполагаемого реза, а поток вспомогательного газа удаляет продукты разрушения.

Сфокусированное лазерное излучение, обеспечивая высокую концентрацию энергии, позволяет разделять практически любые металлы и сплавы независимо от их теплофизических свойств. При этом можно получить узкие резы с минимальной зоной термического влияния. При лазерной резке отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал, и при этом возникают минимальные деформации – как временные в процессе резки, так и остаточные после полного остывания. Вследствие этого лазерную резку можно осуществлять с высокой степенью точностью, в том числе легкодеформируемых и нежестких заготовок или деталей.

Благодаря большой плотности мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса в сочетании с высоким качеством поверхностей

реза. Легкое и сравнительно простое управление лазерным излучением позволяет осуществлять лазерную резку по сложному контуру плоских и объемных деталей и заготовок с высокой степенью автоматизации процесса.

Таким образом, из приведенных выше методов резки самым оптимальным является лазерный метод, который обладает следующими преимуществами:

- высокая производительность резки;
- чистота и экологичность (минимум пыли и дыма);
- технология минимизации образования шлака (вторичные отходы производства);
- совместимость с другим оборудованием для различных применений при выводе из эксплуатации ядерных объектов;
- доказанная производительность и долгий срок службы в высокорadioактивной среде;
- безопасность для обслуживающего персонала (надежная дистанционно управляемая техника).

К основным недостаткам лазерных методов обработки относят высокую стоимость оборудования и низкий КПД лазерных установок.

Таким образом, применение лазерной технологии резки при резке оборудования позволяет повышать эффективность процесса и производить минимальное количество загрязнения (тем самым обеспечивая безопасное проведение работы для персонала). Время, стоимость и безопасность являются ключевыми факторами вывода из эксплуатации ядерных установок, под которые в большей степени подходит технология лазерной резки.

#### Литература

1. Cutting Reactor Pressure Vessels and their Internals: [сайт]. – URL: <http://archive.wmsym.org/2010/pdfs/10247.pdf> (дата обращения: 06.12.2021). – Текст: электронный.

2. Decommissioning Nuclear Facilities: [сайт]. – URL: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx> (дата обращения: 10.12.2021). – Текст: электронный.

3. Decommissioning of nuclear installations: [сайт]. – URL: <https://www.iaea.org/topics/decommissioning> (дата обращения: 06.12.2021). – Текст: электронный.

4. Laser cutting reduces hazardous waste when decommissioning nuclear re-actor: [сайт]. – URL: <https://optics.org/news/12/5/28> (дата обращения: 06.12.21). – Текст: электронный.

5. Голубев, С. В. Подходы к демонтажу и фрагментации конструкций и оборудования при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии / С. В. Голубев, И. В. Поляков // Экстремальная робототехника. – 2020. – Т. 1. – № 1. – С. 118-124.

УДК 621.3

**Применение среды SimInTech для моделирования  
и анализа электрических цепей переменного тока**

Бизов Александр Валерьевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье рассматриваются возможности и особенности использования среды SimInTech для моделирования и анализа электрических цепей синусоидального тока на примере двухконтурной цепи.*

Теоретические основы электротехники (ТОЭ) – одна из важнейших дисциплин, в которых изучаются различные электрические и электромагнитные явления для теоретического анализа и практического применения. Без знаний ТОЭ невозможно изучение студентами технических вузов прикладных дисциплин, таких как: электроника, электромеханика, теория автоматического управления, системы электроснабжения городов и промышленных предприятий, качество электроснабжения, распределительные устройства в системах электроснабжения, автоматизация и управление системами промышленных предприятий, стационарные переходные режимы в системах электроснабжения [1].

Большое внимание при изучении ТОЭ необходимо уделять электрическим цепям переменного тока, поскольку данный вид тока предоставляет возможность наиболее



эффективной передачи электричества на большие расстояния от различных электроснабжающих предприятий, легко поддаётся трансформации, при этом на вход практически всех электроприборов подаётся синусоидальный ток с дальнейшим его преобразованием в постоянный ток путём использования трансформаторов, систем выпрямления и стабилизации [2].

Так как практически все токораспределительные устройства содержат активные (резистивные), пассивные или реактивные (индуктивные и ёмкостные) элементы, то в ТОО изучают явления резонансов и взаимдуктивности электрического контура, вызванные присутствием данных элементов.

Для теоретического анализа переходных процессов в цепях переменного тока часто применяют функции комплексного переменного и операционное исчисление. Однако данные методы для анализа электрических цепей нецелесообразны при создании сложной распределительной системы, имеющей несколько источников ЭДС, линейных и нелинейных звеньев цепи.

Данную проблему способны решить современные программные средства, к которым относятся: Proteus, Micro-Cap, NI Multisim, Symica и т. д.

Одним из современных программных средств моделирования и проектирования технических систем является отечественная среда динамического моделирования SimInTech, главное достоинство которой – универсальность, заключающаяся в возможности применения и создания комплексной модели разнородных физических процессов в механике, робототехнике, гидродинамике, теплогидравлике, электрике и электронике и т. д. Распределение вычислений между процессами происходит через общую базу данных сигналов.

Подтвердим возможность моделирования и анализа электрической цепи в SimInTech на примере принципиальной электрической цепи синусоидального тока (рис. 1) [3]. Для создания цепи применена библиотека «ЭЦ-Динамика» [4].

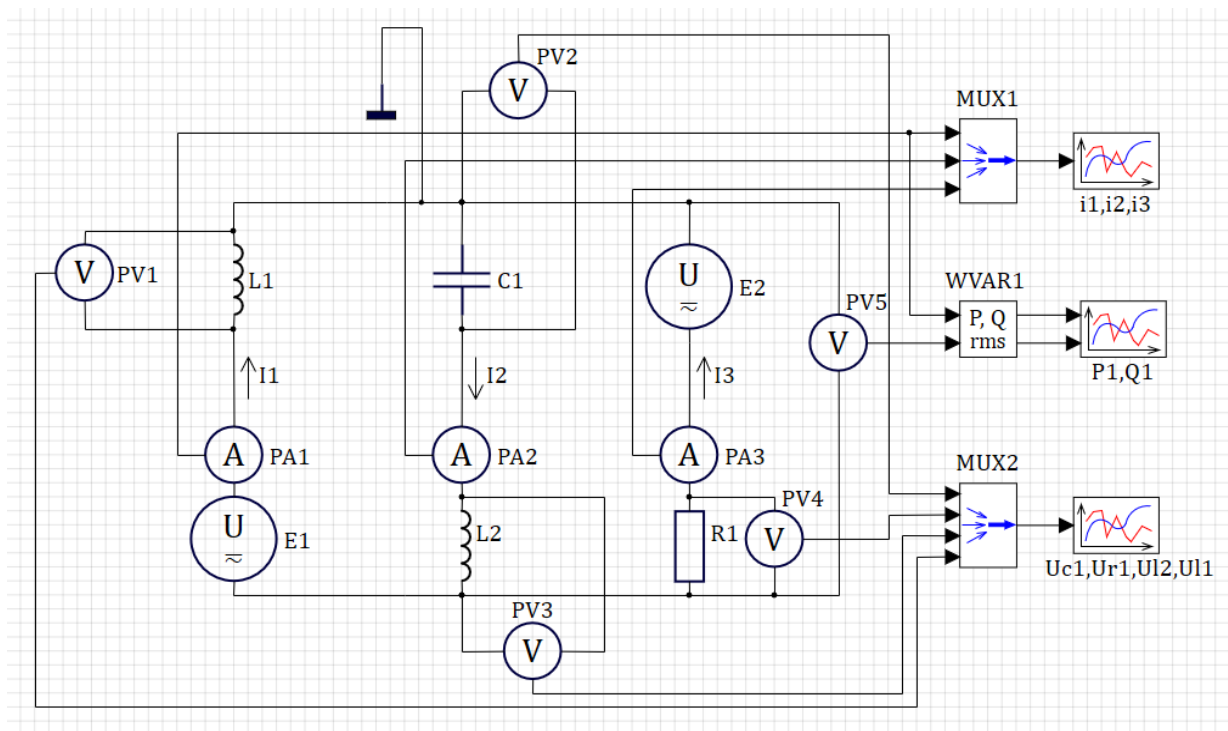


Рис. 1. Структурная схема в SimInTech

Данная цепь является двухконтурной, содержит 3 ветви, два источника ЭДС  $E_1$  и  $E_2$ , резистор  $R_1$ , катушки индуктивности  $L_1$  и  $L_2$ , конденсатор постоянной ёмкости  $C_1$ .

Для измерения силы тока  $I$  во всех ветвях и напряжения  $U$  во всех элементах-потребителях (приёмниках) в электрическую цепь включены идеальные амперметры и вольтметры. Сигналы величин токов и напряжений «сжимаются» посредством мультиплексоров MUX 1, 2 в векторный сигнал и отображаются в соответствующих блоках – временных графиках. Также в схему добавлен блок WVAR1 для вычисления среднеквадратичного значения активной и реактивной мощности первой ветви.

Примем следующие исходные данные для расчёта:  $E_1 = 70,5 \sin(\omega t)$ ;  $E_2 = 84,6 \sin(\omega t - 30^\circ)$ ;  $R_1 = 25 \text{ Ом}$ ;  $L_1 = 1,27 \text{ мГн}$ ;  $L_2 = 3,18 \text{ мГн}$ ;  $C_1 = 3,98 \text{ мкФ}$ . Зададим линейную частоту  $f$  источников ЭДС равной 1000 Гц.

Для начала определим комплексные токи в цепях классическим способом, используя метод законов Кирхгофа и выбрав направление токов.

Расчёт показал следующие комплексные значения токов:

$$\dot{I}_1 = (2,439 + j4,839) \text{ A}; \quad (1)$$

$$\dot{I}_2 = (0,973 + j4,422) \text{ A}; \quad (2)$$

$$\dot{I}_3 = (-1,466 - j0,418) \text{ A}. \quad (3)$$

Мгновенные значения токов будут равны:

$$I_1 = 7,664 \sin(\omega t + 63,251^\circ); \quad (4)$$

$$I_2 = 6,403 \sin(\omega t + 77,591^\circ); \quad (5)$$

$$I_3 = 2,156 \sin(\omega t + 15,914^\circ). \quad (6)$$

Данные уравнения соответствуют установившимся режимам автоколебаний.

Произведём моделирование в среде SimInTech. Для этого нужно предварительно произвести корректную настройку параметров расчёта проекта. Для частоты  $f = 1000$  Гц оптимальными будут параметры проекта, приведённые в табл. 1. Запустив проект на расчёт, получим мгновенные значения токов, представленные на рис. 2.

Таблица 1

Основные параметры проекта

Минимальный шаг	$10^{-6}$
Максимальный шаг	$10^{-6}$
Начальный шаг интегрирования (если выбрано 0, то выбирается автоматически)	0
Метод интегрирования	Эйлера
Начальное время расчёта	0
Относительная ошибка	$10^{-4}$
Абсолютная ошибка	$10^{-6}$
Относительная ошибка сравнения времени для дискретных блоков и источников	$10^{-12}$
Конечное время расчёта	$10^{-2}$
Шаг синхронизации задачи	$10^{-6}$

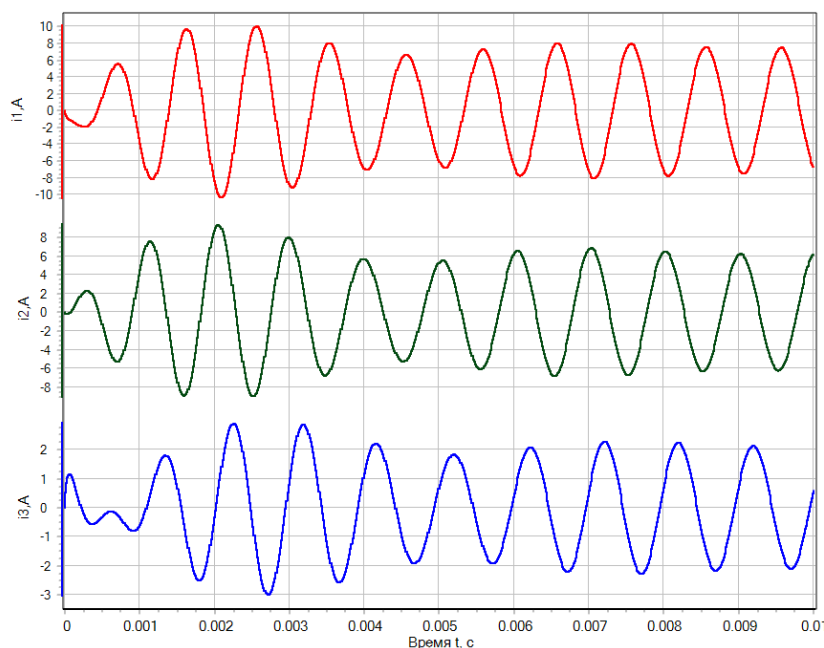


Рис. 2. Мгновенные значения токов в электрической цепи

При анализе амплитуды, частоты и начальной фазы с помощью трассировки графика (режима «курсор») можно увидеть полное совпадение всех синусоидальных характеристик, что согласуется с уравнениями (4)-(6), полученными аналитическим решением.

Аналогично определяются падения напряжений на всех элементах цепи (рис. 3). В ТОЭ в качестве одной из задач расчёта электрической цепи переменного тока ставится определение активной и реактивной мощности. С помощью блока WVAR1 найдены данные значения, которые совпадают со значениями при аналитическом решении:

$$P_1 = -121,604 \text{ Вт}; \quad (7)$$

$$Q_1 = 475,625 \text{ вар}. \quad (8)$$

Отрицательное значение активной мощности (7) говорит о том, что следует поменять полярность подключения вольтметра PV5.

В данную электрическую цепь можно установить ключи-коммутаторы и в среде SimInTech исследовать переходные процессы, определить прямые и косвенные показатели качества (по ЛАЧХ, ЛФЧХ, годографу Найквиста, годографу Попова и т. д.) [5].

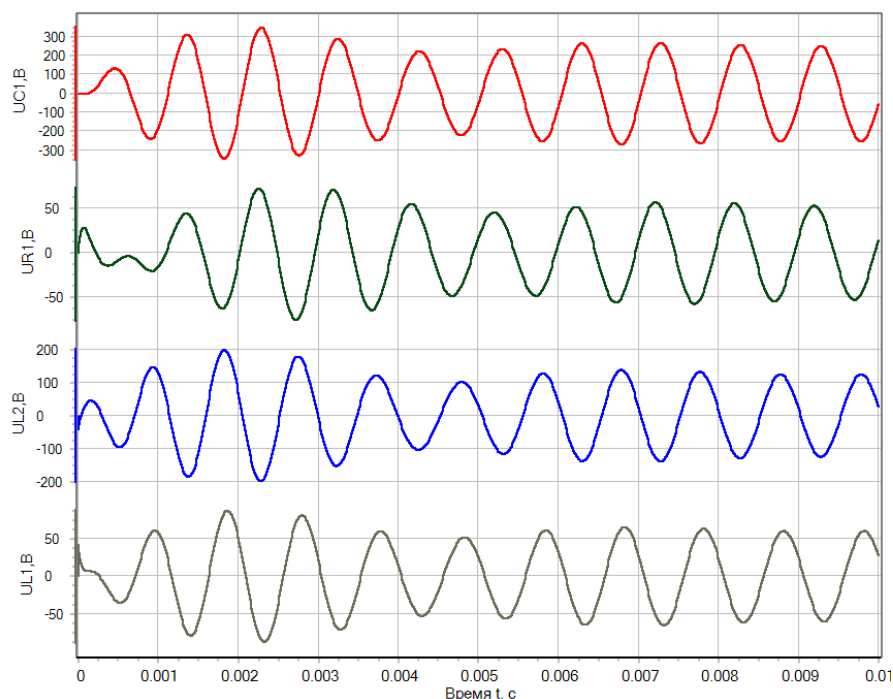


Рис. 3. Мгновенные значения падений напряжений в электрической цепи

Таким образом, подтверждена возможность моделирования и анализа электрической цепи в среде динамического моделирования SimInTech для изучения

ТОЭ. SimInTech позволяет производить быстрый и качественный расчёт более сложных электрических цепей с различными элементами электроники по сравнению с другими существующими программными средствами, что в свою очередь способствует наилучшему усвоению курса ТОЭ и принципу работы технологических процессов на промышленных предприятиях.

#### Литература

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 701 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

2. Основы электротехники и электроснабжения предприятий лесного комплекса. Основы электротехники: учебник для вузов / Г. И. Кольниченко, Я. В. Тарлаков, А. В. Сиротов, И. Н. Кравченко; под редакцией Г. И. Кольниченко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 204 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148473> (дата обращения: 01.11.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

3. Теоретические основы электротехники: методические указания и контрольные задания для студентов технических специальностей вузов / Л. А. Бессонов, И. Г. Демидова, М. Е. Заруди [и др.]. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 159 с.

4. SimInTech. Справочная система: [сайт]. – URL: <http://help.simintech.ru>. (дата обращения: 01.11.2021). – Текст: электронный.

5. Пиляев, В. С. Особенности моделирование электрических цепей с помощью программы Simintech / В. С. Пиляев, П. О. Гуков // Материалы 72-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов «Молодежный вектор развития аграрной науки». – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2021. – С. 250-254.

**Оптимальная система управления температурным режимом процесса термостабилизации в производстве углеродных волокон на основе ПАН**

Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Атомная энергетика»

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

*Гетерогенный процесс «газ - твердое тело» при термостабилизации ПАН-волокна приводит к образованию зернистой наноструктуры, зерна которой в большой степени определяют дефектность структуры окисленного волокна. Дефектность может быть уменьшена до минимально возможной для текущих характеристик ПАН-волокна путем увеличения количества зерен и уменьшения их размеров за счет обработки на максимальной возможной температуре. Предложена система управления, позволяющая обрабатывать ПАН-волокна на максимальной возможной температуре в условиях экзоэффекта без допущения термического разложения путем управления градиентом перепада температуры в зонах печи термостабилизации.*

Одной из основных проблем, сдерживающих рост механических характеристик углеродных волокон российского производства, является недостаточная химическая чистота ПАН-прекурсора отечественного производства. Гетерогенный процесс «газ - твердое тело» при термической обработке ПАН-волокна в процессе термостабилизации приводит к образованию зернистой наноструктуры [1-3], на границах раздела которой образуются дефекты и несовершенства структуры. При действии механических, тепловых и других воздействиях на них образуются микротрещины, концентраторы напряжения, лежащие в основе разрушений материалов при их работе под нагрузкой [4, 5]. Неорганические примеси в исходном ПАН-волокне случайным образом изменяют количество зародышей в процессе зародышеобразования наноструктуры ПАН-волокон, приводя к изменению количества и размеров зерен наноструктуры [1-3]. Повышение размеров зерен приводит к повышению дефектности структуры материалов и к снижению их характеристик. В [1-3] рассмотрена задача уменьшения вредного влияния внешних факторов на наноструктуру окисленного ПАН-волокна за счет смещения процесса зародышеобразования в сторону получения максимально возможного количества зародышей и уменьшения тем самым размеров зерен наноструктуры путем выбора оптимального температурного режима термостабилизации.

Большой уровень неорганических примесей в отечественных ПАН-волокнах позволил выявить механизмы влияния примесей на процесс термостабилизации [3-5]. На рис. 1 приведены графики изменения плотности ПАН-волокон по длине вытянутых из четырехзонной печи термостабилизации жгутов ПАН-волокна. Графики показывают, что при достаточной стабильности плотности на выходе печи имеется изменение механизма процесса по зонам печи от сигмовидного до экспоненциального и большой разброс плотности по зонам печи. Так как режимы обработки для всех образцов одинаковые, то полученный разброс определяется изменением реакционной способности исходного ПАН-волокна.

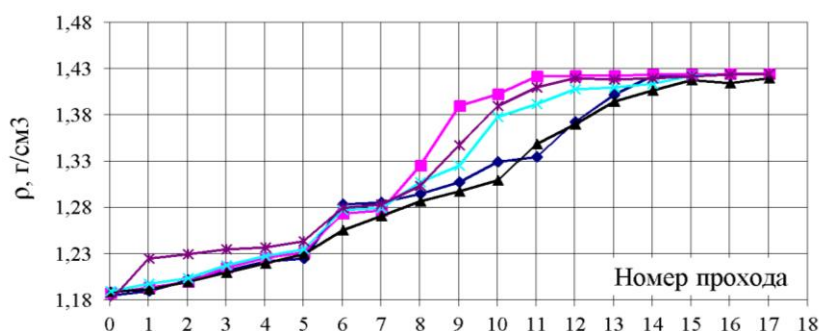


Рис. 1. Графики изменения плотности ПАН-волокон из разных партий

Анализ плотности измельченных образцов ПАН-волокна по переходам процесса в градиентной колонке показал, что плотность повышается по всему образцу ПАН-волокна одновременно [1-3]. Это означает, что диффузионные процессы, вследствие малого диаметра элементарных волокон и наличия пор, проходят быстро, а химические процессы проходят по всему сечению волокна [6]. Но у окисленных волокон, полученных при сигмовидной кривой кинетике, имеются частицы с пониженной и повышенной относительно среднего значения плотностью, то есть имеется большой разброс по плотности. Соответственно, имеются недоокисленные и переокисленные составляющие. Все это говорит о том, что процесс проходит по всему сечению, но в отдельных зернах по гетерогенному механизму. Для образцов, полученных при экспоненциальной кинетике, разброс по плотности по сечению волокна меньше. Изменение разброса и изменение вида кинетических кривых можно объяснить изменением соотношения скоростей образования и роста зародышей [7, 8]. Когда скорость зародышеобразования меньше скорости их роста, процесс начинается в меньшем количестве локальных точек. Полимер имеет крупнозернистую структуру, кинетическая кривая сигмовидная. При повышении скорости зародышеобразования образуется большее количество зерен, структура смещается в зону более мелких зерен,



равномерность структуры повышается, кинетическая кривая приближается к экспоненциальной. Процесс смещается в сторону квазигомогенности.

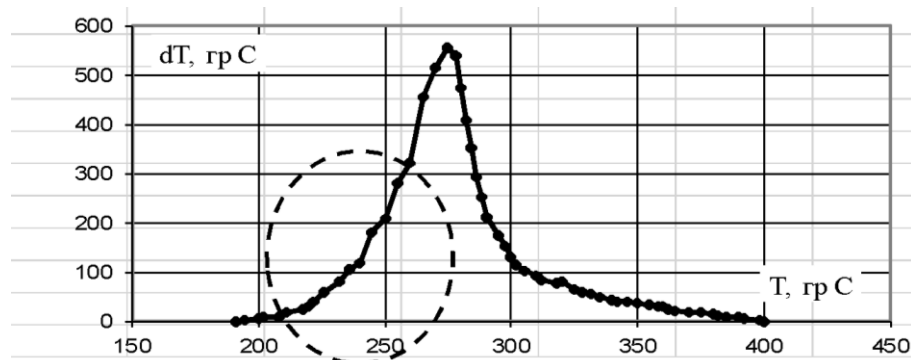


Рис. 2. Экспериментальный график ДТА для ПАН-волокна

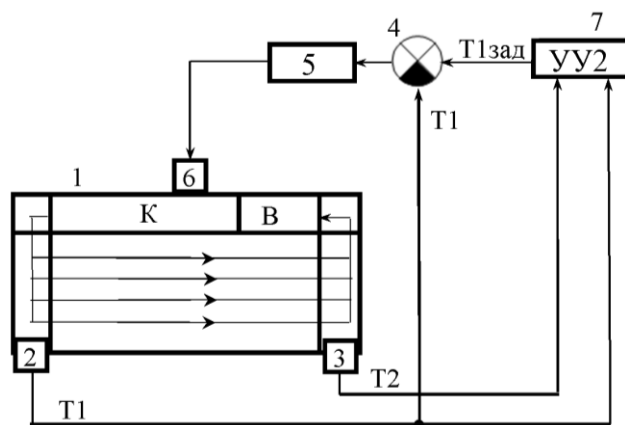
Наличие переокисленных зон в окисленном ПАН-волокне приводит к возможности их деструкции на термостабилизации. Наличие недоокисленных зон приводит к их термическому разложению на предкарбонизации. Это приводит к снижению характеристик получаемого углеродного волокна. Кроме того, получение сигмовидных кривых кинетики приводит к увеличению времени активации и снижению производительности.

Таким образом, для повышения равномерности структуры окисленного ПАН-волокна необходимо добиваться экспоненциального закона изменения плотности, что является косвенным показателем мелкозернистой структуры. Управляющим фактором, с помощью которого можно влиять на вид кинетической кривой, является температура обработки. Теоретический анализ и экспериментальные кинетические кривые при разных температурах, приведенные в [1-3], показывают, что при повышении температуры процесс сдвигается в сторону экспоненциальной кинетики. Это объясняется тем, что при повышении температуры при текущих составе и концентрации примесей порог зародышеобразования превышает в большем объеме ПАН-волокна, и процесс начинается в большем количестве элементарных точек. При увеличении количества зародышей размеры зерен в получаемой структуре уменьшаются, равномерность структуры повышается. Таким образом, для получения максимальной мелкозернистости структуры окисленного ПАН-волокна необходимо вести процесс на максимальной возможной температуре.

Особенностью процесса термостабилизации является то, что максимум температуры ограничен экзоэффектом процесса. Закономерности тепловых процессов определяются закономерностями выделения тепла экзоэффекта и закономерностями

теплового баланса зоны печи термостабилизации. Закономерности экзоэффекта отражаются в кривой дифференциального термического анализа ПАН-волокна, приведенной на рис. 2 [1]. До температуры начала экзоэффекта (на графике  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) температура ПАН-волокна равна температуре окружающей среды. Начиная с точки начала экзоэффекта, температура волокна начинает повышаться по отношению к температуре окружающей среды по ускоряющейся кривой. Это объясняется наличием положительной обратной связи разогрева волокна от своего выделяющегося тепла экзоэффекта. Температурная зона проведения процесса, показанная штриховой линией, находится на начальной стадии и определяется возможностями печи по съему тепла экзоэффекта. Температура волокна на каждом шаге подъема температуры должна быть такой, чтобы проходили необходимые химические процессы, причем с постоянно увеличивающимся тепловым потоком экзоэффекта, а выделяющееся тепло экзоэффекта для исключения термического разложения ПАН-волокна должно полностью сниматься воздушным потоком печи.

Рассмотрим процесс термической обработка ПАН-волокна темперированным воздухом, циркулирующим в печи термостабилизации по замкнутому контуру – калорифер-зона печи-калорифер (1 на рис. 3).



*Рис. 3. Функциональная схема системы управления температурой ПАН-волокна в зоне печи*

На рис. 4а показано множество стационарных, разнесенных во времени температурных режимов; на рис. 4б показан процесс нахождения максимальной возможной температуры во времени. На рис. 4а каждому значению температуры воздуха на входе  $T_1$  соответствует свой режим проведения процесса. Возможный диапазон изменения температуры  $T_1$  разделен на три зоны. Зона 1, в которой температура воздуха на входе меньше температуры экзоэффекта  $T_{экз}$ . Зона 2, в

которой температура воздуха на входе больше температуры экзоэффекта, но ниже верхней границы рабочей температуры  $T_r$ . Это возможная рабочая зона по температуре, в которой все тепло экзоэффекта снимается воздушным потоком воздуха. Зона 3, в которой возможностей печи не хватает, чтобы снять тепловой поток экзоэффекта, температура волокна  $T_2$  повышается, и при достижении температуры термического разложения  $T_{тр}$  волокно сгорает. В рабочей зоне в зависимости от температуры  $T_1$  возможно множество стационарных режимов  $T_{11}$ ,  $T_{12}$  и т. д. Согласно вышесказанному оптимальным будет режим в рабочей зоне с максимальной температурой. В рассматриваемом случае оптимальной является температура  $T_{14}$  на верхней границе рабочего диапазона, при которой все тепло экзоэффекта снимается воздушным потоком и режим является стационарным.

На нижнем графике рис. 4а приведена разность температуры волокна  $T_2$  и температуры входного воздуха  $T_1$ . На стационарных режимах, пока печь снимает тепло экзоэффекта, эти разности для различных режимов в первой и второй зонах имеют различные значения, но остаются постоянными во времени. При достижении верхней границы рабочего диапазона эта разность начинает с ускорением повышаться. То есть на стационарных режимах градиент разности температур волокна и входного потока воздуха имеют нулевое значение. При выходе температуры в зону, в которой печь не успевает снять все тепло экзоэффекта, разность температур имеет положительное значение, причем градиент перепада температур все время повышается. На рис. 4б, с показаны временной график и блок-схема алгоритма нахождения максимальной возможной температуры, построенной на данном явлении.

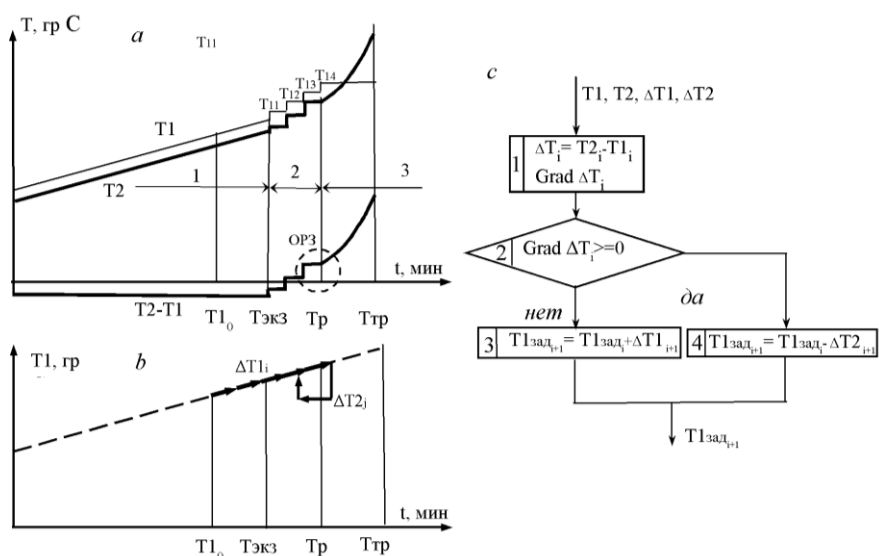


Рис. 4. Графики работы (а, б), блок-схема (с) алгоритма нахождения оптимальной температуры термостабилизации

Эксперименты показывают разность температур выходного и входного потоков воздуха, отображают данные закономерности и могут быть использованы для оптимального управления температурным режимом процесса термостабилизации. Дополнительным подтверждением этого является то, что управляющее воздействие системы управления температурой входного потока воздуха уменьшается при входе режима в зону, когда печь не успевает снять все тепло экзоэффекта, и температура воздуха на входе калорифера повышается.

Функциональная схема системы управления температурным режимом на основе теплового баланса процесса приведена на рис. 3. Система включает контур управления температурой воздуха на входе печи, содержащей датчик температуры воздуха на выходе калорифера (на входе печи) 2, элемент сравнения 4, управляющее устройство 5, блок управления током калорифера 6, объект управления 1 и поисковую систему управления с алгоритмом управления УУ2, находящим на основании динамики изменения во времени разности температур выходного и входного потоков воздуха максимальную возможную допустимую температуру входного потока и выдающим ее в виде задания для первого контура  $T_{1\text{зад}}$ .

Поисковая система оптимального управления работает дискретно с заданным шагом во времени. Процесс управления производится следующим образом. Оператором задается начальное значение температуры входного воздуха  $T_{10}$  в устойчивой зоне работы печи. В конце первого шага управления поисковая система запоминает разность температур выходного и входного потоков воздуха  $\Delta T_1 = T_{2_1} - T_{1_1}$  и делает повышение температуры входного потока на заданную величину  $\Delta T_1$ . В конце второго шага управления определяются разность  $\Delta T_2 = T_{2_2} - T_{1_2}$  и градиент перепада температуры, оценкой которого является первая разность разности температур второго и первого шагов управления  $\text{grad } \Delta T_i = \Delta T_2 - \Delta T_1$ . Если градиент перепада температур меньше или равен нулю (рис. 4b, c), то делается новый шаг повышения температуры входного потока воздуха  $T_{1_{\text{зад}i+1}} = T_{1_{\text{зад}i}} + \Delta T_1$ . Если градиент стал больше нуля, что означает выход процесса на верхнюю границу оптимальной рабочей зоны (ОРЗ на рис. 4a), то система делает шаг на снижение температуры входного потока воздуха  $T_{1_{\text{зад}i+1}} = T_{1_{\text{зад}i}} - \Delta T_2$  (рис. 4b, c). Таким образом, система при снижении реакционной способности повышает температуру входного потока воздуха, при ее повышении снижает его температуру, обеспечивая обработку ПАН-волокна на верхней границе оптимальной рабочей зоны.

При изменении реакционной способности ПАН-волокна, температур по зонам происходит перераспределение плотностей на выходах зон. Учет этого перераспределения

и изменения продолжительности процесса производит дополнительная система стабилизации плотности окисленного ПАН-волокна путем корректировки скорости входных валцов. Таким образом, система отслеживает изменение реакционной способности ПАН-волокна и ведет процесс на максимальной возможной температуре, обеспечивая максимальное приближение к экспоненциальной кинетической кривой и максимальной мелкозернистости и, следовательно, к равномерности структуры окисленного ПАН-волокна. Одновременно система позволяет вести процесс на максимальной производительности вследствие максимально возможного уменьшения времени активации процесса.

Полученные результаты.

1. Предложены способ и система оптимального управления температурным режимом процесса термостабилизации по косвенному показателю – перепаду температуры потоков воздуха на входе и выходе зон печи, обеспечивающие проведение процесса на максимальных возможных температурах для получения наноструктуры с минимальной зернистостью, с исключением попадания в зону термического разложения и с максимальной производительностью путем максимального возможного уменьшения времени активации процесса.

#### Литература

1. Бирюков, В. П. Оптимизация процесса термостабилизации при получении углеродного волокна на основе ПАН: 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы», 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»; диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Владимир Петрович Бирюков; ФГУП «НИИГрафит». – Москва, 2002. – 298 с.

2. Бирюков, В. П. Температурная активация процесса термостабилизации в производстве углеродных волокон / Бирюков В.П., Мурина А.С. // Материалы VIII ежегодной международной научно-практической конференции. Композитный мир, 2015. – С. 20-26.

3. Birukov V., Murina A., Murin S. Reduction of mineral impurities influence on thermal treatment of acrylic fibers. *Materials Today: Proceedings* 5(2018) 26160-26165.

4. Карташов, Э. М. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров / Э. М. Карташов, Б. Цой, В. В. Шевелев. – М: Химия, 2002. – 736 с.

5. Бартенев, Г. М. Прочность и разрушение высокоэластичных полимеров / Г. М. Бартенев, Ю. С. Зуев. – Москва; Ленинград: Химия, 1964. – 388 с.

6. Денисов, Е. Т. Окисление и деструкция карбоцепных полимеров / Е. Т. Денисов. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
7. Дельмон, Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир, 1972. – 556 с.
8. Барре, П. Кинетика гетерогенных процессов / П. Барре. – М.: Мир, 1976. – 400 с.
9. Патент № 2130516 Российская Федерация, МПК D01F 9/22. Способ получения углеродного волокна: № 96118059/04: заявл. 10.09.1996: опубл. 27.12.1998 / Бирюков В. П., Плотников А. М., Кузнецова С. Л.; заявитель АО «Балаковские волокна».

УДК 621.317.32

### **Стенд для проверки технического состояния кабельных изделий**

Востров Игорь Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*Статья посвящена разработке стенда для проверки технического состояния кабельных изделий. Актуальность данной тематики подтверждается необходимостью контроля и диагностирования технического состояния электрооборудования – кабельных изделий с целью предупреждения различного рода отказов устройств и систем.*

При эксплуатации электрических сетей различного типа встает вопрос проверки кабельных изделий перед вводом в эксплуатацию. Все типы кабелей перед монтажом должны быть проверены по таким параметрам, как герметичность оболочки; соответствие сопротивления изоляции жил установленным нормам; отсутствие обрывов жил и экрана; отсутствие сообщений жил между собой, с экраном или металлической оболочкой.

Проверка кабелей при большом числе проводников (жил) становится довольно трудоемкой операцией. Обычно контролируют наличие соединений между определенными контактами разъемов на обоих концах кабеля, отсутствие подсоединений жил к контактам,

которые должны быть свободными, замыкание между дублирующими проводниками и отсутствие замыканий между остальными линиями. При применении большого числа кабельных изделий возникает необходимость оперативной проверки их исправности и пригодности к установке в собираемое изделие. Предложен экспериментальный стенд, с помощью которого возможно провести проверку исправности кабелей различного типа или наличия в них повреждений.

На сегодняшний день можно выделить три класса кабельных тестеров, выпускаемых промышленностью: для базовой проверки кабеля, для квалификации кабельной системы, для сертификации кабельной системы. При анализе предметной области в данном направлении рассмотрены приборы для базовой проверки кабельных изделий: кабельный прибор ИРК-ПРО 7.4, тестер NETFinder, тестер Hyper line HL-NCTU.

Кабельный прибор ИРК-ПРО 7.4 предназначен для определения расстояния до участка с пониженным сопротивлением изоляции кабеля, определения места обрыва или перепутывания жил кабеля. Прибор позволяет проводить измерение сопротивления изоляции и шлейфа, омической асимметрии, электрической емкости всех типов кабелей связи. Если в процессе эксплуатации или ремонта прибора происходит отклонение от метрологических параметров, необходимо подключить прибор к эталонному магазину для самонастройки.

Тестер NETFinder предназначен для определения стандартных неисправностей телефонного кабеля (RJ11), кабеля передачи данных (RJ45) и коаксиального кабеля (адаптер типа F). Конструктивно тестер состоит из основного и удаленного модулей. Прибор имеет индикацию результатов измерений, легок в управлении, обладает быстрым временем тестирования, что является достоинством при обслуживании телекоммуникационных сетей в здании. Тестер NETFinder имеет следующие функциональные особенности:

- тестирование линии на обрывы, короткие замыкания, перепутанные жилы и пары;
- тестирование целостности экранирующей оплетки;
- удаленный модуль позволяет производить тестирование кабеля в «одиночку»;
- встроенный низкочастотный тональный генератор;
- функция «идентификатора портов» для определения портов коммутатора;
- режим быстрого тестирования;
- индикатор низкого заряда батарей.

Тестер Hyper line HL-NCTU – прибор для тестирования витой пары, телефонного, USB и коаксиального кабелей. Применяется для тестирования линий с коннекторами типа RJ-45, RJ-11, USB, BNC. Состоит из активной и пассивной частей. Имеет встроенный BNC терминатор 25/50 Ом, индикацию прямого или крессового соединения, индикацию заряда батареи питания. Максимальная длина тестируемого кабеля – 90 метров.

В результате анализа существующих технических решений сформулированы основные требования, предъявляемые к разрабатываемому стенду проверки исправности кабелей, и разработана функциональная схема устройства (рис. 1).

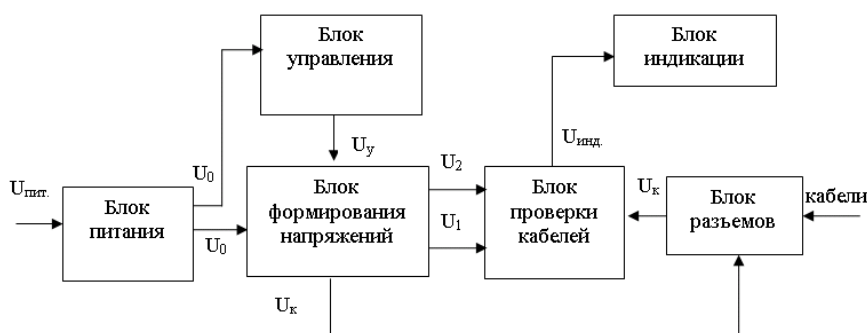


Рис. 1. Функциональная схема стенда для проверки исправности кабелей

На блок питания подается напряжение питания 220 В. В блоке питания напряжение понижается до 12 В, после чего подается на блок управления и блок формирования напряжений. Блок управления служит для подачи управляющих сигналов  $U_y$  на блок формирования напряжений, который вырабатывает напряжения для проверки исправности кабелей – образцовые напряжения  $U_1 = 3.9$  В, напряжение  $U_2 = 4.1$  В, а также контрольное напряжение  $U_k = 4$  В. В блоке проверки кабелей осуществляется сравнение напряжений, в зависимости от результата на блок индикации пойдет соответствующий сигнал. Если выполняется условие  $U_1 > U_k > U_2$ , то на блок индикации поступает сигнал об исправности проверяемого кабеля. Если выполняется условие  $U_k > U_2$ , то в кабеле имеется замыкание. В случае обрыва кабельного изделия контрольное напряжения  $U_k$  по кабелю протекать не будет, и на блок индикации пойдет соответствующий сигнал.

Разработана схема электрическая принципиальная стенда для проверки исправности кабелей (рис. 2).



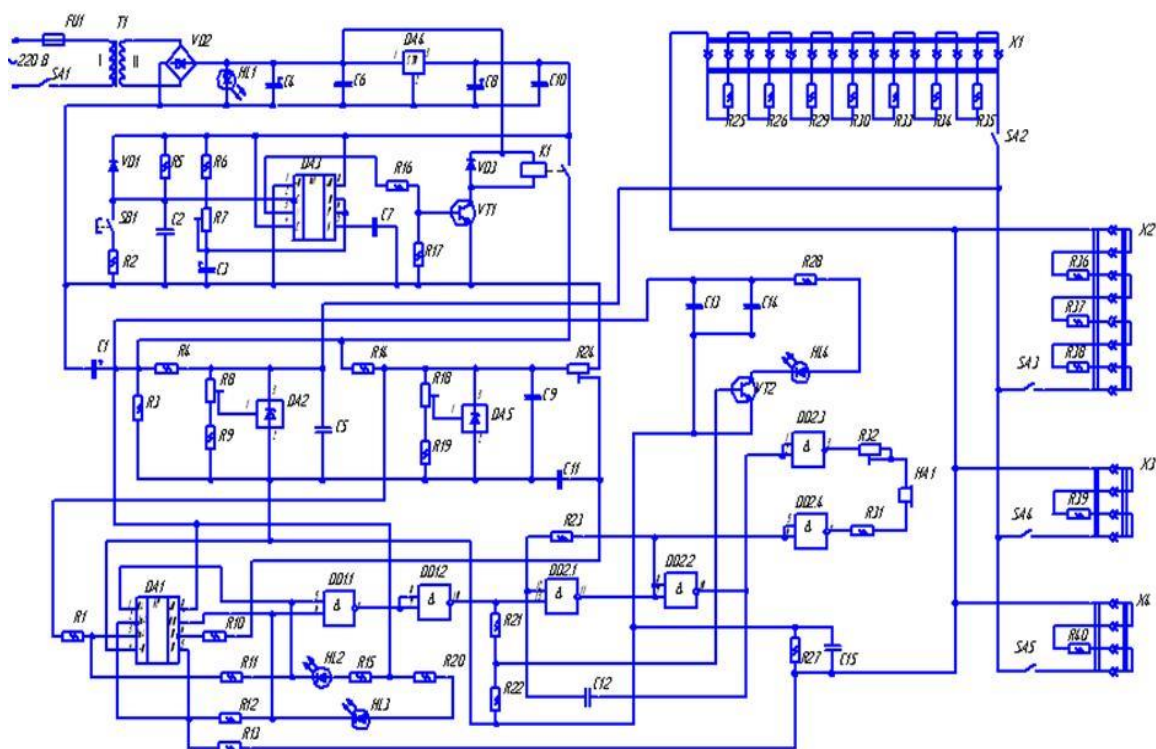


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная стенда для проверки исправности кабелей

Проверяемый кабель подключается к соответствующим разъемам X1-X4. Резисторы R25, R26, R29 образуют делитель испытательного напряжения  $U_0$ . Конденсатор C15 служит для подавления возможных помех и наводок. Выпрямительная схема сетевого напряжения построена на трансформаторе T1 и диодном мосте VD2 со стабилизатором напряжения DA4. Узел запуска построен по схеме одновибратора на таймере DA3. После нажатия кнопки SB1 таймер генерирует импульс, открывающий на 1-3 с транзистор VT1. При этом замкнутые контакты реле K1 подают напряжение на стабилизатор испытательного напряжения, собранный на микросхеме параллельного стабилизатора DA2, и стабилизатор образцового напряжения на микросхеме DA5. С помощью измерительного узла можно проверить, находится ли напряжение, поданное через резистор R1 на входы компараторов микросхемы DA1, в интервале между образцовыми значениями  $U_K$  и  $U_1$ , поданными на вторые входы этих компараторов через резисторы R1 и R10, или вне этого интервала. Подключенный к выходу «верхнего» компаратора (выводу 1) микросхемы DA1 светодиод HL2 сигнализирует о том, что напряжение на инвертирующем входе этого компаратора (выводе 2) больше, чем на неинвертирующем (выводе 3). Это происходит, если в проверяемом кабеле имеется замыкание между проводами, вследствие чего  $U_K > U_1$ . Светодиод HL3, подключенный к выходу «нижнего» компаратора (выводу 7 микросхемы DA1), сигнализирует о том, что  $U_K < U_2$ , следовательно, в кабеле имеется

обрыв. В случае исправности кабеля выполняется условие  $U_1 > U_K > U_2$ . При этом на выходах обоих компараторов установлен высокий логический уровень, светодиоды HL2 и HL3 погашены. Узел из элементов DD1.1 и DD1.2 выполняет логическую функцию, при исправном кабеле уровень на выходе логического элемента DD1.2 также высокий, а транзистор VT1 открыт, о чем сигнализирует включенный в его коллекторную цепь светодиод HL4.

В схеме электрической принципиальной предусмотрена звуковая сигнализация об исправности кабеля. Высокий уровень на выводе 13 элемента DD2.1 разрешает работу генератора импульсов звуковой частоты на микросхеме DD2. Импульсы поступают на пьезоизлучатель звука HA1, подстроечный резистор R32 – регулятор громкости.

Стенд изготавливается в соответствии с требованиями государственных стандартов, регламентирующих внешний вид и конструкцию устройства, что достигается путем использования соответствующих материалов, деталей, узлов и крепежных элементов. Достоинством предлагаемого устройства является возможность проверки некоторых типов кабельных изделий, что способствует сокращению времени на техническое обслуживание.

#### Литература

1. Воробьев, Н. И. Проектирование электронных устройств / Н. И. Воробьев. – М.: ВШ, 1989. – 223 с.
2. Проектирование функциональных узлов и модулей радиоэлектронных средств: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 252 с.
3. Проектирование радиоэлектронных средств: учебное пособие / А. В. Безруков, В. В. Смирнов, А. С. Стукалова, Н. В. Сотникова. – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2019. – 188 с.

**Обоснование выбора экспертной системы  
для поиска неисправностей электродвигателя**

Востров Игорь Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В работе анализируется востребованность электродвигателей, рассматривается возможность применения экспертной системы для определения неисправностей электродвигателей, а также предлагаются возможные варианты экспертных систем для реализации поставленной задачи.*

Любое промышленное производство предполагает использование большого количества техники. Важную роль на этапе производства любого вида продукции играет электрический двигатель – устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую. Электрические двигатели получили широкое применение на различных промышленных предприятиях, начиная с производства небольших потребительских товаров и заканчивая крупными станциями по выработке электрической энергии.

Такая востребованность в современных электродвигателях возникла благодаря ряду их достоинств по сравнению с другими типами двигателей, а именно:

- высокий КПД;
- большой крутящий момент;
- отсутствие вредных выбросов;
- широкий интервал изменения частоты вращения;
- низкая стоимость эксплуатации и обслуживания.

Электрический двигатель, как и любой другой, склонен выходить из строя после долгой или неправильной эксплуатации. Для его ремонта необходимо не только обладать знаниями в области механики, но и разбираться в электрической составляющей электрической машины.

В качестве помощника пользователя для ремонта и технического обслуживания электродвигателя может выступать экспертная система, которая в настоящее время составляет одно из наиболее перспективных направлений в области искусственного интеллекта. Под экспертной системой понимается система, которая объединяет возможности компьютера и знания эксперта в такой форме, что система может предположить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи.

Экспертные системы создаются в узкоспециализированных областях. Для создания таких систем требуются знания высококлассных специалистов, хорошо разбирающихся в данной предметной области.

В состав ЭС входят следующие элементы:

- интерфейс пользователя;
- пользователь;
- интеллектуальный редактор базы знаний;
- эксперт;
- инженер по знаниям;
- рабочая (оперативная) память;
- база знаний;
- решатель (механизм вывода);
- подсистема объяснений.

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний – формализованной информации, на которую ссылаются или которую используют в процессе логического вывода, и сохранение их длительное время. В отличие от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. При решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки при переборе очень мала.

Существуют два основных варианта использования экспертных систем, соответствующих социологическим концепциям явной и скрытой функций. Явная функция экспертной системы должна обеспечивать с помощью компьютера компетентность (специальные знания) человека-эксперта. Например, такие системы могут диагностировать болезнь, воссоздавать химическую структуру, разведывать места добычи полезных ископаемых или решать другие подобные задачи. Они достаточно удобны в работе и, кроме того, имеют возможность объяснять свои

действия и мнения так, как это мог бы сделать человек-эксперт. И, наконец, подобно человеку, они способны даже научить кого-то, как проводить экспертизу.

Экспертные системы получили наиболее широкое распространение в следующих областях: управление, экономика, медицина, проектирование сложных технических объектов, вычислительная техника, военное дело, микроэлектроника, радиоэлектроника, юриспруденция, экономика, экология, геология (поиск полезных ископаемых), математика и другие.

Выделяют несколько поколений экспертных систем, каждое из которых имели свои особенности.

В экспертных системах первого поколения (конец 60-х гг.) учитывались только знания экспертов, опыт экспертов в рассматриваемой области не учитывался. Существующие модели и методы представления знаний позволяли описать только предметные области, данные о которых не менялись (статические предметные области).

В экспертных системах второго поколения (конец 70-х гг.) знания, используемые для построения ЭС, носят глубинный характер, предусмотрена возможность обновления знаний, то есть предметная область становится динамической.

Экспертные системы третьего поколения (1981-1982 гг.) характеризуются простым интерфейсом, позволяющим обновлять данные по мере необходимости без привлечения программистов.

Экспертные системы четвертого поколения (начало 90-х гг.) отличаются расширенными возможностями, они выполняют сложные расчеты при обработке данных, извлекают данные из памяти, выдают рекомендации и принимают решения. Появление данных возможностей обусловлено повышением быстродействия компьютеров.

Экспертные системы пятого поколения (конец 90-х гг.) характеризуются наличием в базе знаний базы правил и базы претендентов. Появление данных возможностей обусловлено увеличением объема памяти компьютеров.

Различают четыре основных подхода к разработке экспертных систем:

- подход, базирующийся на поверхностных знаниях;
- структурный подход;
- подход, базирующийся на глубинных знаниях;
- смешанный подход, базирующийся на использовании поверхностных и глубинных знаний.

Подход, базирующийся на поверхностных знаниях, применяется к сложным задачам, которые не могут быть точно описаны. Этот подход заключается в получении от эксперта фрагментов знаний (часто эвристических), которые релевантны решаемой задаче. При этом не предпринимается никаких попыток систематического или глубинного изучения области, что предопределяет использование поиска в пространстве состояний в качестве универсального механизма вывода. Обычно в экспертных системах, использующих данный подход, в качестве способа представления выбираются правила. Условие каждого правила определяет образец некоторой ситуации, при соблюдении которой правило может быть выполнено. Поиск решения состоит в выполнении тех правил, образцы которых сопоставляются с текущими данными. При этом предполагается, что в процессе поиска решения последовательность формируемых таким образом ситуаций не оборвется до получения решения, т.е. не возникнет неизвестной ситуации, которая не сопоставится ни с одним правилом. Данный подход с успехом применяется к широкому классу приложений, однако он оказывается неэффективным в тех приложениях, когда задача может быть заранее структурирована или при решении задачи может быть использована некоторая модель.

Структурный подход к построению экспертных систем обусловлен тем, что для ряда приложений применение только техники поверхностных знаний не обеспечивает решения задачи. Действительно, использование поиска в качестве механизма вывода в неструктурированной базе знаний может приводить к ненадежным и (или) некачественным решениям. Структурный подход к построению экспертных систем подобен структурному программированию. Однако применительно к экспертным системам речь не идет о том, что структурирование должно довести задачу до алгоритма (как в традиционном программировании), а предполагается, что часть задачи решается с помощью поиска. Структурный подход в различных приложениях целесообразно сочетать с поверхностным или глубинным.

В глубинном подходе компетентность экспертной системы базируется на модели той проблемной среды, в которой эта экспертная система работает. Модель может быть определена различными способами (декларативно, процедурно). Необходимость в ряде приложений использовать модели вызвана стремлением исправить несовершенство поверхностного подхода, возникающего при отсутствии правил, удовлетворяющих текущей ситуации в рабочей памяти. Глубинные экспертные системы кроме возможностей поверхностных обладают способностью при

возникновении неизвестной ситуации определить с помощью некоторых общих принципов, справедливых для области экспертизы, какие действия следует выполнить.

Смешанный подход в общем случае может сочетать поверхностный, структурный и глубинный подходы. Например, поверхностный подход может быть использован для поиска адекватных знаний, которые затем используются некоторой глубинной моделью.

При проектировании ЭС по поиску неисправностей электродвигателя необходимо выполнить следующие требования:

- система должна быть эффективной, она должна давать достоверные результаты по обучению персонала;

- интерфейс данной системы должен быть понятен для пользователей с различным уровнем способностей;

- база знаний системы должна периодически обновляться для повышения квалификации.

При выборе инструментального средства разработки ЭС необходимо сделать выбор исходя из того, чтобы выбранный инструмент разработки мог выполнить вышеперечисленные требования. В процессе разработки ЭС требования могут быть расширены, так как они напрямую зависят от особенностей проблемной области, для которой разрабатывается ЭС.

Таким образом, становится ясно, что для определения неисправностей электродвигателя существует множество видов экспертных систем, что позволяет выбрать такую систему, которая будет удовлетворять всем поставленным требованиям в диагностике и будет эффективно применяться в зависимости от поставленной задачи.

#### Литература

1. Малышева, Е. Н. Экспертные системы: учебное пособие / Е. Н. Малышева. – Кемерово: КемГИК, 2010. – 86 с.

2. Волобуев, С. В. Нагрев асинхронных двигателей и их защита тепловыми реле: учебное пособие / С. В. Волобуев. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – 48 с.

### **Анализ структур роботизированных комплексов сборки**

<sup>1</sup>Гайкалов Антон Григорьевич, аспирант;

<sup>1</sup>Иващенко Владимир Андреевич, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Системотехника»;

<sup>1,2</sup>Петров Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Системотехника»

<sup>1</sup>Институт проблем точной механики и управления – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», г. Саратов;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов

*Необходимость повышения производительности труда в промышленности стимулирует развитие роботизированных комплексов сборки (РКС). Они являются сложными техническими системами, внедрение которых требует больших финансовых затрат, поэтому необходим обоснованный выбор структуры РКС. Структура комплекса определяет его основные характеристики: производительность, эффективность, стабильность, надежность и многие другие. В данной статье рассматриваются критерии выбора структуры РКС, их влияние на структуру. Рассмотрены критерии РКС: габариты, вес, структура изделия, требования к производительности комплекса, способность к переналадке. Эти факторы влияют на качество, количество и размеры компонентов роботизированного сборочного комплекса.*

Функционал и производительность РКС определяются его структурой, которая оказывает влияние на экономическую окупаемость производства. Выбор структуры определяется на основе анализа различных критериев [1], в том числе характеристики изделия, технологического процесса, планируемой производительности, возможности переналадки и модернизации. В данной статье рассмотрено влияние критериев на выбор структуры РКС.

На производительность РКС влияет степень вовлеченности людей в функционирование системы [2]. В отличие от роботов и автоматов человек склонен к отвлечению от непрерывного производственного процесса, имеет вариативную производительность (влияет степень усталости, настроение, личные качества и прочее). Поэтому чем меньше человек вовлечен в систему, тем производительнее линия.



Изделия перемещают между рабочими станциями как по одному, так и группами [3-5]. Для этого применяют либо технические инструменты (краны, погрузчики, тележки и т. п.), либо полностью автоматизированные средства (конвейеры, манипуляторы, поворотные столы).

На определение структуры РКС значительное влияние оказывают технология изготовления изделия и его характеристики:

- габариты изделия. Компоненты и сами большие изделия сложно перемещать, и зачастую для крупногабаритных изделий применяется стационарная сборка (например: сборка самолетов, кораблей, зданий и т. п.). Небольшие же изделия возможно перемещать при сборке по всем трем осям декартовой системы пространственных координат. Также габариты диктуют требования к техническим средствам размещения и перемещения изделия и его компонентов, определяют расстояние и общий размер РКС. От габаритов зависит и время выполнения операций сборки: чем больше размер изделия, тем зачастую продолжительнее этапы;

- вес изделия. Вес изделия ограничивает выбор технических средств перемещения и технических средств сборки, так как у тяжелых изделий имеются компоненты с большим весом. Также вес определяет мощность технических средств (инструментов);

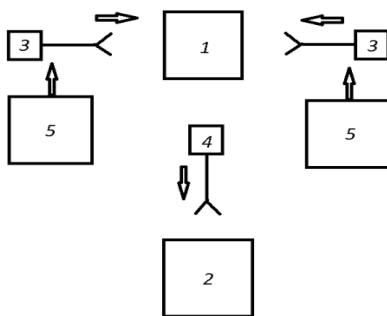
- структура изделия. Данная характеристика определяет, насколько подвижным должно быть изделие в процессе сборки. Требуется ли в процессе сборки прямолинейное движение по осям декартовой системы или вращение. Чем больше движений при сборке требуется, тем сложнее и дороже сборочная линия, поэтому структура изделия зачастую является объектом оптимизации. Количество компонентов определяет количество операций для сборки, а также количество рабочих станций и инструментов. Если изделие требует высокой точности сборки, это также оказывает влияние на структуру РКС, в частности на выбор технических средств.

Производительность РКС зависит от множества факторов, в частности от технологического процесса, ускорение этапов технологического процесса возможно только до определенного порога, превышение его приведет к снижению качества продукции, появлению брака. К таким решениям требуется подходить с предварительным исследованием. Поэтому следует обратить внимание на перемещении изделия и его компонентов в процессе сборки.

По способам перемещения изделия выделяют два вида сборки.

1. Стационарная сборка. Её схема показана на рис. 1. В этом случае изделие неподвижно либо малоподвижно (может вращаться на рабочей станции), компоненты и

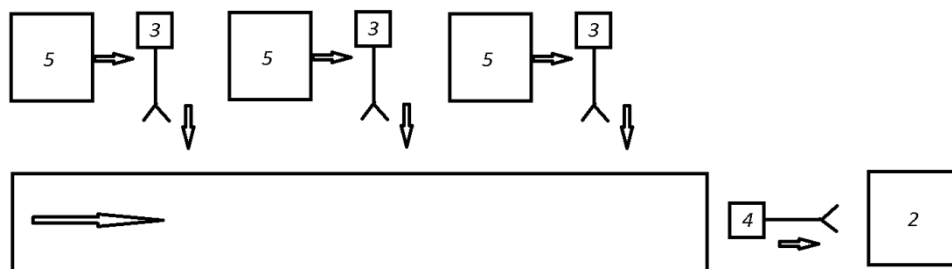
инструмент доставляются к изделию по мере необходимости [6]. Такой тип сборки характерен для габаритных изделий или мелкосерийного производства. Зачастую при мелкосерийном производстве использование РКС экономически нецелесообразно ввиду высокой стоимости и долгой окупаемости. Кроме стоимости самой РКС есть еще затраты на ее обслуживание и переналадку. Поэтому мелкосерийные производства используют стационарную сборку, зачастую ручной труд, применяя различные инструменты. Возможна автоматизация некоторых этапов сборки.



*Рис. 1. Схема стационарной сборки:*

*1 – место сборки; 2 – склад готовой продукции; 3 – манипуляторы-сборщики;  
4 - манипулятор извлечения готового изделия; 5 – склады компонентов*

2. Подвижная сборка. Её схема показана на рис. 2. Изделие перемещается поэтапно от одной узкоспециализированной рабочей станции к другой, на которых располагаются инструмент и материалы. Такой вариант сборки характерен для крупносерийного производства, особенно если это непрерывное производство [7]. В данном случае собирается несколько изделий на разных этапах сборки, что существенно увеличивает производительность системы в целом. С учетом того что при такой сборке есть узкоспециализированные рабочие станции, их автоматизация техническими средствами легче реализуема.



*Рис. 2. Схема подвижной сборки:*

*1 – конвейер с остановками; 2 – склад готовой продукции; 3 – манипуляторы-сборщики; 4 – манипулятор извлечения готового изделия; 5 – склады компонентов*

РКС для своего правильного функционирования должна содержать в своей структуре следующие модули:

- модуль управления комплексом;
- модуль установки компонентов (манипулятор, подающий автомат);
- модуль размещения изделия;
- модуль крепления изделия;
- модуль перемещения изделия;
- модуль подачи компонентов;
- модуль обеспечения безопасности;
- модуль контроля качества изделия;
- склад готовой продукции.

Их компоновка, количество и качество, которое определяет функции и свойства РКС, напрямую зависят от параметров изделия.

Свойства модулей определяют свойства РКС. Рассмотрим на примере модулей установки компонентов. В качестве данного модуля возможно использовать механические автоматы, пневматические манипуляторы, антропоморфные роботы-манипуляторы. Эти устройства отличаются друг от друга по количеству осей, которые они могут совершить, точности, возможностями перенастройки и модификации. Как следствие, РКС, в которой модулями установки выбраны шестиосевые манипуляторы, легче перенастраивать и модифицировать под новые виды продукции, нежели РКС с механическими автоматами.

Рассмотрим варианты структур на примере сборки устройства, состоящего из трех компонентов, – розетки RJ-45 ИТК (CS2-1C5EU-12). Данное устройство в сборке состоит из 3 компонентов: платы с разъёмом, основания корпуса и крышки корпуса. Сборка выполняется установкой платы в основание корпуса, после закрывается крышкой. На рис. 3 представлены варианты структуры РКС для данного технологического процесса. Структура S1 обладает минимальным, достаточным функционалом, представляя собой стационарную сборку, выполняемую одним сборочным устройством (манипулятором), S2 – структура с более широким функционалом, выполняемая тремя сборочными устройствами, с контролем качества.

Базовые структуры РКС представлены на рис. 3. Количество модулей в структуре может изменяться в соответствии с задачами РКС.

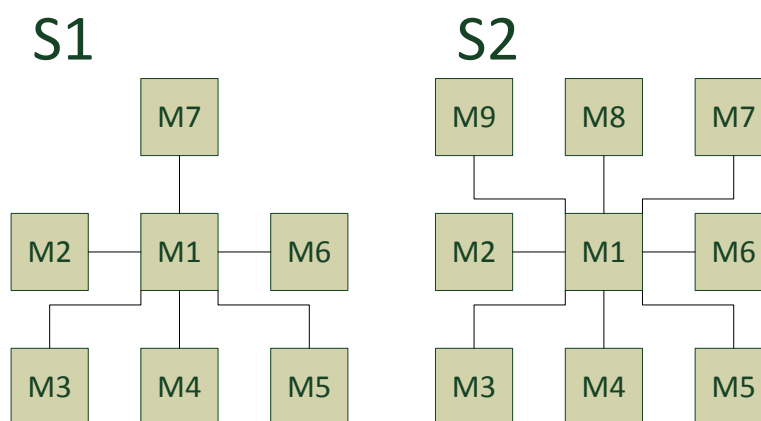


Рис. 3. Базовые структуры РКС:

*M1 - модуль управления комплексом; M2 - модули крепления изделия; M3 – модули установки компонентов; M4 - модули подачи компонентов; M5 - модуль разгрузки; M6 - склада готовой продукции; M7 – модули обеспечения безопасности; M8 – модули контроля качества; M9 - модули перемещения изделия*

Материальные затраты на реализацию структуры больше S1, на чем S2, однако функциональность существенно различается.

Рассмотренные критерии выбора структуры необходимо учитывать при подготовке технического задания для разработки РКС, чтобы впоследствии не столкнуться с проблемами функционирования всей системы в целом.

#### Литература

1. Петров, Д. Ю. Оптимизация структур роботизированных комплексов дуговой сварки / Д. Ю. Петров, В. А. Иващенко, А. Ф. Резчиков // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1998. – № 6. – С. 60-65.
2. Иванова, С. Б. Роботизированные компьютерно-аппаратные комплексы широкого назначения: необходимость и проблемы создания / С. Б. Иванова, И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Проблемы искусственного интеллекта. – 2015. – № 0(1). – С. 50-62.
3. Бурдаков, С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Робототехнические системы» / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев. – М.: Высшая школа, 1986. – 264 с.
4. Автоматизации производственных процессов в машиностроении. Глава 25. Автоматические линии, их классификация, структура и компоновка: сайт / Белорусский национальный технический университет. – URL: <https://studfile.net/preview/4293789/page:21/> (дата обращения: 10.12.2021) – Текст: электронный.

5. Автоматизации производственных процессов в машиностроении. Глава 14. Особенности автоматизированного технологического процесса сборки: сайт / Белорусский национальный технический университет. – URL: <https://studfile.net/preview/4293789/page:11/> (дата обращения: 11.12.2021) – Текст: электронный.

6. Назаров, Х. Н. Моделирование многовыходных мехатронных модулей движения робототехнических систем / Х. Н. Назаров, А. Якубов // Техника юлдузлари. ТашГТУ. – 2002. – № 4. – С. 30-35.

7. Роботизированные технологические комплексы: учебное пособие / Г. И. Костюк, О. О. Баранов, И. Г. Левченко, В. А. Фадеев. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. – 214 с.

УДК 681.515

### **Моделирование системы регулирования уровня в SimInTech**

Елисеев Иван Сергеевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*Исследована методика построения имитационной модели системы автоматического регулирования уровня жидкости в емкости в российском программном комплексе SimInTech. Приведены математические выражения, компьютерные модели и результаты моделирования.*

На российском и зарубежном рынках немало средств имитационного моделирования технических систем, которые различаются своим назначением и функционалом. Общим для всех является получение наглядного представления протекания процессов в технической системе. В работе использован российский программный продукт SimInTech, предназначенный для динамического моделирования технических систем [1]. Данная среда удобна для применения в учебных целях для развития у студентов навыков моделирования и позволяет на основании

математических зависимостей сформировать имитационную модель и проводить над ней исследования.

В качестве исследовательской задачи рассмотрена система регулирования уровня в емкости 1 (рис. 1) [2]. Заданное значение уровня определяется величиной  $H_0$ , а текущее –  $H$ . Текущее значение отклоняется от заданного под влиянием двух факторов: изменения расхода жидкости на выходе путем изменения проходного сечения  $F_2$  вентиля 4 и изменения расхода жидкости на входе, поступающей из емкости 2, путем изменения проходного сечения  $F_1$  вентиля 3. Математически данный процесс описывается уравнением баланса количества жидкости:

$$W\Delta H = F_1\varepsilon\sqrt{2g(H_1 - H)} \cdot \Delta t - F_2\varepsilon\sqrt{2gH} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $W$  – это площадь поперечного сечения рабочей емкости,  $\Delta H$  – это приращение в ней уровня за  $\Delta t$ ;  $\varepsilon$  – это коэффициент, учитывающий снижение расхода через вентиль из-за влияния местного сопротивления течению жидкости;  $g$  – это ускорение силы тяжести.

Для удобства разработки модели уравнение (1) преобразовано к виду:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{1}{W} \cdot [S_1\sqrt{2g(H_1 - H)} - S_2\sqrt{2gH}], \quad (2)$$

где  $S_1 = \varepsilon F_1$  и  $S_2 = \varepsilon F_2$  – это «эффективные» проходные сечения вентиляей 3 и 4.

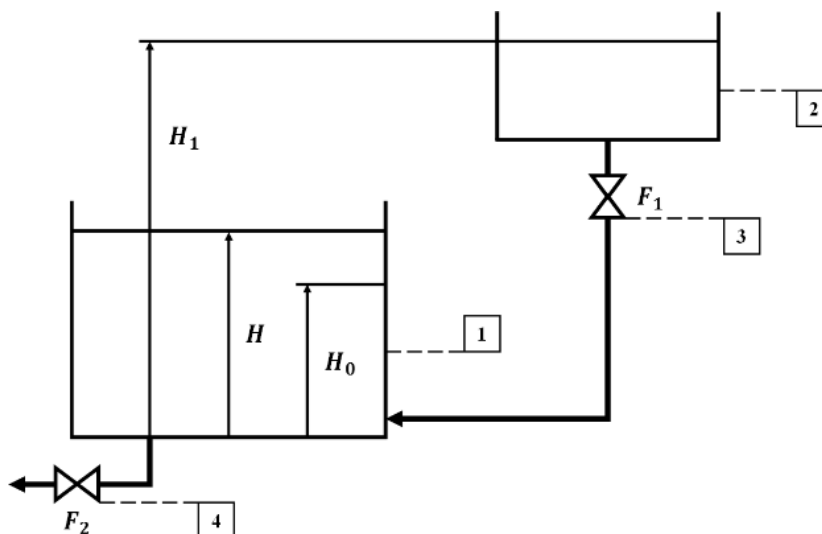


Рис. 1. Система регулирования уровня в емкости

Модель, удовлетворяющая данному уравнению, изображена на рис. 2.

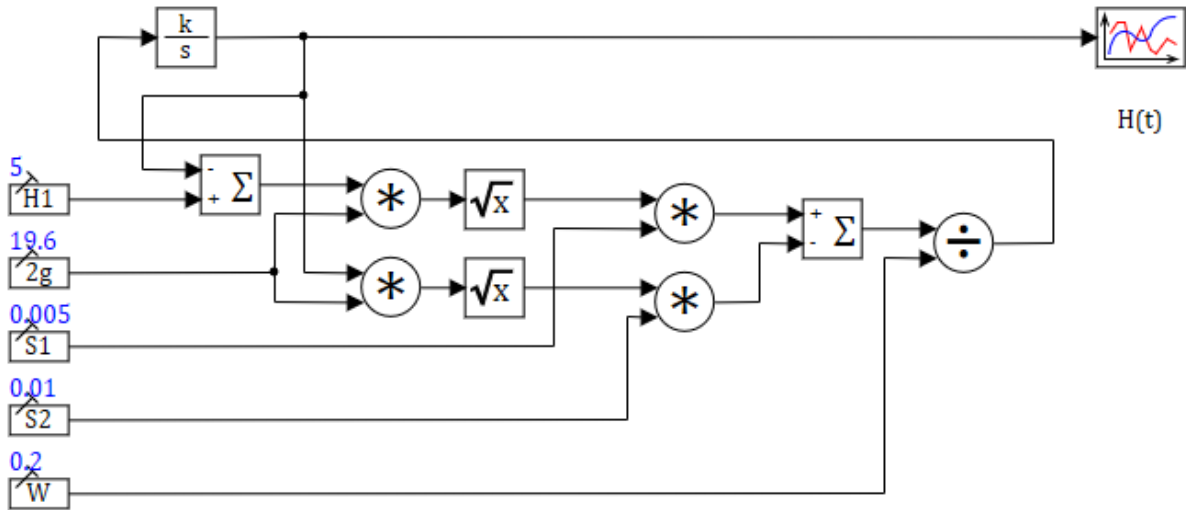


Рис. 2. Модель динамического изменения уровня жидкости в емкости

Изменение проходного сечения вентилей выполняется исполнительными механизмами, включающими в себя двигатель постоянного тока и редуктор. При полностью закрытом вентиле угол поворота вала считается равным нулю:  $\alpha = \alpha_{\text{MIN}} = 0$ . Полное открытие вентиля происходит после десяти оборотов вала, то есть при значении:  $\alpha = \alpha_{\text{MAX}} = 62,8$  рад. Чтобы исключить нежелательные поломки, были предусмотрены ограничители, не позволяющие валу выйти за пределы  $\alpha_{\text{MIN}} = \alpha_{\text{MAX}}$ , и реле отключения двигателя в представленных крайних положениях.

Уравнение двигателя постоянного тока относительно его угловой скорости при управлении путем подачи напряжения на якорную обмотку имеет вид:

$$T_1 \cdot \left( \frac{d\omega}{dt} \right) + \omega = k_1 U_A \text{ или } \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{T_1} \cdot (-\omega + k_1 U_A), \quad (3)$$

где  $T_1$  – постоянная времени ( $T_1 = 0,1$  с);  $k_1$  – коэффициент передачи двигателя ( $k_1 = 0,2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ).

Для угла поворота вала двигателя имеем следующее равенство:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega. \quad (4)$$

Примем коэффициент передачи редуктора  $k_2 = 0,1$  (передаточное отношение равно 10). Соотношение между  $\alpha$  и  $\varphi$  определяется следующим равенством:

$$\alpha = k_2 \varphi. \quad (5)$$

При полном закрытии ( $\alpha = 0$ ) и при  $U < 0$ , когда управляющий сигнал соответствует уменьшению угла поворота, напряжение с якоря должно быть снято ( $U_A = 0$ ). При полном открытии ( $\alpha = 62,8$ ) и при  $U > 0$ , когда сигнал соответствует увеличению угла, аналогично ( $U_A = 0$ ). Во всех остальных случаях выполняется

равенство:  $U_A = U$ . Пусть имеется переменная «R», которая принимает соответствующие значения «-1», нуля и единицы согласно следующему правилу:

$$R = -1, \text{ если } \alpha = \alpha_{MIN};$$

$$R = 0, \text{ если } \alpha_{MIN} < \alpha < \alpha_{MAX}; R = 1, \text{ если } \alpha = \alpha_{MAX}. \quad (6)$$

Пусть далее выполняется следующее равенство:

$$Z = -UR. \quad (7)$$

Тогда напряжение на якорной обмотке должно удовлетворять условиям:

$$\{U_A = U, \text{ если } Z \geq 0; U_A = -U, \text{ если } Z < 0. \quad (8)$$

Модель исполнительного механизма представлена на рис. 3. Здесь за выполнение системы условий (6) отвечает релейный запрограммированный элемент 1, а за выполнение системы условий (8) – элемент 2 (рис. 4).

Разработанные модели емкости и исполнительного механизма для удобства дальнейшего использования сформированы в виде двух отдельных подсистем. Кроме них система регулирования также содержит датчик уровня, задающее устройство, элемент сравнения, усилитель и регулирующий орган (вентиль).

Датчик уровня принят безынерционным звеном с коэффициентом передачи  $k_3$ .

$$U_H(t) = k_3 H(t), \quad (9)$$

где  $U_H(t)$  – это напряжение на выходе датчика,  $k_3 = 10 \text{ В м}^{-1}$ .

Задающее устройство вырабатывает электрический сигнал с напряжением « $U_{H0}$ », равным напряжению сигнала датчика при номинальном уровне « $H_0$ ».

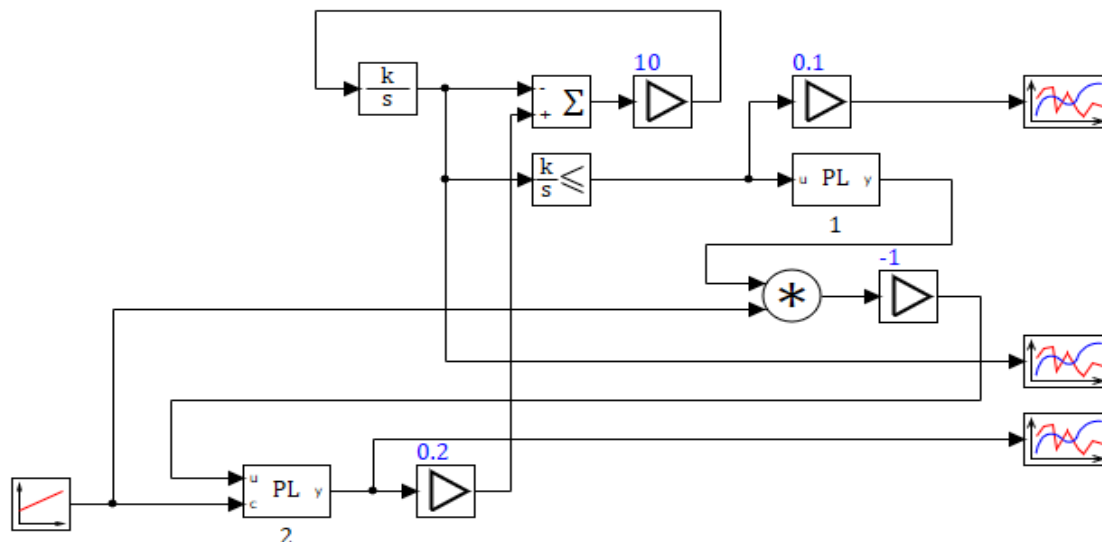


Рис. 3. Модель исполнительного механизма



```

1 input u;
- output y;
-
- if u=0 then
- y=-1
- else
- if u=628 then
- y=1
- else
10 y=0.

```

```

1 input u;
- input c;
- output y;
-
- if u>=0 then
- y=c
- else
- y=0.

```

Рис. 4. Код элемента 1 и элемента 2

Элемент сравнения образует сигнал рассогласования вида:

$$U_E(t) = U_{H0}(t) - U_H(t). \quad (10)$$

Усилитель представлен безынерционным звеном с коэффициентом  $k_4$ , выходной сигнал которого ограничен диапазоном  $-100/100$  В. Выходное напряжение усилителя поступает на вход исполнительного механизма в качестве управляющего сигнала «U(t)».

Угол поворота представляет собой входной сигнал регулирующего органа, характеризуемый эффективным проходным сечением « $S_1$ », являющимся в свою очередь входным сигналом для объекта. Предполагая прямую пропорциональную зависимость величин:  $S_1 = k_5 \alpha$  и учитывая, что максимальная величина сечения равна значению  $S_{1M} = 0,01 \text{ м}^2$ , а максимальный угол  $\alpha_M = 62,8 \text{ рад}$ , находим коэффициент передачи вентиля  $k_5 = S_{1M} / \alpha_M = 1,592 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{рад}$ .

Объединив полученные модели, получим окончательный вариант модели системы автоматического регулирования уровня, представленный на рис. 5.

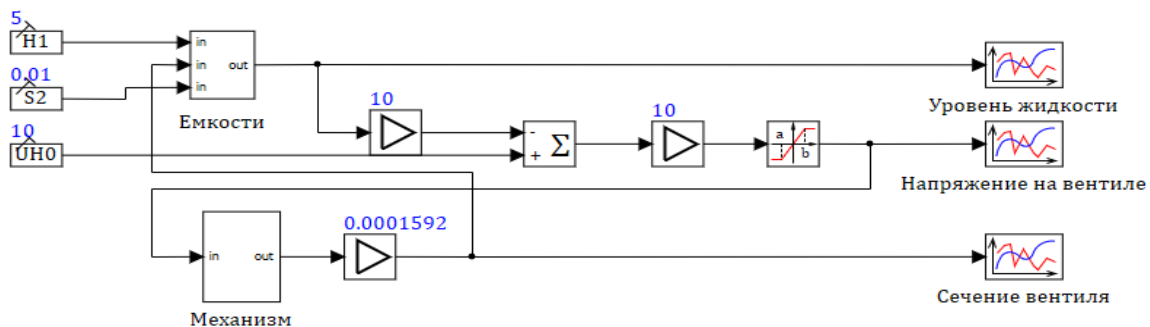


Рис. 5. Модель автоматической системы регулирования уровня в емкости

Проведем испытание полученной модели с начальным уровнем в емкости  $H = 1,5$  м и заданным  $H_0 = 1$  м. Полученные результаты моделирования (изменения уровня и напряжение на исполнительном механизме) приведены на рис. 6.

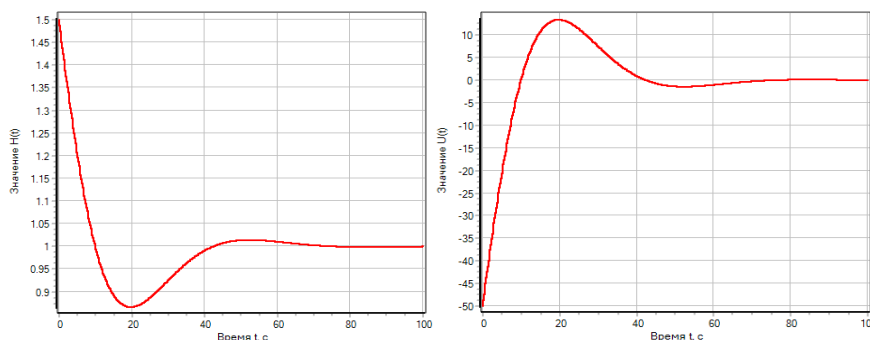


Рис. 6. Результаты моделирования уровня в емкости и напряжение на вентиле

На сегодняшний день заметно активное развитие технологий и технологических систем, для правильной работы которых необходимы тщательный анализ и моделирование. В данной статье рассмотрена работа с математической моделью на примере построения модели системы регулирования уровня жидкости в программном комплексе SimInTech. Практика показывает, что данная программа весьма хорошо приспособлена к решениям задач моделирования и исследованиям технических объектов.

#### Литература

1. Среда динамического моделирования технических систем SinInTech: Практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Б. А. Карташов, Е. А. Шабаев, О. С. Козлов, А. М. Щекатуров. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 424 с.
2. Моделирование систем автоматического управления на основе программы Simulink: методические указания к лабораторным работам / сост. И. Н.Смирнов. – СПбГТУ РП. – СПб., 2012. – 61 с.

УДК 621.45

### **Повышение топливной экономичности дизель-генератора 21-26ДГ при выборе новой формы тепловозной характеристики**

Епишин Алексей Юрьевич, кандидат технических наук,  
ведущий инженер по сборке и испытаниям дизелей и электростанций  
Акционерное общество «Волжский дизель имени Маминых», г. Балаково

*В статье отражены вопросы повышения топливной экономичности тепловозов за счет новой формы тепловозной характеристики. Предложены режимы управления тепловозом 2ТЭ25КМ, при которых достигается топливная*

*экономичность дизель-генератора 21-26ДГ. Выбор режимов управления и умение водить составы поездов – это основа получения топливной экономичности тепловозов.*

В эксплуатации тепловозов особое внимание при ведении поезда по участку обслуживания уделяют топливной экономичности. В процессе работы тепловозов расход топлива зависит от баланса энергии, вырабатываемой в цилиндрах двигателя, подключения вспомогательного оборудования, давления наддува, умения водить поезда по участку обслуживания, а также от массы состава и т. д.

Улучшение работы тепловозных дизелей зависит от выбора области рабочих режимов тепловоза на располагаемом участке пути, где при реализации полученной эффективной мощности тепловоза получается идеальная тяговая характеристика с областью рабочих режимов управления и т. д. [2].

Мерой эффективной работы тепловоза считается сужение и расширение области рабочих режимов дизель-генератора, а именно их выбор или оптимизация. Известно [1], что повышение уровня скоростной характеристики улучшает показатели работы тепловоза за счет повышения эффективной мощности при постоянстве заданной частоты вращения коленчатого вала либо, наоборот, при постоянстве мощности и смене частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора.

Критерием эффективной работы тепловоза, а именно его расхода топлива, считается нахождение по времени дизель-генератора под нагрузкой, а также выбор управления на заданной позиции контроллера машиниста Пк:

$$\frac{d\omega}{dt} = (N_e - N_{\Gamma} - N_{\text{вс}})\omega_d^{-1}\Pi_{ki+1}j_e^{-1}, \quad (1)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность дизель-генератора тепловоза кВт;  $N_{\Gamma}$  – мощность генератора тепловоза кВт;  $N_{\text{вс}}$  – мощность вспомогательных нагрузок кВт;  $J_e^{-1}$  – момент инерции дизель-генератора со всеми вращающимися частями, кг/м<sup>2</sup>.

Сужение области рабочих режимов дизель-генераторов тепловозов не приводит к ухудшению топливной экономичности, а наоборот, ее улучшает. Эффективной работой тепловоза на режимах управления является нахождение дизель-генератора под нагрузкой, причем нагрузка сопровождается увеличением эффективной мощности, а также ростом температуры воздуха во впускном коллекторе и цилиндрах двигателя и т. д.

Повышение топливной экономичности определяется на выбранных режимах контроллера машиниста. Поднимая уровень тепловозной характеристики дизель-

генератора на режимах управления тепловозом, можно повысить топливную экономичность тепловоза до 5 % в эксплуатации.

Универсальная тепловозная характеристика дизель-генератора 21-26ДГ представлена на рис. 1.

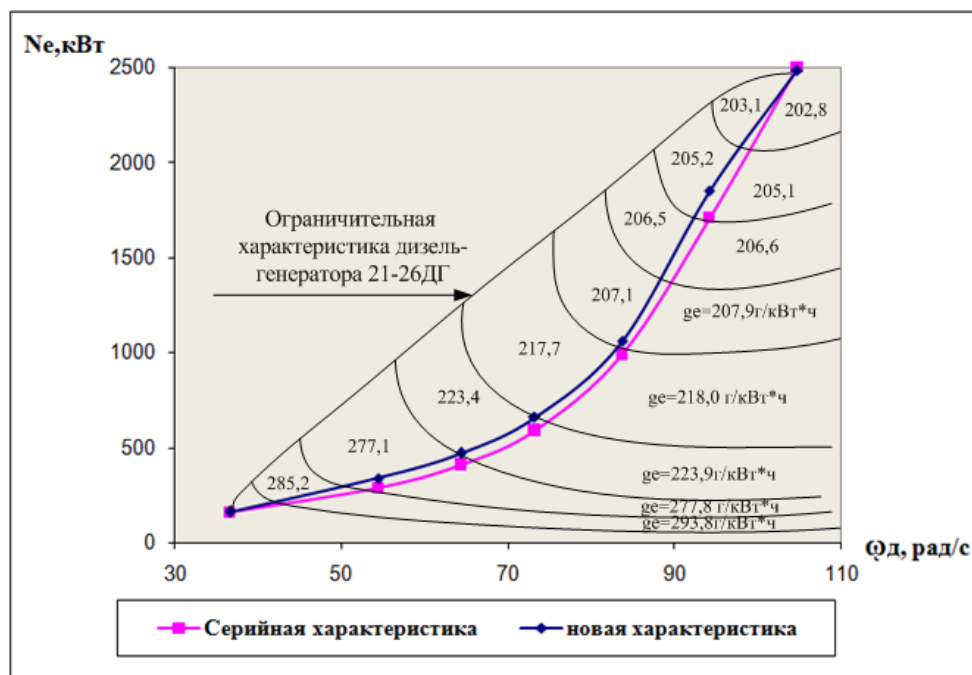


Рис. 1. Универсальная характеристика дизель-генератора 21-26ДГ

При использовании градиентного метода (метода быстрого спуска по характеристике) и выборе режимов управления тепловозом достигается снижение удельного расхода топлива в эксплуатации. Значения эффективной работы дизель-генератора тепловоза определяется по уравнению:

$$\frac{d\omega}{dt}j + \frac{dGe}{dNe}j \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $dGe$  – допустимое изменение удельного расхода топлива, г/кВт\*ч;  $d\omega_d$  – допустимая частота вращения коленчатого вала рад/с;  $dNe_d$  – допустимая эффективная мощность дизель-генератора кВт.

Приращение расхода топлива дизель-генератором определяется:

$$\frac{dbt}{dt} = (dNe + J_d * d\omega_z) / H_u / \eta_i, \quad (3)$$

$$Bm = Bm + dBT_{i+1} * dt, \quad (4)$$

где  $dBT$  – допустимое изменение расхода топлива кг/с;  $H_u$  – низшая теплотворная способность топлива Дж/кг/К;  $dt$  – интервал интегрирования с;  $d\omega_z$  допустимое изменение частоты вращения коленчатого вала рад/с,  $\eta_i$ - индикаторный КПД двигателя.

При расчете расхода топлива на режимах управления задают позиции контроллером машиниста  $П_k$ :

$$П_k = \frac{N_{k+1}}{N_{пк+1} - N_{пкj}}, \quad (5)$$

где  $N_{пк+1}$  – номер позиции контроллера машиниста на последующем шаге управления,  $N_{пкj}$  – режимы позиции контроллера машиниста.

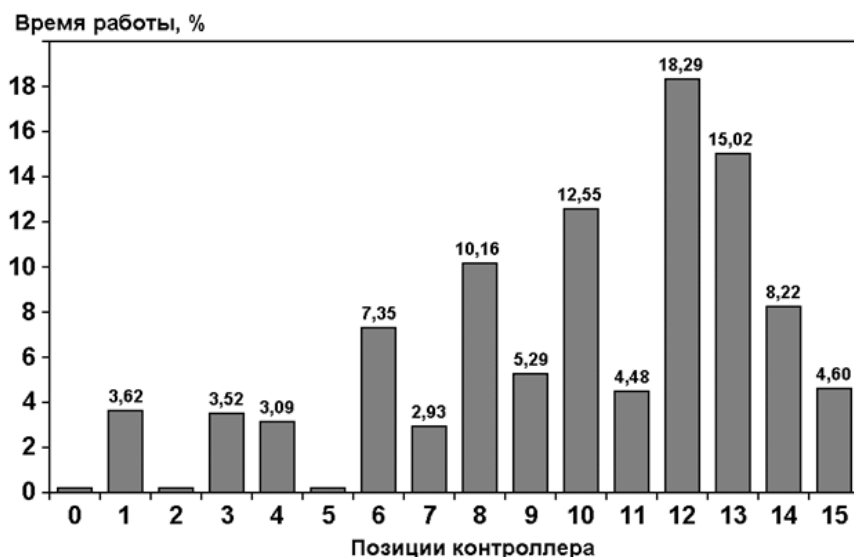


Рис. 2. Диаграмма рабочих режимов тепловоза 2ТЭ25КМ

Для определения плотности распределения работы тепловоза при числе переключений контроллером машиниста требуется задать интервал эффективной мощности, при котором выполняется поездная операция:

$$N_{ei+1} = П_k * dN_{ej}, \quad (6)$$

где  $dN_{ej}$  – эффективная мощность дизель-генератора на текущем шаге регулирования, кВт.

При этом расход топлива на единичном режиме поездной операции зависит от выполненной работы тепловоза  $A_T$ .

$$B_T = A_T / \alpha * \eta i * dN_{ej}, \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Для определения эффективной работы дизель-генератора тепловоза в эксплуатации выбирается единичный набор позиции контроллером машиниста исходя из профиля пути. Режимность контроллера машиниста задается временем переходного процесса и угловой скоростью коленчатого вала. Даже когда переходный процесс дизель-генератора считается затянутым, снижения топливной экономичности,

вызванной показателями нагрузки, тяговыми свойствами, подключениями вспомогательного оборудования и т. д., не наблюдается.

В табл. 1 представлены эксплуатационные показатели работы дизель-генератора тепловоза 2ТЭ25КМ в переходных процессах.

Заключение.

1. Сужение области рабочих режимов тепловозной дизель-генераторной установки в эксплуатации приводит к снижению удельного расхода топлива от 3 до 5 %.

2. Снижение удельного расхода топлива в эксплуатации наблюдается за счет роста нагрузки на дизель-генераторе. По условию работы дизель-генератора на режимах контроллера машиниста тратится больше топлива, а на выбранных режимах с учетом времени приема нагрузки меньше, исходя из закона управления тепловозом.

3. Умение водить поезда на участках обслуживания приводит к снижению удельного расхода топлива в эксплуатации.

Таблица 1

Эксплуатационные показатели работы дизель-генератора 21-26ДГ

Серийная тепловозная характеристика 21-26ДГ					Новая тепловозная характеристика 21-26ДГ				
$\omega_d$ , рад/	104,7	83,7	54,4	36,6	$\omega_d$ , рад/	104,7	83,7	54,4	36,6
$N_e$ , кВт	2500	1687	422	49	$N_e$ , кВт	2500	1710	425	63
$G_B$ , кг/с	4,2	2,6	0,86	0,57	$G_B$ , кг/с	4,2	3,38	1,02	0,62
$\alpha$	2,09	1,92	3,43	9,44	$\alpha$	2,09	2,41	4,35	9,28
$\omega_{TK}$ , рад/	2300	1767,8	543,2	182,1	$\omega_{TK}$ , рад/	2300	1943	568,3	210,8
$\eta_i$	0,47	0,474	0,473	0,371	$\eta_i$	0,47	0,483	0,474	0,371
$V_T$ , кг/с	0,14	0,094	0,024	0,004	$V_T$ , кг/с	0,14	0,0932	0,023	0,005
$P_{вып.к}$ кПа	253,0	165,7	105,8	101,3	$P_{вып.к}$ кПа	262,0	168,7	102,8	101,1

#### Литература

1 Фурьянский, Н. А. Развитие и совершенствование тепловозной тяги / Н. А. Фурьянский. – М.: Транспорт. – 1969. – 304 с.

2 Коссов, Е. Е. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов / Е. Е. Коссов, С. И. Сухопаров. – М.: Интекст. – 1999. – 184 с.

**Разработка автоматизированной системы трехзонного управления  
микроклиматом в помещении БЩУ атомной станции**

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Алемаскина Оксана Павловна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»

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

*В ходе данной работы проведены исследования, в результате которых выявлены основные параметры системы автоматического управления микроклиматом в производственном помещении блочного щита управления (БЩУ) атомной станции, подлежащие контролю и управлению. Проанализированы требования к помещению блочного щита управления и предложена система для поддержания микроклимата на основе приточно-вытяжной вентиляции с трехзонным регулированием параметров.*

Целью работы является разработка автоматизированной системы трехзонного управления микроклиматом в помещении БЩУ атомной станции. Предлагаемое техническое решение позволит поддержать работоспособность, снизить нервно-эмоциональную нагрузку и обеспечить комфорт оперативного персонала в помещении БЩУ. Новизна предлагаемого решения заключается в применении автоматического регулирования температуры и влажности воздуха с использованием приточно-вытяжной вентиляции для трехзонного управления микроклиматом в помещении блочного щита управления атомной станции.

Работа оператора на блочном щите управления (БЩУ), предназначенного для централизованного автоматизированного управления технологическим процессом, является очень ответственной и монотонной, оказывая нервно-эмоциональную нагрузку на оперативный персонал. Эта нагрузка приводит к утомлению и снижению концентрации, что в дальнейшем может привести к неисправимым последствиям. Для поддержания работоспособности оперативного персонала в помещении БЩУ создается оптимальный микроклимат. Поддержание микроклимата в помещении БЩУ Балаковской АЭС в настоящее время осуществляется вручную – путем включения и выключения кондиционерной установки и при помощи системы вентиляции во всем производственном помещении.

На рис. 1 представлена план-схема помещения БЦУ.

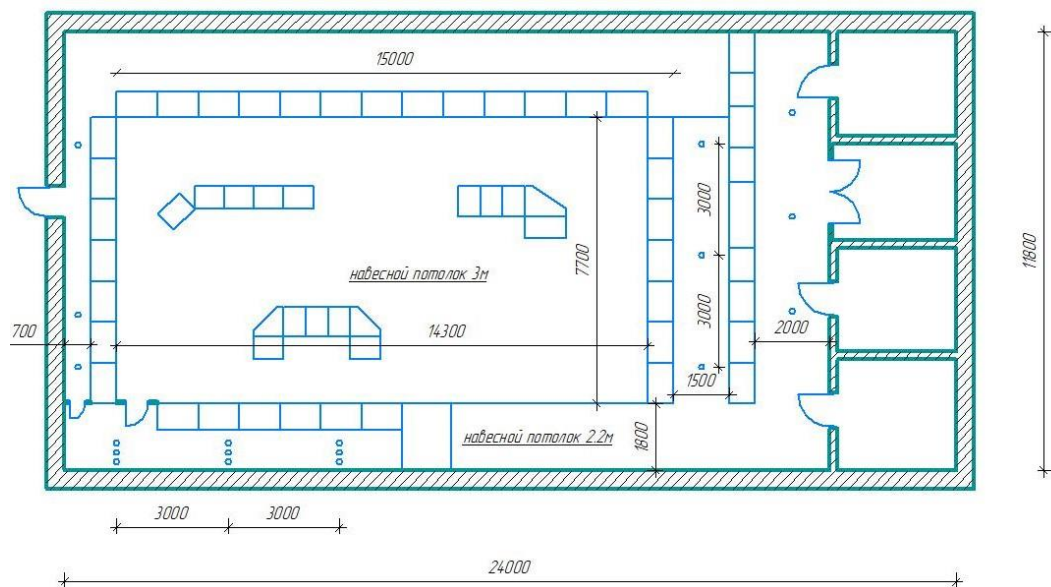


Рис. 1. План-схема помещения БЦУ

Согласно СанПин 2.6.1.24-03 для блочных щитов управления необходимо предусматривать самостоятельные приточные системы с очисткой на аэрозольных и йодных фильтрах на случай радиоактивного загрязнения наружного воздуха и автономные источники воздухообмена при учете возможности появления токсических веществ в наружном воздухе. Эффективность очистки удаляемого воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода должна быть не менее 90 % [2].

Оптимальные параметры микроклимата на БЦУ должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 1, применительно к выполнению работ в холодный и теплый периоды года.

Таблица 1

Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Следует отметить, что в помещении БЦУ предусматривается постоянное присутствие эксплуатационного персонала. В результате исследований работ [4-12] определены параметры, которые необходимо контролировать и регулировать в САР поддержания микроклимата на БЦУ, параметры представлены в табл. 2.



Параметры САР поддержания микроклимата на БЦУ

Параметр	Контроль	Регулирование
Температура воздуха в помещении	+	+
Влажность воздуха в помещении	+	+
Температура наружного воздуха	+	-

Системы приточно-вытяжной вентиляции относятся к вентиляции со сбалансированным обменом входного и удаляемого воздуха. К основным преимуществам таких систем можно отнести:

- высокую эффективность за счет постоянной замены загрязненного воздуха свежим;
- очищение путем фильтрации приточного воздуха, его нагрев, охлаждение и увлажнение;
- абсолютную безвредность материалов изготовления;
- автоматизацию процесса – подача, подготовка и удаление воздуха осуществляется автоматически;
- длительный срок эксплуатации;
- экономичность за счет использования рекуперации тепла.

Рассмотрим цикл работы приточно-вытяжной вентиляционной системы.

Первоначальным этапом является забор воздуха из окружающей среды при помощи работы заслонки приточного воздуха. Далее холодный воздух проходит стадию очистки на аэрозольных и йодных фильтрах, после чего передается на нагреватель, охладитель или увлажнитель по необходимости для обеспечения заданных параметров микроклимата. И после при помощи приточного вентилятора воздух, обретя необходимые параметры, подается в помещение БЦУ. В холодное время года, когда температура воздуха на улице значительно отличается от температуры в помещении, применяют рекуператор. Он необходим для подогрева подаваемого воздуха в помещение за счет отводимого воздуха и позволяет экономить электроэнергию на нагрев.

В то же время из помещения удаляется «отработанный» воздух в таком же количестве для обеспечения баланса давления при помощи вытяжного вентилятора, пройдя при этом стадию фильтрации.

Также система снабжена автоматикой, за счет работы которой подача, подготовка и удаление воздуха осуществляются автоматически. Структурная схема

приточно-вытяжной вентиляции для одного контура управления представлена на рис. 2.

Для автоматизации процесса поддержания микроклимата разработана функциональная схема автоматизации, которая определяет функциональную структуру и объем автоматизации объекта, а также отображает функции системы автоматизации и их взаимосвязь с автоматизируемым объектом. Под объектом автоматизации понимают совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с регулирующими органами.

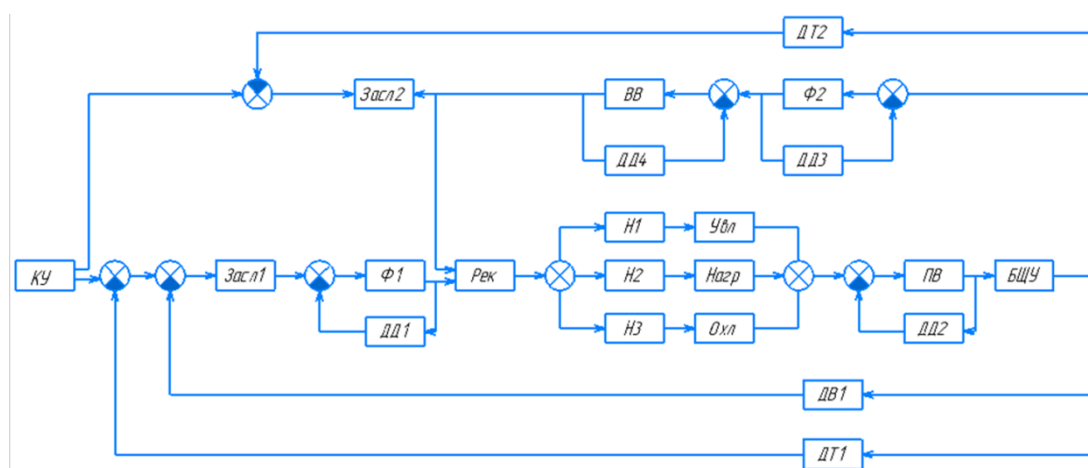


Рис. 2. Структурная схема приточно-вытяжной вентиляции:

*Засл1, Засл2 – воздушные заслонки на входе приточной и выходе вытяжной системы соответственно; Ф1 – фильтр, очищающий поступающий воздух;*

*Ф2 – фильтр, очищающий удаляемый воздух; Рек – рекуператор; Нагр – водяной нагреватель; Охл – фреоновый охладитель; Увл – увлажнитель; ПВ – приточный вентилятор; ВВ – вытяжной вентилятор; Н1, Н2, Н3 – насосы;*

*КУ – микроконтроллер; ДТ – датчик температуры; ДВ – датчик влажности;*

*ДД – датчик перепада давления*

В разрабатываемой автоматизированной системе управления ведется контроль температуры и влажности: в помещении БЩУ, наружного воздуха, приточного и вытяжного воздуха. Регулировка температуры и влажности в помещении осуществляется микроконтроллером, где сигналы сравниваются с заданными значениями и формируются управляющие сигналы на исполнительные устройства водяного нагревателя, фреонового охладителя и увлажнителя, что позволяет держать температуру и влажность в заданном режиме.

Также в системе учтена защита водяного воздухонагревателя от замерзания. Если температура воды в обратном трубопроводе ниже 20 °С, сигнал с датчика поступает на контроллер. Кроме того, здесь имеется защита по температуре воздуха

после воздухонагревателя. Датчик формирует сигнал при температуре 5 °С, который поступает в контроллер и срабатывает сигнальная лампа. При наличии аварийных сигналов происходит остановка вентилятора САР, закрывается воздушная заслонка и полностью открывается клапан обратной связи воздухонагревателя с целью повышения максимального расхода теплоносителя. Поступление холодного воздуха останавливается, а циркуляция теплоносителя через воздухонагреватель продолжается. Отсутствие холодного наружного воздуха снижает теплосъем до минимума, тем самым вызывая увеличение температуры охлажденного теплоносителя. При достижении температуры теплоносителя 50 °С вентилятор включается, заслонка открывается, работа воздухонагревателя восстанавливается. Удаление отработанного воздуха осуществляется вытяжным вентилятором и при открытии воздушной заслонки. В системе предусмотрен контроль положения заслонок, работы вентиляторов при помощи реле перепада давления.

Немаловажным фактором работы на БЩУ АЭС является чистота воздуха в помещении и отсутствие в нем вредных примесей и частиц, обусловленных работой АЭС. В качестве таких частиц могут быть радиоактивные аэрозоли и соединения йода. Вследствие этого в разработанной системе введен контроль состояния фильтров на основе измерения разности давлений до и после фильтра и сравнения его с заданным значением. Контроль параметров осуществляется также при помощи световой сигнализации.

В результате предлагаемое техническое решение позволит автоматизировать регулирование температуры и влажности воздуха для каждого оператора смены БЩУ АЭС, вовремя предотвратить аварии в системе поддержания микроклимата, тем самым позволит поддержать работоспособность, снизить нервно-эмоциональную нагрузку и обеспечить комфорт оперативного персонала в помещении блочного щита управления атомной станции.

#### Литература

1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
2. СанПин 2.6.1.24-03 Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) – М.: Минздрав России, 2003.
3. Организация вентиляции на радиационно опасных предприятиях (производствах) Госкорпорации «Росатом»: Методические указания. – М.: Федеральное медико-биологическое агентство, 2017. – 48 с.

4. Осмонов, Ы. Д. Модель обоснования параметров микроклимата производственных помещений / Ы. Д. Осмонов, Ж. С. Абдимуратов, Г. А. Шабикова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12. – С. 1767-1769.

5. Самарин, О. М. Об упрощенном методе расчета переходных процессов в помещении при автоматическом регулировании систем обеспечения микроклимата / О. М. Самарин, К. М. Мжачих // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 3. – С. 68-70.

6. Чернов, В. Ю. Разработка программного обеспечения устройства контроля микроклиматом в помещении и моделирование его работы / В. Ю. Чернов // Точная наука. – 2021. – № 103 – С. 11–13.

7. Исследование динамических характеристик системы кондиционирования воздуха АЭС: [сайт]. – URL: <https://docplayer.com/42898015-Issledovanie-dinamicheskikh-harakteristik-sistemy-kondicionirovaniya-vozduha-aes.html> (дата обращения: 10.09.2021). – Текст: электронный.

8. Сафронов, А. С. Система кондиционирования динамического микроклимата на тренажёре БЩУ АЭС / А. С. Сафронов, П. А. Комарницкий // Материалы межрегиональной научной конференции «X Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых», Вологодский государственный университет. – Вологда: ВоГУ, 2016. – № 2. – С. 109-113.

9. Костин, В. И. Принципы расчета эффективных энергосберегающих систем обеспечения микроклимата промышленных зданий: специальность 05.23.03 «05.23.03 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Костин Владимир Иванович; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – Новосибирск, 2001. – 345 с.

10. Гаранин, А. В. Разработка систем динамического микроклимата и создание на их основе энергосберегающих режимов работы оборудования: специальность 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гаранин Алексей Валентинович; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2010. – 209 с.

11. Патент № 2253804 С2 Российская Федерация, МПК F24F 5/00 (2000.01), F24F 3/14 (2000.01). Способ и система кондиционирования воздуха: № 2003105367: заявл. 13.02.2003: опубл. 10.06.2005 / Тесленко В. Н.

12. Полезная модель к патенту № 197598 Российская Федерация, МПК G01K 7/00 (2006/01), G01N 27/00 (2006/01). Устройство контроля микроклимата в помещении: № 2019124430: заявл. 29.07.2019: опубл. 15.05.2020 / Ермаков С. Е., Музалев И. В., Гаршин И. В.

УДК 681.51

**Комплекс технических средств автоматизации для управления  
технологическими процессами на АС**

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности  
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье рассмотрены технические средства автоматизации для управления технологическими процессами на атомных станциях. Представлена функциональная структура АСУ ТП АЭС и рассмотрены функции АСУ ТП, дана характеристика подсистем энергоблока атомной станции.*

Безопасная и надежная эксплуатация атомных станций (АС) является в настоящее время первостепенной задачей. Для обеспечения безопасности АС требуется постоянный контроль параметров технологического оборудования с высокой степенью точности и надежности, который осуществляется с помощью технических средств контрольно-измерительной аппаратуры и автоматики. Требования по ядерной и радиационной безопасности распространяются на программно-технические комплексы (ПТК), технические средства автоматизации (ТСА), информационные и управляющие системы атомных станций.

Системы управления и контроля играют важную роль в обеспечении надежной и безопасной работы АС. Автоматизированные системы управления технологическими

процессами (АСУ ТП) служат для решения задач управления технологическими процессами и контроля параметров и режимов работы станции, позволяют повысить надежность и эффективность работы энергоблока и вспомогательного оборудования АС [1].

Технические средства автоматизации и управления (ТСАУ) используются для сбора и преобразования информации о ходе технологического процесса, передачи информации по линиям связи, обработки, хранения информации и предоставления ее оператору.

Комплекс технических средств (КТС) автоматизации предназначен для автоматизации технологических процессов с целью оперативного контроля и управления оборудованием, для регулирования заданных параметров, визуализации и архивирования значений технологических параметров и информации о действиях обслуживающего персонала, защиты от несанкционированного доступа. КТС имеет трехуровневую структуру. Нижний уровень – это средства измерения технологических параметров, исполнительные механизмы, устройства звуковой и световой сигнализации. К среднему уровню относятся программно-аппаратные модули управления и вторичные устройства. Верхний уровень – это автоматизированные рабочие места в комплекте с программным обеспечением.

Комплекс технических средств автоматизации реализует ряд функций:

- автоматика (регуляторы, автоматическое включение резерва);
- технологические блокировки и защиты;
- прием и обработка команд оператора, технологических защит, блокировок, команд устройств логического управления второго уровня и выдача команд на исполнительные механизмы;
- технологическая сигнализация, сигнализация положения запорной арматуры и состояния исполнительных механизмов;
- прием дискретной и аналоговой информации по параметрам технологических процессов;
- контроль за работой устройств управления, защиты и сигнализации [2, 3].

Для выполнения всех необходимых задач, в том числе обеспечения безопасности, структура автоматизированных систем управления включает:

- датчики и исполнительные механизмы;
- средства оперативного и дистанционного управления, блокировок, защит, сигнализации и авторегулирования;
- программно-технические комплексы обработки, хранения и передачи

информации;

- устройства отображения и регистрации информации (вторичные приборы, дисплеи, индикаторы и т. п.);
- средства приема и выдачи информационных и управляющих дискретных сигналов на исполнительные устройства;
- средства электропитания средств АСУ ТП, в том числе устройства пониженного напряжения;
- средства радиационного контроля;
- оборудование и инструменты, необходимые для обслуживания, ремонта и метрологического обеспечения технических средств АСУ ТП [3].

АСУ ТП АЭС предназначены для реализации ряда задач. Информационные задачи представляют собой сбор данных, их обработку и передачу оператору для оценки хода технологического процесса. Управляющие задачи кроме автоматического управления оборудованием в различных режимах (установившихся и переходных) выполняют автоматическое регулирование и оптимизацию технологических процессов.

В ходе ядерно-физического контроля анализируется информация об изменениях мощности ядерного реактора и внутриреакторных процессах, кроме того, производятся оперативные расчеты параметров активной зоны реактора.

Теплотехнический контроль – это сбор информации и проведение расчетов по тепловому циклу технологического процесса (давление, температура и т. п.) и получение сведений о состоянии оборудования (вибрациях, тепловых перемещениях), качестве воды и пара (наличие в них химических компонентов).

В процессе технологического радиационного контроля собирается оперативная информация о состоянии отдельных узлов блока и наличии их повреждения с точки зрения радиационной безопасности (герметичность радиоактивного контура и т. п.).

На рис. 1 представлена функциональная структура АСУ ТП АЭС [2, 3].

В АСУ ТП энергоблока атомной станции входят подсистемы:

- система верхнего блочного уровня (СВБУ) для выполнения общеблочных функций, объединяет все модули АСУ ТП в единую систему управления технологическими процессами энергоблока;
- управляющая система для контроля и управления системами безопасности (УСБТ);
- СУЗ – управляющая система для контроля и управления реактором;
- система для выполнения функций защит и блокировок, автоматизированного и дистанционного управления, технологической сигнализации применительно к

технологическим системам нормальной эксплуатации (СКУ НЭ);

- система для контроля радиационных параметров, их обработки и выдачи обработанной информации (СРК);

- система контроля, управления и диагностики (СКУД) – контроль состояния активной зоны и реакторной установки, формирование сигналов предупредительной и аварийной защиты, диагностика состояния основного оборудования РУ;

- система для автоматического обнаружения возникновения пожара, сигнализации и запуска систем пожаротушения (СКУ ПЗ);

- система для автоматизации задач контроля и управления системами спецводоочистки (СКУ СВО);

- автономные средства для регистрации и хранения информации, необходимой для расследования аварий (СРВПЭ «Черный ящик»);

- система для контроля и управления электрическим оборудованием нормальной эксплуатации (СКУ ЭЧ) и другие.

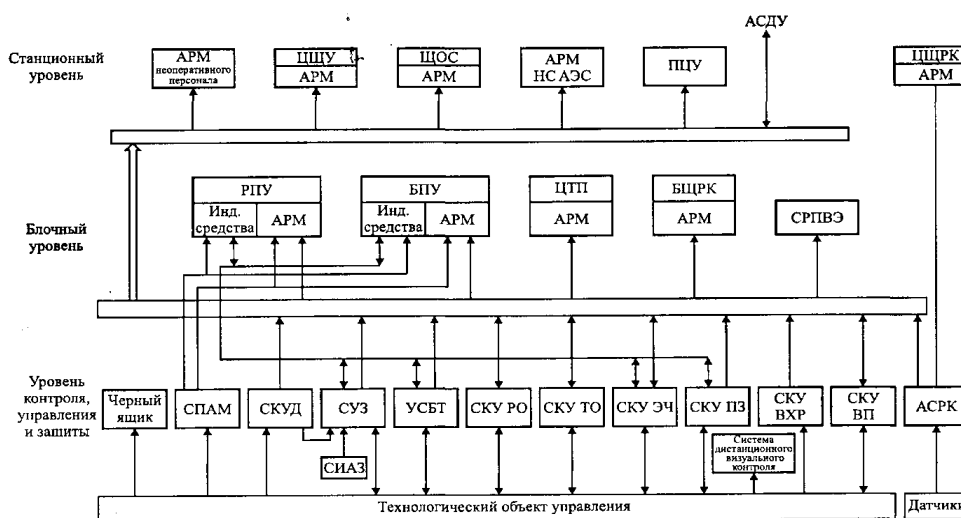


Рис. 1. Функциональная структура АСУ ТП АЭС

Программно-технические комплексы являются микропроцессорными средствами автоматизации для создания автоматизированных систем управления объектами с непрерывным или периодическим характером протекания технологических процессов. ПТК предназначены для автоматического контроля и управления технологическим процессом по заданному алгоритму, для реализации алгоритмов противоаварийной защиты, сбора и обработки данных о состоянии технологического и вспомогательного оборудования в составе АСУ ТП. Программно-технические комплексы включают контроллеры, серверы, рабочие станции, которые составляют различные уровни и подсистемы. Взаимодействие между модулями организуется на каждом уровне.



Унификация применяемого на АЭС оборудования позволяет существенно уменьшить площади, занятые оборудованием систем автоматизации; снизить стоимость прокладки кабелей и монтажа оборудования; повысить быстродействие и другие качественные характеристики АСУ ТП АЭС [3].

#### Литература

1. СТО 1.1.1.01.0678-2015. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций. – ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2015.
2. Атрошенко, Ю. К. Автоматизированные системы управления АЭС: учебное пособие / Ю. К. Атрошенко, Е. В. Иванова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 81 с.
3. Зверков, В. В. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС: монография / В. В. Зверков. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2014. – 560 с.

УДК 629.039.58

#### **Основные типы беспроводных сетей на АЭС**

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В данной статье описаны стандарты беспроводной связи атомных станций. Затронута тема информационной безопасности. Перечислены основные факторы, влияющие на энергопотребление беспроводного сенсорного узла.*

Требования к компьютерной безопасности, предъявляемые регулирующим органом или оператором АЭС, как правило, ограничивают применение беспроводной связи. Например, стандарты ИЕС 62988 и 62645 не допускают использования беспроводной связи в системах 1-й или 2-й степени безопасности. Благодаря использованию воздуха в качестве среды передачи беспроводные сети, естественно, подвержены прослушиванию и вредоносному вводу трафика. Общее требование к

приложению WSN заключается в обеспечении сквозной безопасности и безопасности с одним переходом.

Стандарт IEEE 802.15.4 использует расширенный стандарт шифрования, счетчик с сообщением о цепочке блоков шифрования (AES-CCM) для обеспечения безопасности. Эта спецификация безопасности поддерживает шифрование, авторизацию, целостность пакетов данных и авторизацию для устройств IEEE 802.15.4. IEEE 802.15.4 определяет только процедуры безопасности на уровне канала. Другие стандарты приложений определяют механизмы безопасности верхнего уровня и другие важные механизмы безопасности, не определенные IEEE 802.15.4. Управление ключами на протяжении всего срока службы системы является важным фактором при развертывании беспроводной связи, для которой требуется шифрование в соответствии с требованиями безопасности. Wi-Fi использует различные типы стандартов безопасности, такие как проводная эквивалентная конфиденциальность (WEP)<sup>1</sup>, Wi-Fi защищенный доступ (WPA) и Wi-Fi защищенный доступ версии 2 (WPA2). Эти стандарты безопасности определяют различные механизмы безопасности для предотвращения несанкционированного доступа к сетям стандарта 802.11.

Безопасность беспроводной сети должна быть проверена на соответствие требованиям каждого сайта, чтобы убедиться, что она адекватно решает проблемы безопасности.

Необходимо отметить, что сенсорные узлы, обычно используемые для развертывания WPAN с низкой скоростью, содержат низкоэнергопотребляемые микроконтроллеры, которые также могут быть ограничены в вычислительной мощности. Следовательно, методы безопасности, используемые в традиционных проводных и беспроводных протоколах, не могут быть непосредственно использованы с этими устройствами.

Методы обеспечения безопасности могут использовать преимущества физического уровня с использованием конкретных реализаций кодов проверки четности низкой плотности и кодов исправления ошибок, а также дополнительных методов, таких как методы расширения спектра с перескоком частоты и методы расширения спектра прямой последовательности [1].

Четыре основных типа беспроводной сети описаны в табл. 1. Эти сети разделены на основе их типичного диапазона покрытия. Большинство приложений в среде АЭС будут ограничены локальными и персональными сетями с расстояниями менее 100 м.

Таблица 1

Приблизительный диапазон протяженности для различных типов  
беспроводных сетей

Название сети	Диапазон
Беспроводная персональная сеть (WPAN)	Устройства, работающие на небольшом расстоянии (~10 м)
Wireless local area network (WLAN)	Беспроводные сети в радиусе ~100 м
Беспроводная городская сеть	Беспроводные сети, охватывающие города и мегаполисы
Беспроводная глобальная сеть	Крупномасштабные географические районы

В табл. 2 представлено сравнение диапазона покрытия для IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4 и IEEE 802.11 (беспроводные технологии).

Таблица 2

Сравнение диапазона охвата беспроводных сетей

Технология	Диапазон коммерчески доступных приемопередатчиков		
	Класс мощности	Максимальная мощность передачи	Соответствующий диапазон
IEEE 802.15.1	1	100 МВт (20 дБм)	100м
	2	2,5 МВт (4 дБм)	10 м
	3	1 МВт (0 дБм)	<10 м
IEEE 802.15.4	30-100 м (от -17 дБм до +3 дБм) 1,6 км (+18 дБм)		
IEEE 802.11	100–250 м (для соединений «точка-многоточечная связь») >1,6 км (для междугородних соединений Wi-Fi точка-точка с использованием направленных антенн)		

Дальность беспроводной связи в основном зависит от схемы модуляции, чувствительности приемника и максимальной мощности передачи. Схемы модуляции оказывают значительное влияние на диапазон покрытия беспроводных устройств из-за соответствующего отношения сигнал/шум (SNR). Энергия на бит варьируется в зависимости от различных схем модуляции. Еще одним важным фактором является выходная мощность передатчика. Например, устройство, совместимое с IEEE 802.15.4, обычно работает от батареи и, следовательно, должно оптимизировать максимальную мощность передачи при одновременном увеличении срока службы батареи. IEEE 802.15.4 утверждает, что приемопередатчик должен быть способен передавать на уровне мощности не менее 3 дБм. Как правило, предполагается, что эти устройства будут работать с максимальной выходной мощностью 0 дБм. Коммерчески доступные

приемопередатчики, совместимые с IEEE 802.15.4, могут передавать от -17 дБм до +7 дБм. Типичная дальность действия этих устройств составляет 30-100 м [2].

Существуют три различных аспекта помех, которые необходимо учитывать при оценке беспроводных технологий:

I - помехи беспроводных устройств существующему заводскому оборудованию;

II - взаимодействие беспроводных устройств друг с другом (сосуществование);

III - помехи (преднамеренные или непреднамеренные) другого оборудования беспроводным устройствам. Преднамеренные помехи будут включать устройства для создания помех.

Беспроводные сенсорные узлы могут быть подключены к сети с питанием от источников переменного или постоянного тока. В некоторых случаях, когда физический доступ к сенсорному узлу ограничен или когда невозможно подключить кабели питания к сенсорному узлу, возможными решениями являются батареи или методы сбора энергии (например, солнечная, тепловая или вибрационная). В этих случаях потребление энергии должно быть ограничено для экономии энергии.

Для энергосбережения могут использоваться различные политики энергосбережения, такие как динамическое управление питанием и динамическое масштабирование напряжения. Для большинства ядерных применений ожидается, что батарея будет обеспечивать питание в течение нескольких лет при условии низких скоростей передачи данных (например, передача один раз в час).

Основными факторами, влияющими на энергопотребление беспроводного сенсорного узла, являются зондирование, обработка данных и радиочастотная связь. Радиочастотный приемопередатчик является наиболее энергоемкой подсистемой, и оптимизация работы радиоблока может привести к значительному снижению общего энергопотребления устройства. Как правило, радиоприемник работает в трех различных режимах: передачи, приема и сна. Мощность, потребляемая в режиме приема, может быть равна или вдвое меньше мощности, потребляемой в режиме передачи. Потребляемая мощность в этих режимах обычно составляет порядка милливатт. Устройства могут иметь возможность переходить в спящий режим, когда нет данных для передачи или приема. Энергопотребление в спящем режиме обычно значительно ниже и может составлять порядка микроватт.

Существуют различные модели энергопотребления, которые связывают потребление энергии со скоростью передачи данных и дальностью передачи. Классическая модель энергопотребления показывает, как потребление энергии увеличивается с увеличением скорости передачи данных и расстояния. Фактическое

потребление энергии может варьироваться в зависимости от оборудования; но в целом оно будет увеличиваться с увеличением скорости передачи данных или диапазона покрытия.

#### Литература

1. ГОСТ IEC 61508-3 – 2018 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению: дата введения 2019-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд-во официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 107 с.

2. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен, С. В. Виноградская [и др.]; под ред. М. А. Ястребенецкого. – К.: Основа-Принт, 2011. – С. 254-246.

УДК 004.94

#### **Анализ программных комплексов разработки систем управления для ответственных применений на основе конечных автоматов**

<sup>1</sup>Ковалев Александр Сергеевич, аспирант;

<sup>1,2</sup>Петров Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Системотехника»

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

<sup>2</sup>Институт проблем точной механики и управления – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», г. Саратов

*В статье проведен анализ существующих программных комплексов разработки систем управления для ответственных применений на основе конечных автоматов по критериям: возможность генерации кода, автоматическая генерация тестов, анализ выполнения, имитационное моделирование, управление требованиями, анализ покрытия кода, страна-производитель. Для моделирования системы управления беспилотным летательным аппаратом для мониторинга состояния трубопроводных*

*систем, расположенных в труднодоступных местах, наиболее перспективными определены программные комплексы Rhapsody и SimInTech.*

При транспортировке нефти и нефтепродуктов необходимо обеспечить надежность работы трубопроводных систем. Любая нештатная ситуация может нанести огромный экономический и экологический ущерб. На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (БПЛА) хорошо зарекомендовали себя на мировом рынке геоинформационных услуг [1]. Они помогают повысить экономическую эффективность и способствуют снижению экономических рисков. Аппараты могут использоваться в большом диапазоне температур, в сложных погодных условиях и в труднодоступной местности.

Для повышения эффективности разработки систем управления для ответственных применений (авиационной техникой, медицинским оборудованием, телекоммуникационным оборудованием и др.) необходимо использовать методики разработки на основе конечных автоматов. Критериями эффективности разработки являются сокращение времени разработки и уменьшение количества ошибок за счет возможностей автоматического тестирования. В настоящее время для разработки программного обеспечения используются технологии: Custom Development Method, Rational Unified Process, Microsoft Solution Framework, Extreme Programming, Harmony-SE, Switch-технология, сетей Петри и т. д. [2].

Задачей данного исследования является выбор наиболее перспективной методики и программного продукта для моделирования систем управления БПЛА для мониторинга состояния трубопроводных систем, расположенных в труднодоступных местах.

Рассмотрим реализацию конечных автоматов для моделирования состояния объекта:

1. Switch (реализована в программном комплексе UniMod).
2. SFC (реализована в программном комплексе CodeSys, Step7 и др.).
3. Flowchart (реализована в программном комплексе Simulink).
4. Statechart (реализована в программном комплексе Rhapsody).
5. DataFlow (реализована в программном комплексе SimInTech).

Switch диаграмма предложена А.А. Шалыто в 1991 году [3]. Поведение автоматов задается графами переходов, которые отображают переходы между состояниями. Для программирования системы на этапе проектирования явно определяются все требуемые состояния. После этого необходимо явно определить все

возможные переходы между состояниями и построить программу так, чтобы она не могла перейти в неопределенное состояние.

SequentialFunctionChart (SFC) – диаграмма, описывающая состояния и переходы между ними. Она основана на аппарате сетей Петри и определена в стандарте IES 61131-3, который описывает языки программирования для программируемых логических контроллеров [4]. В каждом состоянии система выполняет подпрограммы с определенными модификаторами.

FlowChart – диаграмма, изображающая процесс, систему или компьютерный алгоритм в виде блок-схемы. Она широко используется во многих областях для документирования, изучения, планирования, улучшения и передачи часто сложных процессов в четких, простых для понимания диаграммах и реализована в среде графического программирования MATLAB Simulink. Он предлагает тесную интеграцию с остальной частью среды MATLAB и может либо управлять MATLAB, либо быть написанным из него сценарием [5].

StateChart – диаграмма UML/SysML, реализованная в среде IBM Rhapsody для задач моделирования и проектирования систем, позволяющая управлять сложными процессами разработки продуктов и систем [6]. Она показывает, как объект переходит из одного состояния в другое. Диаграммы состояний служат для моделирования динамических аспектов системы. Данная диаграмма полезна при моделировании жизненного цикла объекта.

DataFlow – диаграмма, основанная на ориентированных графах, где каждая вершина графа представляет собой оператор или набор операторов, а дуги отражают зависимости вершин по данным. Очередная вершина начинает свое исполнение в тот момент, когда доступны все входные данные. На данной методике была разработана SimInTech – российская система модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления. Программное обеспечение SimInTech состоит из графической среды разработки и исполнительной системы реального времени NordWind. SimInTech – среда создания математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров и графических дисплеев. NordWind – исполнительная система реального времени, которая позволяет запускать сформированные алгоритмы на контроллере. SimInTech предназначается для детального исследования и анализа нестационарных процессов в различных объектах управления [7].

Для выбора программного комплекса разработки систем управления для ответственных применений на основе конечных автоматов будут использованы

следующие критерии: возможность генерации кода, автоматическая генерация тестов, анализ выполнения, имитационное моделирование, управление требованиями, анализ покрытия кода, страна-производитель. Результаты анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение программных комплексов для разработки систем управления

Продукт	UniMod	Rhapsody	Simulink	SimInTech	CodeSys	Суммарный балл
Возможность генерации кода	1	1	1	1	1	5
Автоматическая генерация тестов		1	1	1	1	4
Анализ выполнения		1	1	1	1	4
Имитационное моделирование		1	1	1	1	4
Управление требованиями		1	1	1		3
Анализ покрытия кода		1	1			2
Отечественный производитель	1			1		2
Суммарный балл	2	6	6	6	4	

Анализ показывает, что можно выделить две группы ПО: с наличием анализа покрытия кода и управлением требованиями и без них. При этом этот функционал, как правило, необходим для разработки масштабных систем, требующих больших бюджетов. В связи с этим можно сделать вывод, что для разработки небольших систем с малым бюджетом и небольшой стоимостью владения и эксплуатации системы можно использовать UniMod, SimInTech, CodeSys. В случае, если необходимо разработать масштабную систему, то лучше использовать Rhapsody или Simulink. Для БПЛА наиболее перспективными являются Rhapsody и SimInTech, однако Rhapsody обладает большими возможностями по отладке и верификации программного кода, поэтому в дальнейших исследованиях для разработки систем управления беспилотного летательного аппарата для мониторинга состояния трубопроводных систем, расположенных в труднодоступных местах, будет использована среда разработки IBM Rhapsody.



## Литература

1. Айронян, З. А. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов / З. А. Айронян // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4: [сайт]. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3898> (дата обращения: 24.12.2021). – Текст: электронный.
2. Брагина Т. И. Сравнительный анализ итеративных моделей разработки программного обеспечения / Т. И. Брагина, Г. В. Табунщик // Радиоелектроніка, інформатика, управління. – 2010. – № 2(23): [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyu-analiz-iterativnyh-modeley-razrabotki-programmnogo-obespecheniya> (дата обращения: 24.12.2021). – Текст: электронный.
3. Туккель Н. И. SWITCH-технология – автоматный подход к созданию программного обеспечения «реактивных» систем / Н. И. Туккель, А. А. Шалыто // Программирование. – 2001. – № 5. – С. 45-62.
4. MindSimulation. Применение конечных автоматов для моделирования поведения: [сайт]. – URL: <https://mind-simulation.com/ru/blog/tech/primeneniye-konechnykh-avtomatov-dlya-modelirovaniya-povedeniya.html> (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.
5. MathWorks: [сайт]. – Simulink is for model-based design. – URL: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html> (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.
6. Douglass, B. Harmony aMBSEDeskbook Version 1.00 Agile Model-Based Systems Engineering Best Practices with IBM Rhapsody. – N.Y., 2017. – Pp. 1-16.
7. Справочная система SimInTech: [сайт]. – О SimInTech. – URL: [https://help.simintech.ru/#o\\_simintech/o\\_simintech.html](https://help.simintech.ru/#o_simintech/o_simintech.html) (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.

**Один из способов конструирования станка с числовым программным управлением своими руками**

Корушин Антон Олегович, студент направления

«Электроэнергетика и электротехника»;

Краснолудский Николай Викторович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*Статья посвящена изучению основных принципов построения 3-координатных станков с ЧПУ в домашних условиях с использованием теоретической информации фрезерного станка с ЧПУ. Информация, представленная в статье, наиболее актуальна для тех, кто хотел бы сконструировать свой первый станок с числовым программным управлением своими руками.*

С ранних времен человечество пытается создать различные механизмы, предназначенные для изготовления изделий разнообразной конфигурации. В ходе усложнения геометрических параметров деталей оно было вынуждено модернизировать свою комплементарную инструментальную базу, в результате чего этот процесс дошел до небывалых масштабов. В настоящее время сложно представить промышленное производство без использования различных станков. Изобретение полупроводников, а в дальнейшем и компьютеров внесло серьезный вклад в станкостроение. Благодаря этому событию на свет появились станки с числовым программным управлением. Переход на подобные технологии гарантирует высокую точность изготовления деталей и высокую производительность.

Станки с ЧПУ имеют широкую номенклатуру, например, по характеру выполняемых работ их можно разделить на:

- токарные;
- фрезерные;
- сверлильные;
- координатно-расточные;
- шлифовальные;
- электроэрозионные;
- листогибочные;

- дыропробивные и др.

Одним из немаловажных параметров таких станков является степень свободы – количество комбинаций независимых координат перемещения и (или) вращения, необходимых для описания положения исполнительного инструмента в пространстве [1]. Чем выше этот параметр, тем станок более сложный в производстве и управлении, но при этом он способен производить детали практически любой конфигурации.

В большинстве своем все станки имеют декартовую правую трехосевую систему координат. Система координат является основной расчетной системой станка [2], так как относительно нее происходит движение обрабатывающего инструмента.

Трехосевые станки получили массовое распространение из-за относительной простоты механической части самого станка и себестоимости его комплектующих. На практике данное оборудование можно усовершенствовать добавлением дополнительной оси в виде готового механизма. Примером может послужить дополнительная поворотная ось на трехосевом фрезерном станке с ЧПУ. Благодаря дополнительной поворотной оси станок сможет выполнять операции по обработке детали в радиальной плоскости. Чаще всего оси станков с ЧПУ приводят в движение шаговые или серводвигатели, которые хорошо зарекомендовали себя в качестве основного органа управления осями станка. Трехосевой станок с ЧПУ может заменить практически все обычные станки при наличии соответствующей инструментальной базы. Данный тип станков прост в изготовлении, а его рабочий прототип можно собрать даже в домашних условиях.

Простейший станок с числовым программным управлением состоит из рамы (станины), блока приводов и направляющих и блока управления.

Все начинается с выбора конфигурации станка. Остановим свой выбор на 3-координатном станке. Его кинематика достаточно проста и при этом многофункциональна. Процесс изготовления необходимо начинать с разработки конструкции станины станка, которая в нашем случае была изготовлена из профильных труб 40x20x1,5 и 40x40x2. Соединение профильных труб между собой выполнялось посредством мебельных металлических уголков, которые крепились винтами к элементам станины будущего станка. В результате была собрана станина станка по конструкции аналогичная представленной на рис. 1.

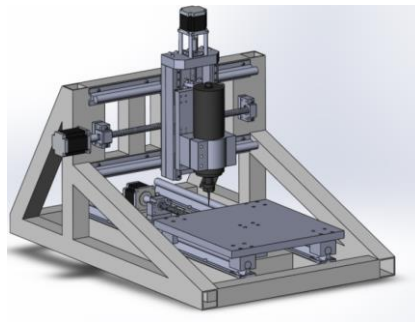


Рис. 1. Станина станка с ЧПУ

Из станины, представленной на рис. 1, были удалены некоторые элементы с целью упростить и облегчить раму станка. В качестве направляющих, вдоль которых перемещаются оси станка, были использованы мебельные шариковые направляющие, которые были модернизированы, так как имели большой люфт. Для снижения значения люфта из направляющей был извлечен первый выдвижной элемент с сепаратором, в который были вставлены металлические шарики. Затем была извлечена вторая секция выдвижного элемента, которая была развернута на 180 градусов и установлена обратно в механизм. Данная доработка позволила получить значительное увеличение жесткости направляющих и практически полностью исключить люфт. Каждая ось станка была оснащена четырьмя такими направляющими. Расположение направляющих выбрано в виде буквы «Г» (рис. 2).

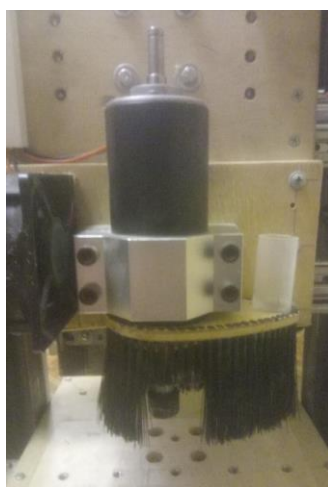


Рис. 2. Расположение направляющих осей станка

В качестве направляющего винта была использована строительная шпилька М8 с шагом резьбы 1,25 мм, под которую были сделаны разрезные гайки из капролона. Поджиманием специально установленными для этого винтами двух половинок гайки производится выбор люфта в винтовой передаче. В качестве привода, приводящего во вращение шпильку осей станка, были использованы шаговые двигатели от старого принтера, имеющие следующие характеристики:

- количество шагов на оборот – 24;
- ток – 0,5 А;
- максимальная частота вращения без потери крутящего момента: 600 об/м в полношаговом режиме работы;
- тип двигателя – биполярный с постоянными магнитами.

Станок был снабжен шпинделем мощностью 500Ватт. Сам шпиндель представлен на рис. 3. Мотор шпинделя – коллекторный. Напряжение питания шпинделя 100В. К шпинделю был приобретен блок питания с возможностью регулировки выходного напряжения от 0-100В. Регулировка осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции. Данный шпиндель был выбран из-за наличия разрезной цанги модели ER11.



*Рис. 3. Шпиндель станка*

Она может зажимать фрезы с диаметром концевика от 1 до 7 мм, что более чем достаточно для выполнения большого количества различных операций от гравировки до резания. Включение и выключение шпинделя выполняется автоматически посредством использования реле, управление которым осуществляет микроконтроллер. Охлаждение шпинделя воздушное – от компьютерного кулера. Все оси станка оснащены концевыми выключателями, по два выключателя на каждую ось. Концевые

выключатели используются для ограничения хода плоскостей станка, а при их срабатывании станок выдает ошибку о слишком больших размерах заготовки.

В качестве блока управления станком был выбран микроконтроллер ATmega328P семейства AVR, имеющий 8-битный процессор и позволяющий выполнять большинство команд за один такт [3].

Основные характеристики контроллера.

Память:

- 32 kBFlash (память программ, имеющая возможность самопрограммирования);
- 2 kB ОЗУ;
- 1 kB EEPROM (постоянная память данных).

Периферийные устройства:

- два 8-битных таймера/счетчика с модулем сравнения и делителями частоты;
- 16-битный таймер/счетчик с модулем сравнения и делителем частоты, а также с режимом записи;
- счетчик реального времени с отдельным генератором;
- шесть каналов PWM (аналог ЦАП);
- 6-канальный ЦАП со встроенным датчиком температуры;
- программируемый последовательный порт USART;
- последовательный интерфейс SPI;
- интерфейс I2C.

Данный микроконтроллер с успехом справляется с управлением координатных осей станка. Управление шаговыми двигателями осуществляется драйвером типа A4988.

Характеристики драйвера:

- напряжения питания: 8-35 В;
- режим микрошага: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16;
- напряжение логики: 3-5.5 В;
- защита от перегрева;
- максимальный ток на фазу: 1А без радиатора; 2 А с радиатором.

Драйвер включается на максимальный шаг деления 1/16, что обеспечивает более высокую точность позиционирования, но при этом на больших скоростях может наблюдаться пропуск шага, который в процессе эксплуатации замечен не был.

Вся электрическая часть станка, за исключением шпинделя, питается от блока питания напряжением 12В. Для улучшения условий контроля работы станка была

установлена подсветка рабочей области. Готовый блок электроники станка представлен на рис. 4.



*Рис. 4. Блок электроники станка*

Прошивка контроллера Grbl 0.9f., которая может быть заменена при необходимости на более новую версию.

Передача G-кода от компьютера на микроконтроллер происходит при помощи проводной связи. Для отправки G-кода на микроконтроллер использовали программу Grbl Kontroller. Данная программа использует файлы форматов nc и spc. Это специальные форматы, имеющие в своем составе набор команд и координат для точного перемещения осей станка. Данные форматы также можно подготавливать в программе ArtCAM. Готовый прототип рабочего станка с числовым программным управлением представлен на рис. 5.

В заключение можно сказать, что при наличии определенной теоретической базы и инструмента изготовить подобный станок в домашних условиях не составляет особого труда. Все комплектующие находятся в легкой доступности и не требуют серьезных вложений.



*Рис. 5. Вид самодельного станка с ЧПУ*

## Литература

1. Устройство и принцип работы станков с ЧПУ: [сайт]. – URL: <https://top3dshop.ru/blog/basics-and-working-principle-of-cnc-machine.html/> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
2. Что такое станок с ЧПУ: [сайт]. – URL: <https://stanokcnc.ru/articles/chto-takoe-standok-s-chpu-ustroystvo-i-printsip-raboty/> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
3. Устройство микроконтроллера ATmega328p [Электронный ресурс] – URL: <https://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.43.013

### **Определение точки безубыточности при эксплуатации газопоршневой мини-ТЭЦ**

Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье описывается вариант оценки экономической эффективности при эксплуатации мини-ТЭЦ с газопоршневыми двигателями. Авторы предлагают в качестве одного из критериев оценки использовать точку безубыточности – минимальную величину дохода, при которой полностью окупаются все издержки.*

Энергетика, являясь одним из приоритетных направлений промышленности страны, требует постоянных денежных инвестиций. С каждым годом их объем возрастает. Это связано не только с постепенным наращиванием мощностей, но и с износом энергетического оборудования, сетей транспортировки энергии.

Одним из перспективных направлений в энергетике является применение мини-ТЭЦ. Мини-ТЭЦ – это электростанция с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии, находящаяся в непосредственной близости от потребителя.



В качестве источника энергии в мини-ТЭЦ используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС): дизельные, газовые и газотурбинные.

Энергия, выделившаяся при сгорании топлива, в ДВС производит механическую работу и теплоту. Механическая работа на валу двигателя используется для выработки электроэнергии генератором электрического тока. Тепло отработавших газов и системы охлаждения двигателя служит для получения горячей воды или пара [1].

Сооружение малых ТЭЦ – одно из перспективных направлений развития малой энергетики в стране, в первую очередь является инвестиционным проектом. Но сегодняшняя ситуация требует уверенности в его эффективности.

Экономическая эффективность инвестиционных проектов оценивается на основании следующих критериев [2]:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности инвестиций (ИД);
- срок окупаемости инвестиций.

Однако также немаловажным фактором при принятии решения о строительстве мини-ТЭЦ может быть и точка безубыточности (точка нулевой прибыли).

Точка безубыточности – минимальный объем производства и реализации продукции, при котором расходы будут компенсированы доходами, а при производстве и реализации каждой последующей единицы продукции предприятие начинает получать прибыль [3].

Для мини-ТЭЦ продукцией является вырабатываемая электрическая и тепловая энергия. При этом количество вырабатываемой энергии зависит от мощности, на которой работает установка: чем выше мощность, тем больше энергии вырабатывает мини-ТЭЦ.

Точка безубыточности в денежном выражении – такая минимальная величина дохода, при которой полностью окупаются все издержки (прибыль при этом равна нулю) [3].

Доход при эксплуатации мини-ТЭЦ определяется как разница между оплатой электро- и тепловой энергии по тарифу от центральных сетей и себестоимостью энергии, получаемой от установки [1].

$$Д = \frac{ЭЭ_{год} \cdot (Тар^{эл} - Себ_{э}) + ТЭ_{год} \cdot (Тар^{тепл} - Себ_{тэ})}{1000}, \text{ тыс. руб.} \quad (1)$$

где ЭЭ<sub>год</sub> – годовая выработка электроэнергии, кВт·ч; Себ<sub>э</sub> – себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч; ТЭ<sub>год</sub> – годовая выработка тепловой энергии, кВт·ч;

Себ тэ – себестоимость 1 кВт·ч тепловой энергии, руб./кВт·ч;  $Tар^{эл}$ ,  $Tар^{тепл}$  – тарифная ставка для оплаты электрической и тепловой энергии от центральных сетей, руб./кВт·ч.

Годовая выработка электроэнергии:

$$ЭЭ_{год} = P_{ср} \cdot T_r, \quad (2)$$

где  $P_{ср}$  – средняя эксплуатационная электрическая мощность установки, кВт;  $T_r$  – максимальное годовое число часов работы.

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии:

$$Себ_{э} = \frac{0,85 \cdot Z}{ЭЭ_{год}} \cdot 1000, \quad (3)$$

где  $Z$  – годовые приведенные затраты, включающие в себя затраты на топливо, эксплуатационные затраты и прочие расходы, тыс. руб.

Годовая выработка тепловой энергии:

$$ТЭ_{год} = 1,3 \cdot P_{ср} \cdot \frac{T_r}{1,92}. \quad (4)$$

Себестоимость 1 кВт·ч тепловой энергии:

$$Себ_{тэ} = \frac{0,085 \cdot Z}{ТЭ_{год}} \cdot 1000. \quad (5)$$

При определении точки безубыточности все затраты делят на постоянные и переменные [3]. К постоянным затратам в данном случае относится заработная плата обслуживающего персонала. Все остальные затраты зависят от мощности установки и являются переменными.

Рассмотрим определение затрат при эксплуатации мини-ТЭЦ [2].

Годовые затраты на топливо.

Расход топлива при определенной электрической мощности можно определить по следующей формуле:

$$G_T = 12,16 + 0,186 \cdot P_{ср}, \quad м^3/час \quad (6)$$

где  $P_{ср}$  – среднеэксплуатационная мощность установки.

Данная формула получена на основе анализа экспериментальных данных, полученных для двигателя 6ЧН 21/21 ГДГ 80 мощностью 500 кВт.

Годовое потребление газа:

$$G_{T_r} = \frac{G_T \cdot T_r}{1000}, \quad тыс. м^3/год \quad (7)$$

Годовые затраты на газ:

$$C_{газ} = G_{T_r} \cdot C_r, \quad тыс. руб./год \quad (8)$$

Годовые затраты на масло:

Расход масла определяется по формуле:

$$G_M = \frac{q_M \cdot P e^{cp} \cdot T_\Gamma}{1000}, \quad \text{кг} \quad (9)$$

где  $q_M$  – норма расхода масла с учетом замены,  $q_M = 0,8$  г/кВт·ч

Годовая стоимость масла:

$$C_M = \frac{G_M \cdot C_M}{1000}, \quad \text{руб./год} \quad (10)$$

Заработная плата персонала:

$$C_{\text{зар}} = \frac{N \cdot \text{Зар. ст.} \cdot 12}{1000}, \quad \text{тыс. руб./год} \quad (11)$$

где  $N$  – количество человек в сутки при трехсменной работе,  $N=4$ ; Зар.ст. – ставка заработной платы, руб./мес.

Затраты на техническое обслуживание (ТО).

Количество ТО в году

$$N_{TO} = \frac{T_\Gamma}{T_{TO}}, \quad (12)$$

где  $T_{TO}$  – периодичность ТО.

Годовая стоимость работ по ТО:

$$C_{\text{раб.ТО}} = \frac{N_{TO} \cdot T_{\text{ср.ТО}} \cdot C_{\text{н.ч.}}}{1000}, \quad \text{тыс. руб./год} \quad (13)$$

где  $T_{\text{ср.ТО}}$  – средняя трудоемкость одного ТО, час.;  $C_{\text{н.ч.}}$  – цена нормо-часа, руб./час.

Годовая стоимость технического обслуживания:

$$C_{TO} = C_{\text{раб.ТО}} + C_{\text{зч.ТО}}, \quad \text{тыс. руб./год} \quad (14)$$

где  $C_{\text{зч.}}$  – стоимость запасных частей и расходных материалов.

Затраты на текущий ремонт.

Количество текущих ремонтов в году:

$$N_{TR} = \frac{T_\Gamma}{T_{TR}}, \quad (15)$$

где  $T_{TR}$  – периодичность TR.

Годовая стоимость работ по TR:

$$C_{\text{раб.TR}} = \frac{N_{TR} \cdot T_{\text{ср.TR}} \cdot C_{\text{н.ч.}}}{1000}, \quad \text{тыс. руб./год} \quad (16)$$

где  $T_{\text{ср.TR}}$  – средняя трудоемкость одного TR,  $C_{\text{н.ч.}}$  – цена нормо-часа.

Годовая стоимость текущих ремонтов:

$$C_{TR} = C_{\text{раб.TR}} + C_{\text{зч.TR}} + C_{\text{комTR}}, \quad \text{тыс. руб.} \quad (17)$$

где  $C_{\text{зч.TR}}$  – стоимость запасных частей для текущего ремонта,  $C_{\text{комTR}}$  – командировочные расходы.

Годовые затраты на эксплуатацию:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{м}} + C_{\text{зар}} + C_{\text{ТО}} + C_{\text{ТР}}, \quad \text{тыс. руб.} \quad (18)$$

Прочие расходы.

Сумма прочих расходов:

$$C_{\text{п.р.}} = C_{\text{м.р.}} + C_{\text{п-н.р.}} + C_{\text{пр.р.}} + C_{\text{стр.р.}}, \quad \text{тыс. руб.} \quad (19)$$

где  $C_{\text{м.р.}}$  – стоимость монтажных работ, 15% от стоимости установки;  $C_{\text{п-н.р.}}$  – стоимость пусконаладочных работ, 5 % от стоимости установки;  $C_{\text{пр.р.}}$  – стоимость проектных работ, 10 % от стоимости установки;  $C_{\text{стр.р.}}$  – стоимость строительных работ (блок-контейнера), 15 % от стоимости установки.

Сумма прочих расходов, отнесенная на 1 год:

$$C_{\text{п.р.г.}} = \frac{C_{\text{п.р.}}}{12}, \quad \text{тыс. руб.} \quad (20)$$

Полные годовые затраты:

$$C = C_{\text{газ}} + C_{\text{э}} + C_{\text{п.р.г.}}, \quad \text{тыс. руб.} \quad (21)$$

Приведенные затраты:

Годовые приведенные затраты:

$$Z = C, \quad \text{тыс. руб.} \quad (22)$$

Как видно из приведенных формул, как доходы, так и затраты зависят от электрической мощности, на которой работает мини-ТЭЦ. Поэтому важным вопросом при проектировании мини-ТЭЦ является определение такой электрической мощности установки, при работе на которой будет достигнута точка безубыточности, то есть затраты на сооружение мини-ТЭЦ будут равны доходам от ее эксплуатации.

## Литература

1. Костин, Д. А. Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности / Д. А. Костин, А. В. Разуваев // Материалы международной научной конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения». – Саратов, 2012. – С. 329-335.
2. Костин, Д. А. Оценка экономической эффективности когенерационной установки для ВУЗа / Д. А. Костин, А. В. Разуваев, Э. Ф. Кочеваткина // Вестник Саратовского государственного технического университета. – Саратов, 2013. – № 4(73). – С. 115-121.
3. Точка безубыточности: [сайт] – URL: [https://www.audit-it.ru/finanaliz/terms/analysis/tochka\\_bezubytochnosti.html](https://www.audit-it.ru/finanaliz/terms/analysis/tochka_bezubytochnosti.html) (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.

**Особенности технологической подготовки серийного  
и мелкосерийного производства и задачи его исследования**

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Хайкова Яна Дмитриевна, студент направления «Машиностроение»;

Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье обосновывается необходимость совершенствования методик проектирования технологических процессов в среднесерийном и мелкосерийном производствах, основанных на анализе производственной ситуации и технологических возможностях оборудования.*

В современных условиях важнейшей задачей является повышение технического перевооружения всех отраслей экономики страны. Машиностроение является основой обеспечения достижения данной задачи. Для решения обеспечения эффективности производства в современных экономических условиях необходимо эффективное использование материальных, интеллектуальных, информационных и временных затрат. Экономические проблемы и спад производства определили необходимость структурной реорганизации отраслей промышленности, поэтому инновационный путь развития должен стать одним из главных путей повышения их эффективности. Таким путём является новый подход к технологии производства – поиск новых форм организации и управления производственными процессами [1].

Многообразие конструкций машин, приборов и оборудования, обусловленное потребностями промышленности, необходимость резкого сокращения сроков их освоения в производстве требуют кардинального изменения существующих методов технической подготовки производства, его технологического совершенствования и оснащённости, которые могли бы обеспечить резкое сокращение сроков и стоимости проектирования и освоения новых изделий, повысить рентабельность производства. Структура управления современными машиностроительными заводами и система технической подготовки производства сложились еще в начале 30-х годов в

конкретных условиях технического уровня заводов, когда номенклатура выпускаемых изделий была относительно небольшой, а сложность сравнительно невысокой [2].

Несмотря на значительное с тех пор изменение характера производства, многократное возрастание сложности изготавливаемых изделий, изменение структуры самих промышленных предприятий, система подготовки производства и оперативного управления предприятиями осталась во многом на уровне тех лет. Освоение производства новых изделий на заводах каждый раз рассматривается как новая технологическая задача: заново разрабатываются технологические процессы, трудовые и материальные нормативы, заново проектируется и изготавливается технологическая оснастка. Все это значительно удлиняет сроки и повышает затраты на подготовку производства, а само производство делает трудноуправляемым. Чем сложнее изготавливаемое оборудование и больше количество вновь осваиваемых изделий, чаще сменяемость их в производстве, тем больше времени отнимает технологическая подготовка и ниже уровень технически обоснованных норм, сложнее становится выбрать экономически целесообразный вариант плана, меньше остается времени на изготовление инструмента и приспособлений [3].

За последние годы значительно повысился технологический и организационный уровень производства, увеличился объем прогрессивных методов получения заготовок и методов обработки металлов, значительно обновился парк оборудования. Однако это не отразилось существенным образом на сокращении сроков и стоимости технологической подготовки производства. Объясняется это тем, что внедрение прогрессивных методов обработки осуществляется, как правило, вне рамок единой системы рациональной организации подготовки производства, которая должна обеспечить не только своевременное освоение новых изделий, но и создать базу для технического прогресса предприятий в части повышения качества продукции, совершенствования технологии и организации производства.

Отдельные, даже очень крупные, как технические, так и организационные мероприятия во многом теряют свою эффективность и не приносят ожидаемых результатов. Отрицательной стороной такой методики внедрения в практику машиностроения организационных и технических мероприятий является и то, что неполучение ожидаемого эффекта при обычно ощутимых материальных и моральных затратах на внедрение указанных мероприятий отождествляется с принципиальной невозможностью его получения, нерациональностью проведения. Более 80 % всей продукции выпускается в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства.

Рыночные условия поставили новые задачи повышения использования производственных фондов и капитальных вложений, оборачиваемости средств, при этом важным аспектом эффективности производства в этих условиях является его способность быстро реагировать на спрос рынка и формировать заказы под технологические возможности своего оборудования. Для этого оно должно быть переналаживаемым, то есть способным путем замены деталей в оборудовании перейти на производство новой номенклатуры. Решение проблемы технологического проектирования в данной работе основано на опытно-статистическом анализе показателей качества и эффективности технологического процесса [1].

Технология как научная дисциплина оперирует большим числом типов технологических процессов, методов и схем обработки, форм организации взаимодействия элементов технологических систем. Используемые в настоящее время принципы технологической подготовки производства и методы проектирования технологических процессов не обеспечивают раскрытия и использования всех потенциальных возможностей оборудования в технологической системе.

Необходимость совершенствования методики проектирования технологического процесса в условиях серийного и мелкосерийного производства обусловлена тем, что используемые в настоящее время методики не учитывают большую степень неопределенности ситуации, определяемую изменением входной информации о свойствах деталей поступающих заказов. С этой целью исследованы частные критерии оценки эффективности, выявлены связи и отношения совокупности свойств деталей и структуры. В условиях серийного и мелкосерийного производства технологическая система и технологический процесс должны быть переналаживаемыми [4]. Это обуславливает актуальность совершенствования методов технологической подготовки производства, основанных на новых принципах и методологии структурной организации технологических процессов. Эти принципы должны обеспечивать эффективность на всех этапах проектирования. Это требует исследования и установления специфики взаимосвязи между этими этапами в условиях многономенклатурного машиностроительного производства.

На рис. 1 представлена принципиальная схема, отражающая принципы ситуационного проектирования, учитывающая взаимосвязь предпроектного, проектного и производственного этапов подготовки производства. Это позволило учитывать изменение как внешних, так и производственных ситуаций.

К технологии процесса обработки предъявляются новые требования по показателям гибкости при условии обеспечения точности, технологической надёжности

оборудования и оснастки. Это позволило обеспечить заданные показатели качества, производительности и повысить показатели эффективности технологического процесса.

Взаимодействие большого числа факторов, влияющих на эффективность технологических процессов, определяют сложность технологического проектирования. Это обуславливает необходимость разработки методов и критериев в условиях изменяющейся номенклатуры деталей [5].



Рис. 1. Взаимосвязь этапов подготовки производства

В заключение необходимо отметить, что применение более совершенных методик подготовки производства, позволяющих при проектировании учитывать особенности технологических процессов в среднесерийном и мелкосерийном производстве, требуют проведения более глубокого анализа производственной ситуации и технологических возможностей применяемого оборудования.

#### Литература

1. Бржозовский, Б. М. Управление процессом формирования структур операций механической обработки по показателю состояния ТС / Б. М. Бржозовский, Л. Я. Кожуховская // Межвузовский сборник «Исследование станков и инструментов для обработки точных и сложных поверхностей». – Саратов, 2003. – С. 22-27.



2. Кожуховская, Л. Я. Структурная организация технологических процессов и систем / Л. Я. Кожуховская. – Саратов: Саратовский государственный технический университет. – 2000. – 160 с.

3. Кожуховская, Л. Я. Повышение эффективности технологических решений путем ситуационного управления процессом формирования структур в условиях многономенклатурного производства / Л. Я. Кожуховская // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2003. – № 7. – С. 23-29.

4. Сидорчик, Е. В. Расширение технологических возможностей обработки деталей на станках с числовым программным управлением в промышленности / Е. В. Сидорчик. – Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6(148). – С. 82-83.

5. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для студентов вузов / А. А. Маталин. – Л., «Машиностроение», 1985. – С. 17-23.

УДК:621.316.004

**Выбор оптимального варианта сети электроснабжения завода  
по производству оборудования для общественного питания**

Малушкин Александр Николаевич, студент направления  
«Электроэнергетика и электротехника»;

Рогова Марина Викторовна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*Статья посвящена выбору оптимального варианта системы электроснабжения промышленного предприятия.*

Оптимальные варианты конфигурации сети передачи электроэнергии должны обладать минимальной протяженностью, иметь схемы подстанций с минимальным набором высоковольтных выключателей, отвечать требованиям надежности электроснабжения.

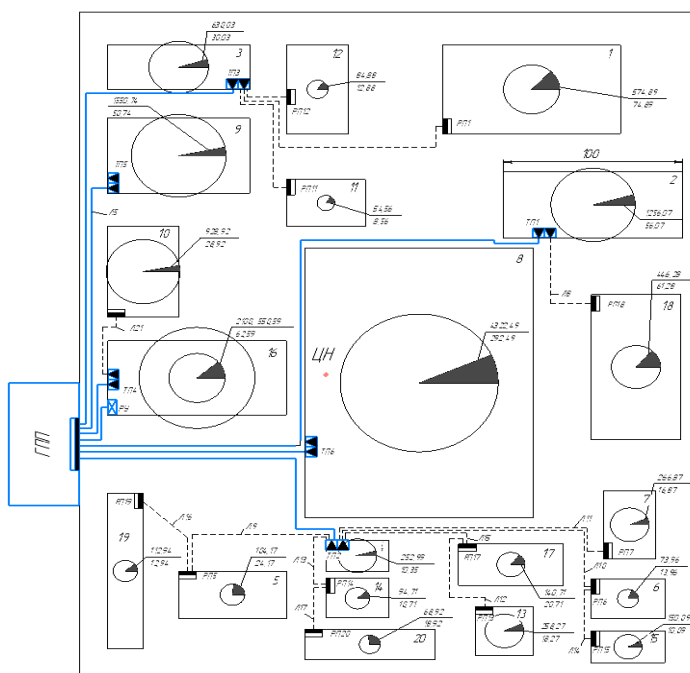
При составлении вариантов конфигурации сети было учтено, что передача электроэнергии по линиям должна осуществляться только в направлении общего

потока энергии от источника питания сначала к ближним и от них к удаленным потребителям, так как передача в обратном направлении приводит к возрастанию протяженности линий, потерь мощности и снижению экономичности.

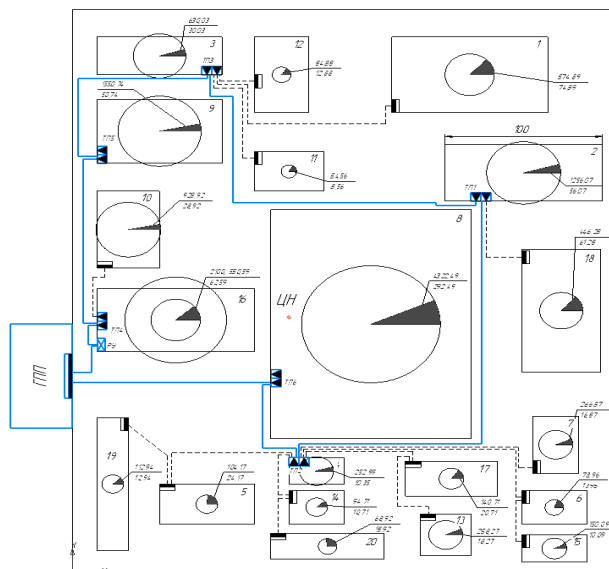
Для сравнительного анализа были составлены четыре варианта конфигурации сети передачи электроэнергии: радиально-магистральная, кольцевая, комбинированная и сложно-замкнутая.

Для обеспечения требований надежности электроснабжения выбраны двухцепные линии к подстанциям, ориентированным на потребителей первой и второй категории (резервированное электроснабжение). Электроснабжение потребителей третьей категории выполнено одноцепными линиями. Трансформаторы подстанций из сравнения были исключены, так как их мощность и тип неизменны для всех вариантов и определяются только мощностями потребителей. Принято допущение, что все линии однородны и выполнены на напряжение 10 кВ. Длина двухцепной линии приведена по стоимости к одноцепному варианту с коэффициентом  $k = 1,5$ . Число выключателей для каждого варианта определено исходя из типа и схемы подстанции. Принято, что стоимость одного выключателя 10 кВ примерно равна стоимости 4 км одноцепной воздушной линии 10 кВ, а эквивалентная длина  $L_{\text{ЭКВ}} = \Sigma L + 4 \cdot \Sigma N$ .

Было выявлено, что наиболее экономичными являются кольцевая и радиальная конфигурации сети: они обладают наименьшей протяженностью. Также они относительно просты в изготовлении и обслуживании. Кольцевая и радиальная конфигурации сети приведены на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Кольцевая и радиальная конфигурации сети:

а – радиальная сеть  $\Sigma L = 1359,5$ ,  $N = 14$ ; б – кольцевая сеть  $\Sigma L = 1414$ ,  $N = 9$

Для выбора наиболее оптимального из этих вариантов были проведены расчеты потокораспределения этих сетей, осуществлен выбор напряжения на участках линии, выбор сечения проводов.

Расчет потокораспределения определяется схемой соединения подстанций потребителей с главной понизительной подстанцией. Для радиальной сети расчетная схема для каждой магистрали представляется прямой, отходящей от центра питания (ГПП), с отводами потоков мощности к подстанциям потребителей, которые показываются стрелками. Точки отвода – цифры, соответствующие номерам подстанций. Под стрелками – мощности подстанций для режима максимальных нагрузок. Между точками отвода – расстояния между подстанциями. Расчет выполняется по первому закону Кирхгофа. Каждая подстанция рассматривается как узел цепи. Расчет начинается с конечного участка магистрали к источнику. Результаты расчета представлены на рис. 2.

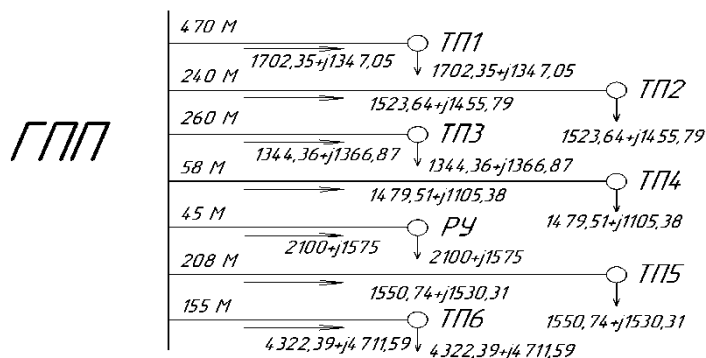


Рис. 2. Результаты расчета потокораспределения радиальной сети

Расчет кольцевой линия сводится к расчету линии с двухсторонним питанием. Для этого «кольцо» условно «разрезают» по источнику питания и разворачивают в линию. В линии с двухсторонним питанием, как и в кольцевой линии, потоки мощности направлены от головных участков к промежуточным. Расчет потоков мощности начинается с одного из головных участков. Результаты расчета представлены на рис. 3.

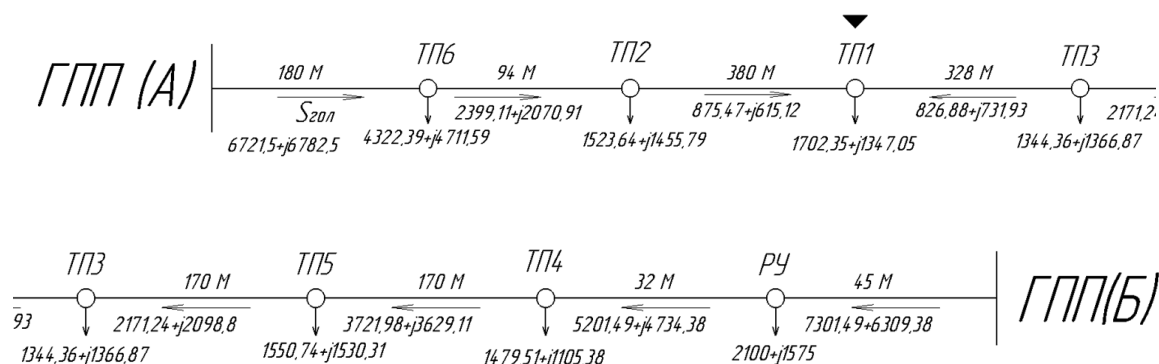


Рис. 3. Результаты расчета потокораспределения кольцевой сети

Выбор напряжения участка должен обеспечить допустимые потери напряжения в конце линии, соответствующие диапазону регулирования устройств РПН трансформаторов подстанций потребителей. Для расчета величины напряжения на участке использована эмпирическая формула Илларионова:

$$U_{\text{ном}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_{\text{ц}}}}} \quad (1)$$

Для всех участков радиально-магистральной и кольцевой линий ближайшим стандартным оказалось напряжение 10 кВ.

Выбор сечения проводов осуществлен по экономической плотности тока.

Для числа часов использования максимальной мощности  $T_{\text{max}} = 4000 > 5000$  для кабеля с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами соответствует экономическая плотность тока  $j_{\text{ЭК}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ . Расчет сечений предполагает расчет токов  $I_{\text{нб}}$  на каждом участке в режиме максимальных нагрузок по величине передаваемой мощности  $S_{\text{уч}}$  и количеству параллельных цепей  $n_{\text{ц}}$  по формуле:

$$I_{\text{нб}} = \frac{S_{\text{уч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n_{\text{ц}}} \quad (2)$$

Потери напряжения оцениваются на каждом участке линии, определяются сопротивлением участка, потоком передаваемой мощности и вычисляются по формуле:

$$\Delta U_{\text{уч}} = \frac{R_{\text{уч}} \cdot P_{\text{уч}} + X_{\text{уч}} \cdot Q_{\text{уч}}}{U_{\text{уч}}} \quad (3)$$

где  $\Delta U_{\text{уч}}$  – потери напряжения на участке, кВ;  $R_{\text{уч}}$  – активное сопротивление участка, Ом;  $P_{\text{уч}}$  – активная составляющая потока мощности на участке, МВт;  $X_{\text{уч}}$  –

индуктивное сопротивление участка, Ом;  $Q_{уч}$  – реактивная составляющая потока мощности на участке, Мвар;  $U_{уч}$  – номинальное напряжение на участке, кВ.

Активное  $R_{уч}$  и индуктивное  $X_{уч}$  сопротивления определяются протяженностью участка  $L$  и погонными параметрами (активного  $R_0$  и индуктивного  $X_0$ ) сопротивлений линии.

Для всех участков радиально-магистральной сети, кроме участка ГПП-6, выбрано ближайшее стандартное сечение  $50 \text{ мм}^2$ , для участка ГПП-6 ближайшее стандартное –  $185 \text{ мм}^2$ .

Результаты расчета потерь напряжения в нормальном и послеаварийном режимах для всех участков радиально-магистральной сети представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1, потери напряжения на участках не превышают допустимых значений. Суммарные потери составили:

$$\Delta U_{\Sigma \text{ном}} = 2,85 + 1,33 + 1,28 + 0,30 + 1,18 + 0,83 + 0,33 = 8,1 \%,$$

$$\Delta U_{\Sigma \text{п/а}} = 5,7 + 2,66 + 2,56 + 0,61 + 2,35 + 1,66 + 0,67 = 16,21 \%.$$

Таблица 1

Результаты расчета потерь напряжения для участков радиально-магистральной сети

Участок	$\Delta U_{\text{ном}}$		$\Delta U_{\text{п/а}}$	
ГПП-1	28,49	2,85	56,98	5,70
ГПП -2	13,29	1,33	26,58	2,66
ГПП -3	12,80	1,28	25,60	2,56
ГПП -4	3,04	0,30	6,08	0,61
ГПП -5	11,77	1,18	23,54	2,35
ГПП -6	8,31	0,83	16,61	1,66

В табл. 2 представлены результаты выбора сечений и результаты расчета потерь напряжения в нормальном и послеаварийном режимах для всех участков кольцевой сети.

Таблица 2

Результаты расчета потерь напряжения для всех участков кольцевой сети

Участок	I	F	$\Delta U_{\text{ном}}, \text{ В}$		$\Delta U_{\Sigma \text{п/а}}, \%$
ГПП-6	551,548	3x185	0,00	28,58	28,58 %
6-2	182,979	185	10,07	10,07	
2-1	61,77433	70	39,26	39,26	
1-3	63,7561	70	42,49	42,49	
3-5	174,3487	185	36,42	36,42	
5-4	300,1309	2x185	85,49	85,49	
4-РУ	406,0782	3x185	27,28	27,28	
РУ-ГПП	557,1356	3x185	44,66	44,66	

По результатам расчета можно сделать вывод, что применение кольцевой сети недопустимо ввиду больших значений тока по одноцепной линии и увеличения сечения этой линии по сравнению с радиальным вариантом, больших потерь напряжения как в нормальном, так и в послеаварийном режимах, что не лучшим образом скажется на качестве, бесперебойности обеспечения электроэнергией потребителей. Наиболее оптимальным является радиальный вариант сети.

#### Литература

1. Наумов, И. В. Проектирование систем электроснабжения: межвузовское учебное пособие для самостоятельной работы студентов / И. В. Наумов, Т. Б. Лещинская, С. И. Бондаренко; под общ. ред. И. В. Наумова. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. – 327 с.

2. Кабышев, А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: учебное пособие / А. В. Кабышев, С. Г. Обухов. – Томский политехнический университет. – Томск, 2005. – 168 с.

3. Хречков, Н. Г. Проектирование сети электроснабжения промышленного района. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу «Электроэнергетические системы и сети» для студентов направления «Электроэнергетика и электротехника» / Н. Г. Хречков. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – 32 с.

### **Анализ режимов работы САР давления в главном паровом коллекторе**

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Свирина Оксана Анатольевна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

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

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

*Проведен анализ режимов работы системы автоматического регулирования давления в главном паровом коллекторе, изучены их функции и проанализированы условия их переключения между собой.*

Главный паровой коллектор (ГПК) – система паропроводов свежего пара, предназначенная для транспортировки насыщенного влажного пара, генерируемого в парогенераторах реакторной установки, к потребителям 2-го контура. Оказывает большое влияние на безопасность протекания переходных и аварийных режимов на блоке.

Назначение системы автоматического регулирования (САР) давления в ГПК:

- поддержание заданного значения давления в ГПК при разогреве и расхолаживании энергоблока, при пуске, подъеме электрической мощности и останове ТГ, в режиме стационарной работы энергоблока в пределах нормальной эксплуатации;
- предотвращение повышения давления в ГПК при сбросах электрической мощности ТГ за пределы нормальной эксплуатации;
- программное изменение заданного значения давления в ГПК при разогреве и расхолаживании энергоблока [1].

В связи с этим в САР давления в ГПК реализованы следующие группы режимов работы:

1) группа режимов «Р1»: РПД – режим поддержания давления и СТР – стерегущий режим;

2) группа режимов «Р2»: Стоп, Разогрев, Расхолаживание 1, Расхолаживание 2.

Переключение между режимами производится исходя из текущих условий функционирования САР. Включение каждого режима напрямую зависит от текущего значения давления пара, положений задвижек БРУ-К, величины скачка мощности и

других параметров [2]. Выбор режима «P1» или «P2» выполняется автоматически независимо от включенного или отключенного состояния регулятора, состояния автоматического «АВТ» или дистанционного «ДИСТ» управления. На рис. 1 представлена диаграмма переключения режимов САР давления в ГПК.

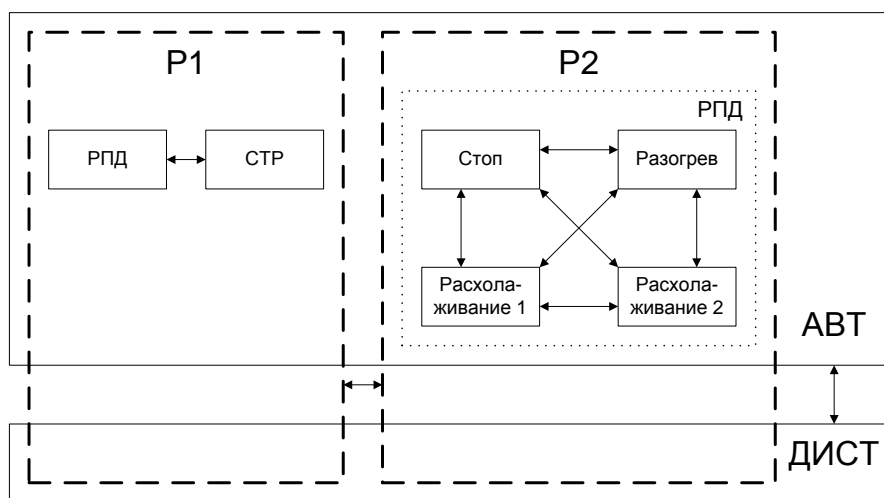


Рис. 1. Диаграмма переключения режимов и состояний САР

В табл. 1 представлены для каждого режима работы САР его назначение и характер заданного значения давления пара.

Таблица 1

Режимы работы САР давления в ГПК

Режим	Функция	Заданное значение давления пара, Рзад
<b>Режим «P1»</b>		
Режим поддержания давления (РПД)	Для поддержания заданного оператором значения давления пара в ГПК	$64 \pm 0,5 \text{ кгс/см}^2$
Стерегущий режим (СТР)	Для осуществления сброса нагрузки, если она превысила 10% от номинальной	Принимается равным текущему значению давления пара при сформированном условии запрета открытия БРУ-К
<b>Режим «P2»</b>		
«Стоп»	Для поддержания давления равным текущему на момент включения режима	Принимается равным текущему на момент включения режима
«Разогрев»	Для разогрева пара в ГПК со скоростью $10 \text{ }^\circ\text{C/ч}$	Рассчитывается по кривой насыщения водяного пара относительно текущего давления, чтобы обеспечивалась постоянная скорость изменения температуры пара в ГПК
«Расхолаживание 1»	Для расхолаживания пара в ГПК со скоростью $15 \text{ }^\circ\text{C/ч}$	
«Расхолаживание 2»	Для расхолаживания пара в ГПК со скоростью $30 \text{ }^\circ\text{C/ч}$	



В режиме «P1» регуляторы БРУ-К должны поддерживать равным нулю рассогласование:

$$\varepsilon_{P2i} = P_{ГПК} - P_{зад} - \alpha_1 \cdot S_i, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{P2i}$  – рассогласование  $i$ -го регулятора БРУ-К;  $P_{ГПК}$  – текущее значение давления пара в ГПК;  $P_{зад}$  – заданное значение давления пара в ГПК;  $S_i$  – положение регулирующего клапана БРУ-К;  $i = 1, 2, 3, 4$  – один из четырех регулирующих клапанов РК БРУ-К;  $\alpha_1$  – настроечный коэффициент.

В режиме «P2» поддерживает равным нулю рассогласование:

$$\varepsilon_{P1i} = P_{ГПК} - P_{зад} + \alpha_1 \cdot \Delta N - \alpha_2 \cdot S_i, \quad (2)$$

где  $\Delta N$  – величина скачка мощности в режиме сброса нагрузки турбогенератора;  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты.

При переходе из режима «P1» в «P2» регуляторы БРУ-К безударно включаются на текущее значение давления в ГПК. В режимах «Разогрев», «Расхолаживание 1», «Расхолаживание 2» заданное значение давления изменяется таким образом, чтобы обеспечивалась постоянная скорость изменения температуры пара в ГПК:

$$P_{зад} = f(T_{расч}), \quad (3)$$

$$T_{расч} = T_{нач} \pm DT, \quad (4)$$

$$T_{нач} = F(P_{нач}), \quad (5)$$

где  $T_{расч}$  – расчетное значение температуры пара;  $T_{нач}, P_{нач}$  – начальные значения температуры и давления пара на момент включения расхолаживания (разогрева);  $DT$  – скорость расхолаживания (разогрева);  $t$  – время, прошедшее с момента включения режима;  $f(T), F(P)$  – функциональные зависимости давления насыщенного пара от температуры и температуры насыщенного пара от давления.

САР давления пара в ГПК переходит в режим «P1» из режима «P2» с выдержкой времени 20 с при одновременном выполнении следующих условий:

- 1) стопорные клапаны турбины открыты;
- 2) выключатель генератора включен;
- 3) полное закрытие всех регулирующих клапанов БРУ-К.

Пуско-остановочный режим «P2» включается:

1) без выдержки времени при отсутствии хотя бы одного условия включения стерегущего режима «P1»;

2) с выдержкой времени 12 с при переходе из стерегущего режима «P1» при одновременном усредненном открытии БРУ-К (четвертая часть суммарного открытия четырех БРУ-К) меньше 25 % и закрытии хотя бы двух СК с разных сторон турбины.

Разогрев прекращается автоматически после достижения номинальной величины давления пара в ГПК  $64 \text{ кгс/см}^2$ , расхолаживание – при снижении задания по температуре пара «Тзад» менее  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В стерегущем режиме «Р1» регулирующие клапаны БРУ-К закрываются и вводится запрет их открытия. Данный запрет снимается в следующих случаях:

- 1) при положении ключа «Разрешение ДУ БРУ-К» и БРУ-К в положении «ДИСТ»;
- 2) при повышении давления пара в ГПК до  $68 \text{ кгс/см}^2$  (в этом случае задание по давлению устанавливается равным  $64 \text{ кгс/см}^2$ );
- 3) при наличии признака «Сброс нагрузки» (в этом случае задание по давлению устанавливается равным текущему значению давления пара в ГПК перед сбросом нагрузки и вводится в обратную связь дополнительная составляющая пропорциональная  $\Delta N$ ).

Составляющая  $\Delta N$  вычисляется по формуле:

$$\Delta N = N(t) - N_{\text{Зад}}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{Зад}}$  – значение текущей заданной мощности, формируемое в СРТ;  $N(t)$  – при появлении признака «Сброс нагрузки» устанавливается равным заданному значению  $N_{\text{эл}}$  перед сбросом нагрузки, затем уменьшается со скоростью  $2 \text{ МВт/с}$ .

В режиме сброса нагрузки производится открытие клапанов БРУ-К пропорционально величине скачка мощности  $\Delta N$ , ограниченного величиной  $40 \% N_{\text{ном}}$ , что вызвано ограниченной производительностью деаэраторов в режиме «холодного питания». Значение  $N(t)$  должно ограничиваться снизу нижней границей регулировочного диапазона. При необходимости снизить нагрузку реактора до нуля (в случае останова блока) безударно вводится задание по давлению  $64 \text{ кгс/см}^2$ . [2]

Анализ режимов работы САР давления в главном паровом коллекторе является актуальной и значимой задачей в рамках образовательного процесса и во время эксплуатации данной системы на АЭС.

#### Литература

1. Раскин, Е. М. Система регулирования давления в главном паровом коллекторе энергоблока АЭС / Е. М. Раскин, Л. А. Денисова, Ж. В. Шипилова // Омский научный вестник. – 2010. – № 3(93). – С. 209-214.

2. Системы цифрового автоматического регулирования: в 19 частях. ТО.1,2.САР.ЦТАИ/04. Часть 11. Система автоматического регулирования давления пара в ГПК. Техническое описание. ТО.1,2.САР.ЦТАИ (11)/04. – 41с.

**Анализ действия и срабатывания блокировок САР давления  
в главном паровом коллекторе**

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Турулин Иван Сергеевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

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

*Проведен анализ работы системы автоматического регулирования давления в главном паровом коллекторе, а также условий срабатывания и действия технологических блокировок, предназначенных для обеспечения нормального функционирования оборудования при изменении режима работы или возникновении локальных нарушений.*

Система автоматического регулирования (САР) давления в главном паровом коллекторе (ГПК) атомной станции предназначена для поддержания заданного значения давления пара в ГПК при разогреве и расхолаживании энергоблока, при пуске, подъеме электрической мощности и останове турбогенератора, в режиме стационарной работы энергоблока в пределах нормальной (безопасной) эксплуатации; предотвращения повышения давления пара в ГПК при сбросах электрической мощности турбогенератора за пределы нормальной (безопасной) эксплуатации; программного изменения заданного значения давления пара в ГПК при разогреве и расхолаживании энергоблока в соответствии с алгоритмом работы САР. Таким образом, система главных паропроводов функционирует в режимах нормальной эксплуатации, нарушениях нормальных условий эксплуатации, при проектных авариях. На рис. 1 приведена функциональная схема САР давления в главном паровом коллекторе [1].

На схеме обозначены:

- К1, К2, К3 – конденсаторы турбогенератора;
- БРУ-К 1, БРУ-К 2, БРУ-К 3, БРУ-К 4 – быстродействующие редуцирующие установки для сброса пара в конденсаторы;

- P1, P2, P3, P4 – регуляторы редукционных установок сброса пара в конденсатор (с каждого регулятора идет управляющий сигнал на соответствующий ему БРУ-К);
- сигнал электрической мощности  $dN$ , необходимый для формирования сигнала ошибки в определенных режимах работы САР;
- сигнал  $P_{зад}$  – заданное значение давления пара, который формируется в зависимости от режима работы системы;
- сигнал УП – сигнал указателей положения регулирующих клапанов БРУ-К.

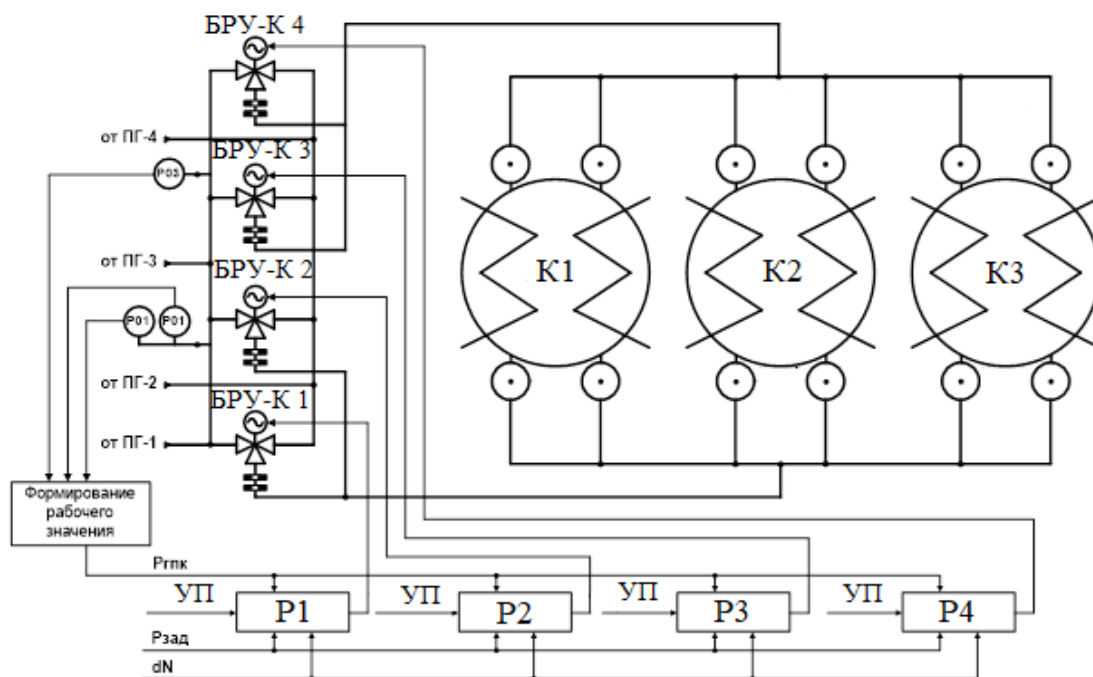


Рис. 1. Функциональная схема САР давления в главном паровом коллекторе

При пусковых, остановочных и аварийных режимах возникает необходимость сброса пара помимо турбины в основной и технологический конденсаторы. При этом приходится снижать давление пара от номинального до более низкого, определяемого расчетным давлением приемника пара. Снижение давления пара происходит за счет его дросселирования. Для более быстрого снижения давления имеются быстродействующие редукционные установки (БРУ), включающиеся в работу за время 3-5 с. Например, БРУ-К – сброс пара в конденсатор, БРУ-А – в атмосферу, БРУ-СН – в коллектор собственных нужд станции.

В режимах нарушения нормальных условий эксплуатации, не связанных с потерей энергоснабжения собственных нужд или запретом сброса пара в конденсатор турбины, при достижении давления во втором контуре уставки открытия срабатывают БРУ-К, обеспечивая при этом поддержание давления в ПГ в заданных пределах. Если

дальнейший рост давления прекратился и давление снизилось до уставки закрытия, то БРУ-К закрываются. При резких изменениях режимов работы оборудования АЭС, которые могут быть вызваны выходом из строя оборудования и устройств автоматики, ошибочными действиями операторов, сильными изменениями нагрузки, управление осуществляется технологическими защитами и блокировками. При этом последние предназначены для обеспечения нормального функционирования оборудования при изменении режима работы или возникновении локальных нарушений в работе оборудования путем включения резервных вспомогательных механизмов либо обеспечения заданной последовательности переключений в процессе управления. Перечень основных блокировок САР в ГПК приведен в табл. 1 [1].

Таблица 1

Перечень основных блокировок САР давления пара в ГПК

Условие блокировки	Действие блокировки	Примечание
Повышение давления пара в конденсаторах турбины более $0,23 \text{ кгс/см}^2$	Принудительное закрытие с запретом открытия регулирующих клапанов (РК) БРУ-К 1 – РК БРУ-К 4 по цепям защит	Действие блокировки снимается при снижении давления пара в конденсаторах турбины менее $0,2 \text{ кгс/см}^2$
Срабатывание защит турбины со срывом вакуума	Принудительное закрытие с запретом открытия РК БРУ-К 1 – РК БРУ-К 4 по цепям защит	
Неоткрытие задвижек через 30 с после подачи команд на их открытие	Принудительное закрытие с запретом открытия РК БРУ-К 1 – РК БРУ-К 4 по цепям защит	
Снижение давления пара в ГПК менее $57 \text{ кгс/см}^2$	Принудительное закрытие с запретом открытия РК БРУ-К 1 – РК БРУ-К 4 по цепям защит	Действие блокировок снимается при повышении давления в ГПК более $59 \text{ кгс/см}^2$
Повышение температуры пара в паросбросном устройстве более $100 \text{ }^\circ\text{C}$	Через 30 секунд с момента формирования сигнала производится принудительное закрытие с запретом открытия соответствующей группы РК БРУ-К 1 – РК БРУ-К 4 по цепям защит	
Повышение давления пара в ГПК более $68 \text{ кгс/см}^2$	По цепям защит выдаются команды принудительного открытия всех РК БРУ-К с запретом их закрытия	Команды снимаются при снижении давления пара в ГПК менее $68 \text{ кгс/см}^2$
Наличие сигнала «Сброс нагрузки», подтвержденного скоростью снижения величины, заданной в электрогидравлической системе регулирования мощности турбины более $50 \text{ МВт/с}$	Принудительно открываются все РК БРУ-К пропорционально величине сброса заданной в ЭГСР мощности (не более $400 \text{ МВт}$ )	

Также стоит отметить, что при эксплуатации системы запрещается:

- повышать давление в паропроводах более  $80 \text{ кгс/см}^2$ ;
- превышать скорость прогрева и расхолаживания паропроводов более  $5 \text{ }^\circ\text{C/мин}$ ;
- производить сброс пара в конденсатор турбины при давлении в нём  $0,23 \text{ кгс/см}^2$  и более.

При обнаружении свищей на неотключаемых участках паропроводов система должна быть введена в ремонт в период, определяемый главным инженером электростанции.

Разрешается работа энергоблока на уровне мощности  $100 \% N_{ном}$  при отказе одного из БРУ-К в течение 72 часов. После истечения 72 часов работы нагрузка энергоблока должна быть снижена до уровня мощности  $90 \% N_{ном}$  до устранения дефекта.

При отказе двух БРУ-К допускается работа энергоблока на уровне мощности  $90 \% N_{ном}$  в течение 72 часов, после чего нагрузка должна быть снижена до  $50 \% N_{ном}$  до устранения дефектов.

При отказе трех БРУ-К допускается работа энергоблока на уровне мощности  $50 \% N_{ном}$  в течение 72 часов. Если по истечении этого времени не удалость устранить дефекты, РУ должна быть переведена в горячее состояние.

В ходе анализа работы системы автоматического регулирования давления в главном паровом коллекторе рассмотрены назначение и особенности функционирования системы главных паропроводов свежего пара, а также выявлены условия срабатывания блокировок, которые предназначены для обеспечения нормального функционирования оборудования при изменении режима работы или возникновении локальных нарушений в работе оборудования, что актуально в рамках образовательного процесса и во время эксплуатации данной системы на атомной станции [2].

#### Литература

1. Системы цифрового автоматического регулирования: в 19 частях. ТО.1,2.САР.ЦТАИ/04. Часть 11. Система автоматического регулирования давления пара в ГПК. Техническое описание. ТО.1,2.САР.ЦТАИ (11)/04. – 41с.
2. Безопасность и автоматические защиты тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС: [сайт]. – URL: <http://tesiaes.ru/?p=13060> (дата обращения: 16.12.21). – Текст: электронный.

**Доработка алгоритма работы блокировки по повышению  
уровня конденсата ПВД**

<sup>1</sup>Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»;

<sup>2</sup>Федоров Константин Петрович, инженер цеха ТАИ участка САР и ДУ

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

<sup>2</sup>Филиал акционерного общества «Концерн Росэнергоатом»  
«Балаковская атомная станция», г. Балаково

*Рассмотрена технологическая схема САР уровня в ПВД, условия срабатывания  
и действия блокировок системы, необходимость в изменении алгоритма и сам  
алгоритм действия блокировки при повышении уровня в ПВД более 5000 мм.*

На Балаковской АЭС находятся в эксплуатации подогреватели высокого давления (ПВД) поверхностного типа. Подогреватели размещены каждый в двух корпусах (А и Б), включенных между собой параллельно по пару, питательной воде и дренажам, и объединены в две группы (6 и 7). Они являются основой системы регенерации высокого давления, которая предназначена для подогрева питательной воды парогенератора до температуры 220 °С (при Nном) паром отборов турбины, что обеспечивает повышение экономичности энергоблока. Смысл регенеративного подогрева питательной воды заключается в том, что пар регенеративных отборов производит работу без потерь тепла в конденсаторе и обеспечивает возврат тепла отработанного пара в цикл энергоблока [1].

Система регенерации высокого давления выполнена двухпоточной, с нагревом воды в двух параллельных группах ПВД последовательно расположенных подогревателей в каждой из групп. Рабочее давление питательной воды в трубных системах определяется полным напором питательных насосов и величиной гидравлического сопротивления тракта. Для защиты подогревателей от недопустимого повышения давления рабочей среды в корпусах предусмотрены предохранительные клапаны. Для обеспечения постоянного оптимального уровня конденсата греющего пара (КГП) в корпусах подогревателей на трубопроводах отвода КГП установлены

регулирующие клапаны (РК). При повышении уровня КГП выше недопустимых величин действием защиты отключается соответствующая группа ПВД.

САР уровня в ПВД предназначена для поддержания заданных уровней КГП в ПВД-6А,Б, ПВД 7А,Б во всех режимах работы ПВД с точностью  $\pm 50$  мм. Заданное значение уровня устанавливается равным текущему значению уровня в момент включения регулятора, но в пределах 4400...4900 мм. Фрагмент технологической схемы представлен на рис. 1.

В режиме нормальной эксплуатации заданное значение уровня в ПВД поддерживается регуляторами в автоматическом режиме на основании формулы (1), а персонал наблюдает за работой САР и при необходимости вносит коррективы. При работе в режимах пуска и останова управление также осуществляется автоматикой и оперативным персоналом. При резких изменениях режимов работы оборудования АЭС, которые могут быть вызваны выходом из строя оборудования и устройств автоматики, ошибочными действиями операторов, сильными изменениями нагрузки, управление осуществляется технологическими защитами и блокировками.

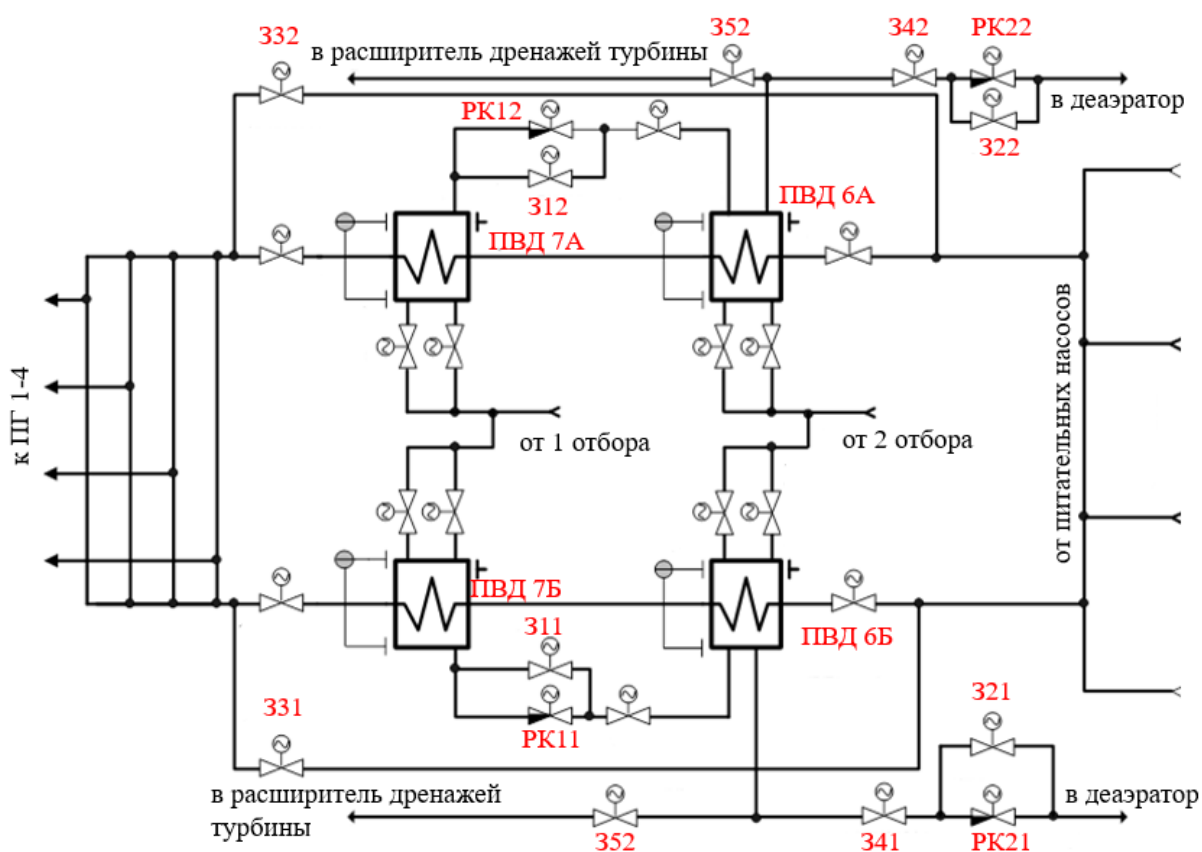


Рис. 1. Фрагмент технологической схемы САР узла ПВД-6,7

При этом последние предназначены для обеспечения нормального функционирования оборудования при изменении режима работы или возникновении



локальных нарушений в работе оборудования путем включения резервных вспомогательных механизмов либо обеспечением заданной последовательности переключений в процессе управления.

Блокировки САР уровня в ПВД представлены в табл. 1 [2].

Таблица 1

Блокировки САР уровня в ПВД

№ п/п	Условия срабатывания блокировки	Действие блокировки
1	Положение регулирующих клапанов РК11, РК12, РК21, РК22 регуляторов уровня в ПВД более 75 % полного хода по указателю положения	Производится импульсное (импульс - 3 с, пауза - 8 с) открытие задвижек 311, 312, 321, 322 на байпасе регулирующих клапанов
2	Положение регулирующих клапанов РК11, РК12, РК21, РК22 регуляторов уровня в ПВД менее 15 % полного хода по указателю положения	Производится импульсное (импульс – 3 с, пауза – 8 с) закрытие задвижек 311, 312, 321, 322 на байпасе регулирующих клапанов
3	Повышение уровня в ПВД более 5000 мм	1. Формируется запрет команд «Убавить» на регулирующие клапаны РК11, РК12, РК21, РК22. 2. Производится «подрыв» задвижек 331, 332 на байпасе ПВД-А (Б) при открытии из закрытого состояния до схода с КВ «Закрыто» (длительность команды «подрыва» ограничена 10 секундами), затем задвижка импульсно открывается (длительность импульса - 3 с, пауза - 8 с)
4	Снижение уровня в ПВД менее 4400 мм	Формируется запрет команд «Прибавить» на регулирующие клапаны РК11, РК12, РК21, РК22.
5	Повышение давления в ПВД-6 более 9 кгс/см <sup>2</sup>	1. Производится «подрыв» задвижек 341, 342 на линии слива КГП в деаэраторы при открытии из закрытого состояния до схода с концевого выключателя «Закрыто» (длительность команды «подрыва» ограничена 10 секундами). 2. При сходе с концевого выключателя «Закрыто» задвижка 341, 342 принудительно открывается непрерывной командой с выдержкой времени 60 с
6	Понижение давления в ПВД-6 менее 8,8 кгс/см <sup>2</sup>	1. Производится «подрыв» задвижек 351, 352 на линии слива КГП в расширитель дренажей турбины при открытии из закрытого состояния до схода с концевого выключателя «Закрыто» (длительность команды «подрыва» ограничена 10 секундами). 2. При сходе с концевого выключателя «Закрыто» задвижка 351, 352 принудительно открывается непрерывной командой с выдержкой времени 60 с
7	Поступление сигнала «Импульсная разгрузка» из ЭЧ СРТ	В регуляторах 1RN11,12C02, 1RN21,22C06 происходит запоминание на 15 секунд текущего значения давления пара в ПВД-6А(6Б) и ПВД-7А(7Б) с последующим безударным переходом на текущее значение давления

Останов энергоблока после срабатывания защиты турбоагрегата по уровню в ПВД вызывает тяжёлый переходный процесс с нарушением пределов безопасной

эксплуатации АЭС. Повышение уровня КГП в подогревателях свыше номинального приводит к значительному ухудшению процесса передачи тепла от пара с отбора турбины питательной воде и вследствие чего – к снижению производительности ПГ. Снижение производительности ПГ приведет к невозможности поддержания заданной электрической мощности. Поэтому блокировка по повышению уровня КГП более 5000 мм играет важную роль при эксплуатации САР уровня в ПВД.

При повышении уровня КГП в ПВД более 5000 мм формируется запрет команд «Убавить» на регулирующие клапаны РК11, РК12, РК21, РК2. При снижении уровня КГП в корпусе ПВД менее 4990 мм запрет команд «Убавить» для соответствующего регулятора снимается. Запрет формируется только при работе соответствующего регулятора в автоматическом режиме. Запрет не формируется при отказе соответствующего датчика уровня в ПВД. Действие данного алгоритма блокировки недостаточно при появлении течи в трубной системе ПВД или некорректной работе регуляторов уровня КГП и других. Возникает необходимость доработки алгоритма блокировки по повышению уровня КГП в ПВД более 5000 мм на энергоблоках 3, 4, аналогичной примененной на энергоблоках 1, 2.

Действие доработанной блокировки:

- при повышении уровня в любом ПВД более 5000 мм производится автоматическое открытие задвижек 331, 332 на байпасе ПВД группы «А (Б)», при этом задвижки открываются автоматически импульсами (длительность импульса открытия изменяется на 10 секунд, а пауза на 5 секунд);

- при снижении уровня КГП в корпусе ПВД менее 4990 мм импульсное открытие соответствующей задвижки прекращается. Дальнейшее управление задвижками 331, 332 осуществляет оператор;

- импульсное открытие задвижек 331, 332 на байпасе ПВД при повышении уровня более 5000 мм производится при введенных в работу блокировках ПВД;

- при дальнейшем росте уровня в КГП ПВД до уставки защит открытие 331, 332 производится непрерывной командой по цепям защит;

- время полного хода арматуры непрерывной командой 90 секунд, при импульсном открытии – 130 секунд.

Выдержкам времени для формирования длительности команд и пауз необходимо придать статус настроечных параметров ТСА. В шкафу КТПС-ПН требуется установить новый БПН-2 и выполнить его обвязку, провести коррекцию алгоритмов и программного обеспечения шкафов ТСА.

## Литература

1. Марушкин, В. М. Подогреватели высокого давления турбоустановок ТЭС и АЭС / В. М. Марушкин, С. С. Иващенко, Б. Ф. Вакуленко. – М.: Энергоатомиздат, 1975. – 136 с.
2. Системы цифрового автоматического регулирования: в 19 частях. ТО.1,2.САР.ЦТАИ/04. Часть 8. Система автоматического регулирования уровня в ПВД. Техническое описание. ТО.1,2.САР.ЦТАИ(8)/04. – 40с.

УДК 621.184.4

### **Анализ режимов работы системы автоматического регулирования давления в деаэраторе атомной станции**

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Юшкова Анастасия Олеговна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

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

*Проведен анализ режимов работы системы автоматического регулирования давления в деаэраторе атомной станции, рассмотрены функциональные схемы и отмечены особенности работы основного и пуско-остановочного регулятора.*

Система автоматического регулирования (САР) давления в деаэраторах атомных станций предназначена для выполнения следующих функций: поддержания заданного значения давления в деаэраторах, повышения давления в деаэраторах при разогреве и снижения давления в деаэраторах при расхолаживании энергоблока. Для реализации этих функций необходимо использовать разные алгоритмы, с помощью которых отрабатывается сигнал рассогласования текущего значения уровня с заданным. В работе проведен анализ всех режимов работы САР давления в деаэраторе на примере Балаковской АЭС с установлением основных функциональных соотношений для регулирующих устройств.

Давление в деаэраторе необходимо поддерживать постоянным. Это связано с тем, что после деаэратора вода, нагретая до температуры насыщения, питательным

насосом подается в питательную магистраль и далее в парогенератор. При резком изменении давления в деаэраторе может произойти вскипание воды, и работа насоса нарушается. Постоянство давления в деаэраторе нарушает оптимальный подогрев питательной воды по ступеням. Но при недогреве воды, идущей в деаэратор, на 8...10 °С это влияние незначительно [1].

Как в большинстве автоматических систем технологического оборудования атомной станции регулирование параметров осуществляется с использованием основного и пуско-остановочного регулятора [2].

Основной регулятор давления деаэратора (ОРДД) поддерживает давление пара в деаэраторах равным  $6 \text{ кгс/см}^2 \pm 0,35 \text{ кгс/см}^2$  в стационарных режимах работы энергоблока – режиме регулирования давления «РПД». На рис. 1 представлена функциональная схема САР с использованием ОРДД. В регулятор поступают сигналы с датчиков давления, расположенных в обоих деаэраторах. Формирование рабочего значения осуществляется по среднему арифметическому показаний исправных датчиков давления ДД1, ДД2, либо при отказе одного из датчика рабочему значению присваивается показание исправного датчика. При отказе обоих датчиков регулятор переводится из автоматического в дистанционное управление. В ОРДД вычисляется рассогласование:

$$\varepsilon = P_{\text{зад}} - P_{\text{тек}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{зад}}$  – заданное значение давления в деаэраторах ( $6 \text{ кгс/см}^2$ );  $P_{\text{тек}}$  – текущее значение давления в деаэраторах.

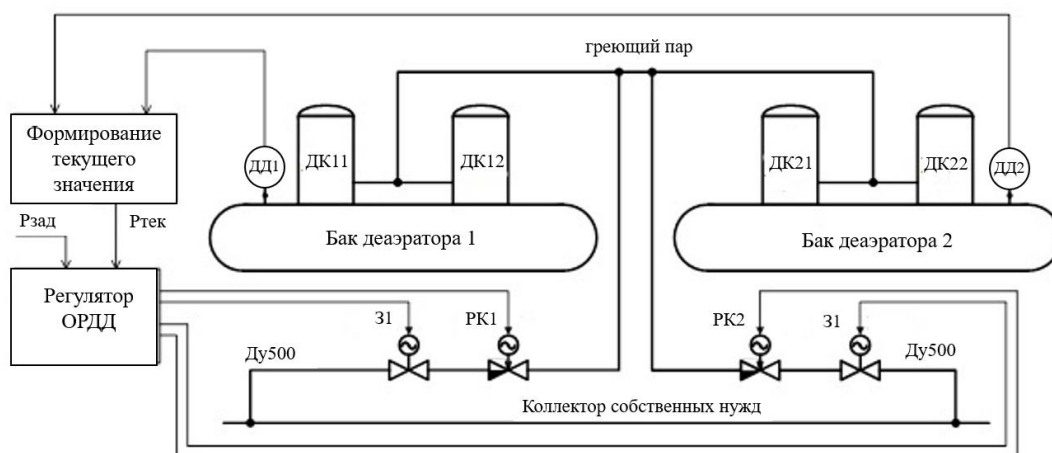


Рис. 1. Функциональная схема САР с использованием ОРДД

При наличии ошибки регулирования формируются дискретные сигналы на регулирующие клапаны РК1, РК2, расположенные на линии подачи греющего пара из коллектора собственных нужд (КСН) в деаэрационные колонки ДК1, ДК2, ДК3, ДК4.

Управление регулирующими клапанами последовательное – «ведомый» клапан открывается только после полного открытия «ведущего» клапана, «ведущий» клапан закрывается только после полного закрытия «ведомого» клапана. При понижении давления в деаэраторах менее  $5 \text{ кгс/см}^2$  разрешается одновременное открытие «ведущего» и «ведомого» клапанов. При повышении давления в деаэраторах более  $6,3 \text{ кгс/см}^2$  разрешается одновременное закрытие «ведущего» и «ведомого».

Управление задвижками 31, 32 осуществляется по командам блокировок и при дистанционном управлении с ключей управления (как и для ПОРДД).

Пуско-остановочный регулятор давления (ПОРДД) работает в трёх режимах:

- в режиме «Стоп» поддерживается давление в деаэраторе, равное текущему на момент включения режима;
- в режиме «Разогрев» и «Расхолаживание» поддерживается давление, соответствующее по кривой насыщения водяного пара текущему заданию по температуре.

Во всех режимах ПОРДД заданное значение давления ограничивается сверху значением  $6 \text{ кгс/см}^2$  и снизу значением  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ , а управляющее воздействие осуществляется на РКЗ (рис. 2, 3).

ПОРДД также обрабатывает рассогласование согласно формуле (1), но заданное значение давления  $P_{зад}$  зависит от режима работы.

На рис. 2 представлена функциональная схема САР с использованием ПОРДД в режиме «Разогрев».

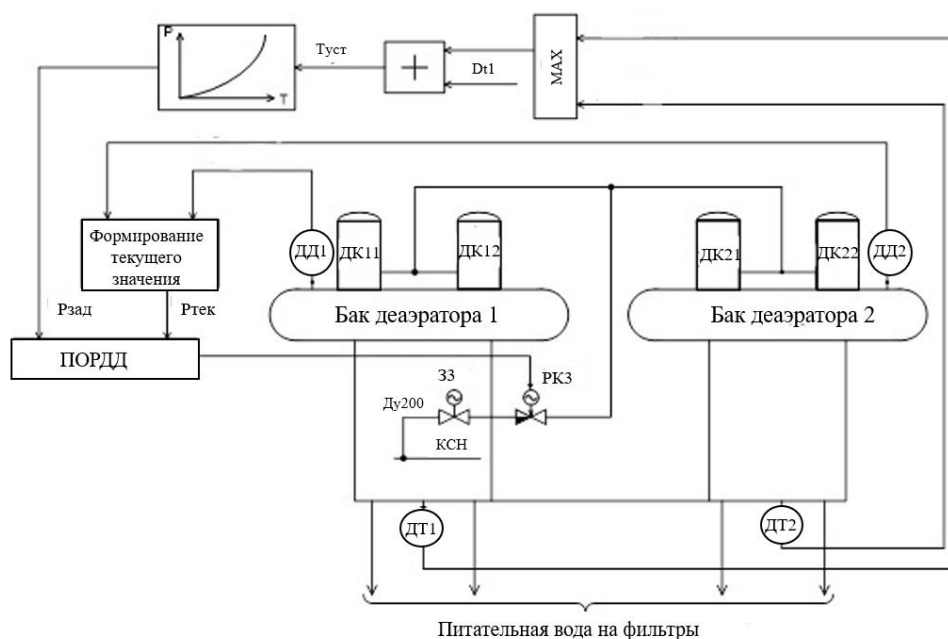


Рис. 2. Функциональная схема САР с использованием ПОРДД в режиме «Разогрев»

В этом режиме заданное значение давления  $P_{зад}$  формируется согласно выражению:

$$P_{зад} = f_{ДТ}(T_{В} + Dt_1) = f_{ДТ}(T_{уст}), \quad (2)$$

где  $T_{В}$  – максимальное значение температуры питательной воды за деаэраторами, выбираемое из показаний двух датчиков температуры ДТ1 и ДТ2;  $Dt_1$  – заданная разность между температурой пара в деаэраторе и температурой питательной воды за деаэраторами;  $f_{ДТ}$  – функция преобразования температуры в давление на линии насыщения.

На рис. 3 представлена функциональная схема САР с использованием ПОРДД в режиме «Расхолаживание». В этом режиме заданное значение давления  $P_{зад}$  формируется согласно выражению:

$$P_{зад} = f_{ДТ}(T_{МАХ} - Dt_2) = f_{ДТ}(T_{уст}), \quad (3)$$

где  $T_{МАХ}$  – максимальное значение температуры теплоносителя в «горячих» нитках ГЦН-1,2,3,4 из реакторного отделения, выбранное из показаний датчиков ДТ3, ДТ4, ДТ5, ДТ6;  $Dt_2$  – заданная разность между температурой теплоносителя в 1-ом контуре и температурой водяного пара в деаэраторах;  $f_{ДТ}$  – функция преобразования температуры в давление по кривой насыщения водяного пара.

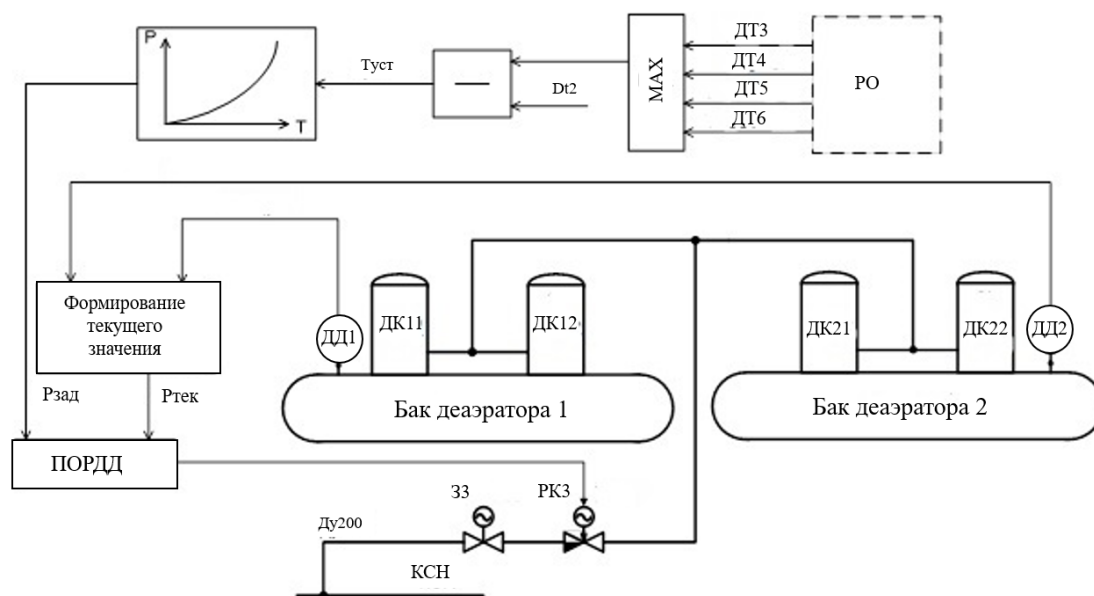


Рис. 3. Функциональная схема САР с использованием ПОРДД в режиме «Расхолаживание»

Регуляторы ОРДД и ПОРДД работают по ПИ-закону с регулированием параметра «после себя». Полный перечень входной и выходной информации для обоих регуляторов представлен в табл. 1.

## Входная и выходная информация регуляторов САР давления в деаэраторе

Регулятор	Входная информация	Выходная информация
ОРДД	1) дискретные сигналы положения БРУ-32 РК1 и РК2; 2) дискретные сигналы состояния концевых выключателей РК1 и РК2; 3) дискретные сигналы концевых выключателей задвижек 31 и 32; 4) аналоговые сигналы давления в деаэраторах с датчиков ДД1, ДД2; 5) аналоговый сигнал положения РК1 и РК2, для контроля исправности клапана и индикации; 6) команды оператора в цифровом виде с АРМ БЩУ и АРМ ИС	1) дискретные команды на открытие/закрытие РК1 и РК2; 2) дискретные команды на открытие задвижек 31 и 32; 3) дискретные сигналы индикации и сигнализации на БЩУ; 4) информационный массив переменных САР, передаваемый на оборудование ВУ
ПОРДД	1) дискретные сигналы положения БРУ-32 РК3; 2) дискретные сигналы состояния концевых выключателей РК3; 3) аналоговый сигнал положения РК3, для контроля исправности клапана и индикации; 4) команды оператора в цифровом виде с АРМ БЩУ и АРМ ИС	1) дискретные команды на открытие/закрытие РК3; 2) дискретные сигналы индикации и сигнализации на БЩУ; 3) информационный массив переменных САР, передаваемый на оборудование ВУ.

Анализ режимов работы САР давления в деаэраторах показал особенности формирования законов ошибок регулирования, выбор исполнительных устройств и датчиков, что актуально в рамках образовательного процесса и во время эксплуатации данной системы на АЭС.

## Литература

1. Юшкова, А. О. Задачи автоматизации деаэратора атомной станции / А. О. Юшкова, Ю. А. Мефедова // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 149-154.

2. Системы цифрового автоматического регулирования: в 19 частях. ТО.1,2.САР.ЦТАИ/04. Часть 8. Система автоматического регулирования давления пара в деаэраторах. Техническое описание. ТО.1,2.САР.ЦТАИ (2)/04. – 43 с.

### **Анализ безопасности в электроэнергетике**

Поспелов Иван Алексеевич, магистрант;

Бубликова Ирина Альбертовна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В работе выполнен анализ динамики травматизма в электроэнергетике в РФ за период с 2000 по 2020 год. Он показал, что травматизм и количество несчастных случаев со смертельным исходом с каждым годом снижается. Однако для улучшения данных показателей и исключения их проявления в большом количестве по стране ставится задача повышения управляемости безопасностью на объектах энергетики.*

Электроэнергетика является достаточно опасным, травматичным и рискованным видом деятельности, от надёжности которой зависит нормальное функционирование предприятий. Поэтому в настоящее время уделяется повышенное внимание вопросу безопасности, актуальность чего подтверждается происходящими трагическими событиями в нашей стране из года в год.

Надёжность работы любого объекта энергетики напрямую зависит от состояния используемого оборудования и правильности его эксплуатации и обслуживания персоналом. Однако в процессе эксплуатации возникают ситуации, которые влекут за собой пагубные для персонала последствия. Степень влияния на человека или группу людей электрического тока, а также серьёзность травмы напрямую зависят от класса напряжения, соблюдения правил безопасности, состояния электрооборудования и места происшествия.

Целью данной работы является анализ динамики травматизма и несчастных случаев (НС) со смертельным исходом (СИ) на электроэнергетических предприятиях в РФ.

В качестве информационного источника использовались сведения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), приведенные в годовых отчетах о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2004-2020 годах по мониторингу количества нарушений и надзорных мероприятий [1].



На основании изученных материалов были построены графики показателей травматизма в электроустановках (рис. 1) и динамики проявления причин НС со смертельным исходом (рис. 2).

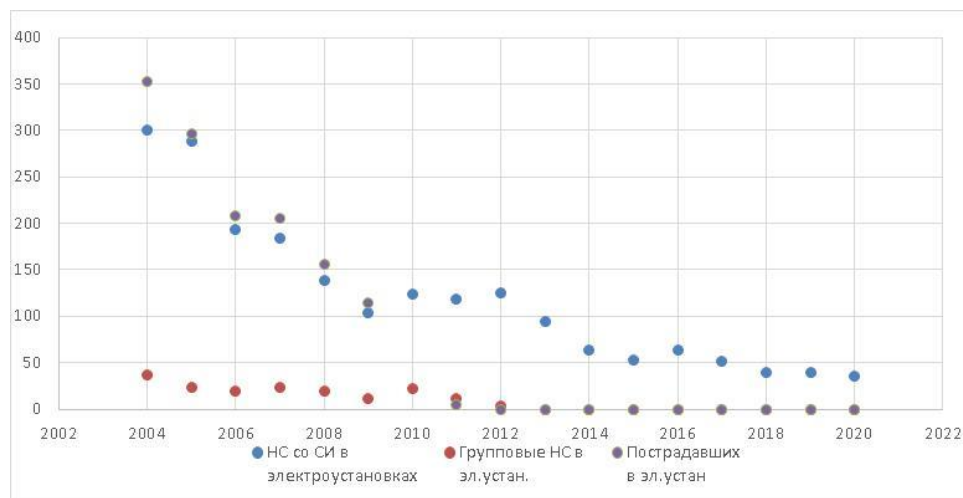


Рис. 1. Показатели травматизма в электроустановках за период с 2004 по 2020 год в Российской Федерации

Проанализировав показатели травматизма с помощью инструментов Microsoft Excel, получили уравнения трендов и коэффициенты детерминации, представленные в табл. 1.

Таблица 1

#### Моделирование трендов

Тип травматизма	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент детерминации
Со смертельным исходом	$y = 1,1663x^2 - 4707,9x + 5E+06$	$R^2 = 0,93$
Групповые НС	$y = 0,1571x^2 - 634,37x + 640305$	$R^2 = 0,89$
Количество пострадавших в электроустановках	$y = 2,5413x^2 - 10247x + 1E+07$	$R^2 = 0,98$

На основании полученных результатов можно утверждать, что тренды всех анализируемых параметров убывающие, с коэффициентом детерминации, характеризующим заметную зависимость их параметров от времени. Можно ожидать, что в ближайшее время будет происходить дальнейшее снижение показателей НС.

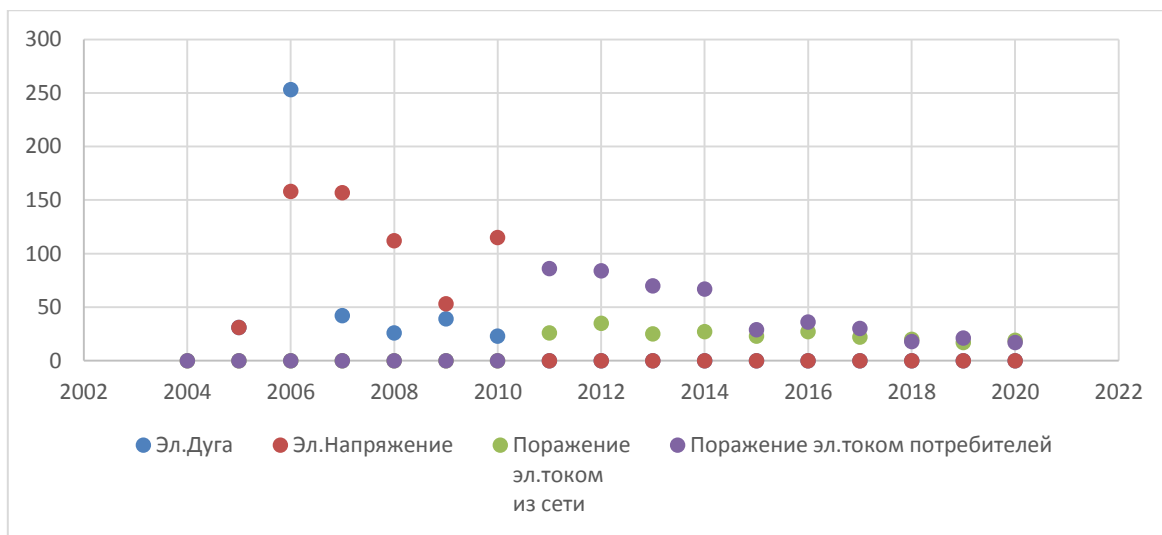


Рис. 2. Динамика проявления причин несчастных случаев со смертельным исходом за период с 2004 по 2020 год в Российской Федерации

Проанализировав динамику проявления причин НС со смертельным исходом, показанную на рис. 2, с помощью инструментов Microsoft Excel мы смогли выявить показатели частоты причин НС, представленные в табл. 2.

Таблица 2

#### Моделирование частоты причин НС

Причина НС	Аппроксимирующее выражение	Коэффициент детерминации	Сила связи
Электрическая дуга	$y = 0,3354x^2 - 1355,1x + 1E+06$	$R^2 = 0,22$	Умеренная
Поражение эл. током потребителей	$y = -0,15x^2 + 596,87x - 593542$	$R^2 = 0,34$	Умеренная
Поражение эл. током от сети	$y = -0,215x^2 + 867,12x - 874104$	$R^2 = 0,63$	Заметная
Электрическое напряжение	$y = -0,8019x^2 + 3228,9x - 3E+06$	$R^2 = 0,44$	Заметная

Из полученных значений коэффициента детерминации следует вывод, что для таких причин травматизма, как электрическая дуга и поражение электрическим током потребителей, имеется умеренно выраженная связь; для поражения электрическим током от сети и от электрического напряжения – заметная связь с  $R^2$  около 0,5.

Следовательно, приведенные выше данные можно рассматривать как вероятностные процессы и характеризовать средним значением и разбросом данных. Полученные статистические характеристики причин НС представлены в табл. 3.

Статистические характеристики частоты проявления причин НС

Причина НС	Среднее значение	Среднее отклонение
Электрическая дуга	24,4	30,0
Поражение электрическим током потребителей	36,8	45,7
Поражение электрическим током от сети	14,2	11,0
Электрическое напряжение	26,9	23,7

Представим данные в виде столбчатой диаграммы (рис. 3).

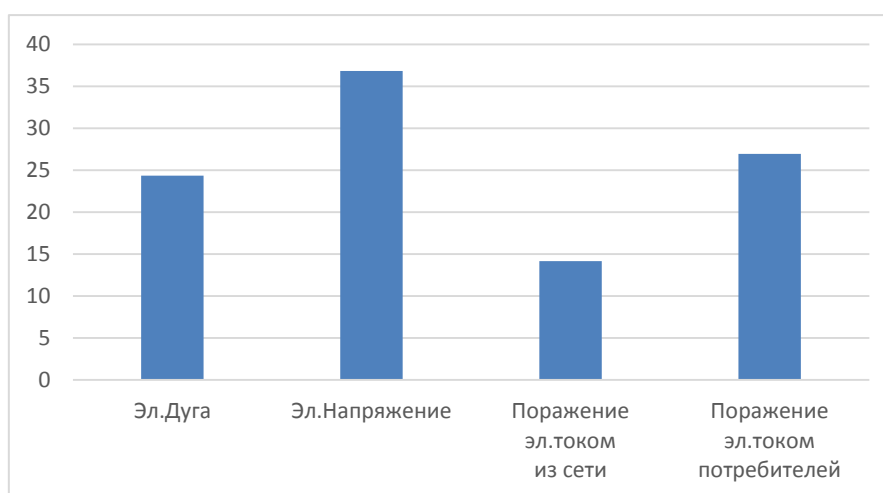


Рис. 3. Средняя многолетняя частота проявления причин НС

Таким образом, несмотря на большой разброс значений показателей по годам, причинами несчастных случаев чаще всего являются электрическое напряжение; несколько реже – поражение электрическим током потребителей и электрическая дуга; реже всего – поражение электрическим током из сети.

Далее по статистическим данным Ростехнадзора было выявлено, что в Российской Федерации (РФ) в период с 2000 по 2021 год общее число несчастных случаев со смертельным исходом в электроэнергетике составило 4327 случаев. Распределение данного показателя по годам представлено на рис. 4.

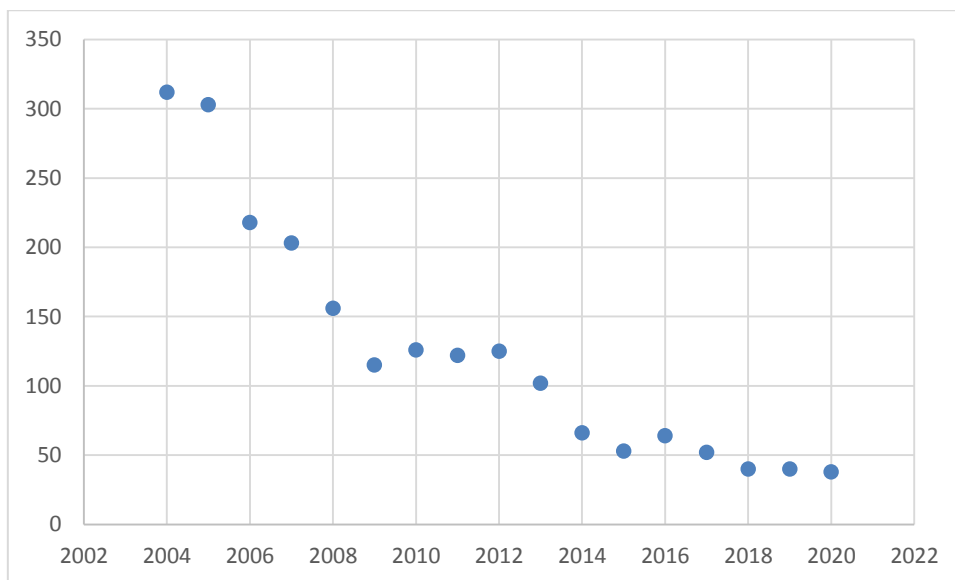


Рис. 4. Динамика НС со смертельным исходом по Российской Федерации за 2000-2020 гг.

Динамика показателя аппроксимируется выражением:

$$y = 1,2454x^2 - 5027,4x + 5E+06 \quad (1)$$

с коэффициентом детерминации:

$$R^2 = 0,95.$$

$R^2$  близок к 1, что позволяет утвердительно говорить о дальнейшем снижении показателя по полученному уравнению. Необходимо отметить, что такое снижение показателя смертности происходит на фоне увеличения генерации электроэнергии.

Учёт полученного опыта, формирование культуры безопасности, современные подходы мотивации персонала к соблюдению правил безопасности, а также использование более надёжного электрооборудования позволило достичь такого результата.

Однако только за сентябрь 2021 г. на объектах энергетики России зарегистрировано 7 несчастных случаев со смертельным исходом. Это, несомненно, подтверждает актуальность управления безопасностью. Поэтому, несмотря на благоприятно сложившуюся тенденцию динамики показателей безопасности в области энергетики, поставлена задача снижения числа НС и случаев со смертельным исходом до нуля.

Для достижения этой цели можно воспользоваться подходом, который предлагается компанией Vision Zero, что в переводе означает «нулевой травматизм».

Концепция данной организации – это качественно новый подход к организации профилактики травматизма и заболеваемости работников, объединяющий три направления – безопасность, гигиену труда и благополучие работников на всех уровнях

производства [2]. Суть концепции состоит в том, что несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания не являются ни предопределёнными, ни неизбежными – у них всегда есть причины. Благодаря формированию активной культуры профилактики эти причины можно устранить, а вызываемые ими несчастные случаи на производстве, травмы и профессиональные заболевания можно предотвратить. За счёт своей гибкости данную идею можно адаптировать к конкретным задачам в области профилактики, касающимся безопасности, гигиены труда и благополучия работников в любом конкретном случае, на любом месте работы, на любом предприятии, в любой отрасли.

В Vision Zero были сформированы семь «золотых правил» концепции «нулевого травматизма»:

- 1) Стать лидером – показать приверженность принципам.
- 2) Выявлять угрозы – контролировать риски.
- 3) Определять цели – разрабатывать программы.
- 4) Создать систему безопасности и гигиены труда – достичь высокого уровня организации.
- 5) Обеспечивать безопасность и гигиену на рабочих местах при работе со станками и оборудованием.
- 6) Повышать квалификацию – развивать профессиональные навыки.
- 7) Инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия.

В дальнейшей работе планируется разработка мер по применению этого подхода на объектах атомной энергетики.

#### Литература

1. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: [сайт]. – URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_report/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_report/) (дата обращения: 11.12.2021). – Текст: электронный.
2. Официальный сайт Vision Zero: [сайт]. – URL: <https://visionzero.global/ru> (дата обращения: 11.12.2021). – Текст: электронный.

### **Анализ эффективности применения систем утилизации**

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Атомная энергетика»

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

*В работе рассматривается эффективность применения систем утилизации вторичной теплоты, отводимой от двигателя внутреннего сгорания.*

Повышение топливной экономичности энергетических силовых установок с дизельным приводом за счет полезного использования отходящей теплоты приобретает с каждым днем все большую актуальность. В последнее время возрастает число расчетно-теоретических исследований и публикаций в отечественной и зарубежной технической периодике, посвященных вопросам использования вторичных энергоресурсов ДВС в виде отвода тепла с выхлопными газами и охлаждающими жидкостями [1].

Имеющиеся данные по этому вопросу – как теоретические, так и реально воплощенные в металле – свидетельствуют о достаточно эффективном мероприятии – использовании вторичных энергоресурсов ДВС.

В качестве примера можно привести проект, реально воплощенный в жизнь, а именно построенный в Англии теплоэнергетический комплекс для обслуживания населенного пункта с населением в 25 тысяч человек с жилыми, производственными, культурными, коммунальными и другими службами.

Этот комплекс введен в действие в 1965 году, оборудован системой утилизации теплоты отработавших газов и охлаждающей воды, имеющей температуру 122...127 °С, а также имеет тепловые аккумуляторы для покрытия пиковых тепловых нагрузок. Первая очередь строительства предусматривала общую установленную мощность дизель-генераторов 8500 кВт и состояла из четырех V-образных 12-цилиндровых четырехтактных дизелей с газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, мощностью 2252 кВт каждый при 428 об/мин. Диаметр цилиндров – 381 мм, ход поршня – 487 мм. Вторая очередь строительства силовой части: мощность установки доведена до 22...24 Мвт.

Отработавшие газы из каждого двигателя проходят через индивидуальные котлы – утилизаторы, каждый из которых может дать 1850 кг/час пара давлением до 5 атмосфер. При этих условиях полезно используется до 50 % теплоты отработавших газов. Для охлаждения двигателей применяется высокотемпературная система охлаждения с внешним парообразованием, имеющая следующие параметры: давление пара 2,15 ата с температурой 122 °С, температура на выходе из двигателя 127 °С.

При полной мощности двигателей теплоотвод в охлаждающую воду составляет 420 000 ккал/час от каждого. Эта теплота преобразуется в теплоту пара, общее количество которого составляет 3200 кг/час. Таким образом, общая паропроизводительность системы утилизации при полной мощности двигателей составляет 10600 кг/час (~ 0,86 кг/элс ч) [2].

В качестве примера использования на судах систем утилизации рассмотрим двухвальную дизельную установку одного из английских быстроходных грузопассажирских теплоходов. В состав рассматриваемой судовой дизельной силовой установки входят два двухтактных восьмицилиндровых двигателя простого действия с газотурбинным наддувом системы «Зульцер» типа 8RD90, с диаметром поршня 900 мм и ходом поршня 1550 мм. Каждый двигатель развивает мощность 17360 л.с. при 119 об/мин [3, 4].

Пар для турбогенератора вырабатывается утилизационными котлами системы Маршал-Андерсон-Флеминг комбинированного типа со встроенными автоматическими топочными устройствами. Пароперегреватели Мелеско установлены в потоке отработавших газов перед утилизационными котлами. Количество пара, вырабатываемого котлами, зависит от его расхода через турбогенератор и автоматически регулируется при помощи управляемых сжатым воздухом газовых переключателей, которые пропускают через утилизационные котлы необходимое количество выхлопных газов. Остальная часть отработавших газов направляется в атмосферу через обычные глушители.

Пар утилизационных котлов используется для подогрева тяжелого топлива и для других нужд, но главным его потребителем является турбогенератор мощностью 1400 кВт (~ 2000 л.с.). Если утилизационные котлы не обеспечивают требуемого турбогенератору количества пара, то паропроизводительность котлов увеличивается путем включения автоматических топочных устройств или в помощь турбогенератору подключается один или несколько дизель-генераторов.

Для использования пара низкого давления, получаемого от утилизационных систем, за рубежом выпускаются соответствующие турбогенераторы. Например, один из турбогенераторов фирмы «Везер» (ФРГ) при начальном давлении пара 3,0 ата с температурой 250 °С и конечном давлении расширения 0,1 ата, расходуя пар в количестве 4500 кг/час, развивает мощность 450 кВт.

Очень эффективным является использование пара от систем утилизации для опреснения больших масс загрязненной соленой воды в местах, где есть силовые установки с ДВС и где ощущается недостаток или отсутствует вода, пригодная для употребления. Пар с давлением 2-2,5 ата является в этом случае наиболее подходящим теплоносителем для использования в многоступенчатых опреснительных установках. Двигатели станции имеют мощность 9000 л.с. и охлаждаются с помощью испарительных систем. При использовании теплоты отработавших газов с помощью системы комплексной утилизации силовая установка способна производить до 19 000 кг/час пара давлением 2-2,5 ата, а опреснительная установка, состоящая из четырех опреснителей, в состоянии производить 1100-1200 куб м в сутки пресной воды при удельном расходе теплоты около 190 ккал/час и количестве уходящего рассола 47,8 % [6, 7].

Теплота охлаждающей воды (при 60 °С и выше) двигателей и пара, получаемого от систем высокотемпературного охлаждения (ВТО) и комплексных систем утилизации, может быть использована в одноступенчатых опреснительных установках вакуумного типа. Получаемый при этом дистиллят пригоден для использования в обычных системах охлаждения ДВС, для целей орошения, а также для получения питьевой воды путем ее обеззараживания и соответствующей минерализации.

Дворец Конгресса (Париж, Франция), имеющей площадь полов 100 тыс. кв. метров на 4 тысячи мест, залы собраний от 60 до 400 мест, три больших ресторана, отель на 30 этажах, обслуживают две группы дизель-генераторов. В каждой группе три дизеля 18 PA4V185DF мощностью по 1500 кВт, эффективный к.п.д. использования тепла топлива с одновременной выработкой электрической и тепловой энергией составляет 72 % [7].

Двигатели фирмы «Semt-Pilstick» [8] имеют систему глубокой утилизации теплоты отходящих газов и охлаждающей воды. Данная система позволяет рекуперировать тепло, эквивалентное 11 % мощности главного двигателя. Годовая экономия средств при использовании двигателя мощностью 10 000 л.с. составляет 250 тысяч долларов. Величина капиталовложений для создания системы



рекуперации составляет 800-1200 долларов/кВт, а окупаемость составляет 3-5 лет (при стоимости топлива 175 дол/тонна).

Фирма Wartsila (Финляндия) очень большое внимание уделяет схемам с утилизацией тепла выхлопных газов и охлаждающих жидкостей. Двигатели этой [9] фирмы имеют диапазон мощностей 500 до 16500 кВт, а эффективный к.п.д. при выработке электроэнергии составляет 40-45 %. Применяя эффективные системы утилизации, фирма добивается повышения к.п.д. использования тепла при выработке электрической и тепловой энергии до 75–80 %, а если требуется дополнительное тепло, то применяется система дожигания, которая может поднять тепловую эффективность до 85–90 %. Примеры применения систем использования вторичных энергоресурсов с двигателями фирмы Wartsila с диаметром цилиндра 250 мм, ходом поршня 300 мм и частотой вращения коленчатого вала 1000 об/мин приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Пример применения двигателей фирмы Wartsila с системами использования вторичных энергоресурсов своих ДВС

Страна	Двигатель (колич)	Мощность, Мвт		Использование тепла
		электрическая	тепловая	
Дания	3 * 16V25SG	8,1	10,4	СЦО
Дания	2 * 16V25SG	5,4	6,9	СЦО
Дания	1 * 12V25SG	2,0	2,6	СЦО
Дания	1 * 6R25SG	1,0	1,3	СЦО
Нидерланды	3 * 16V25SG	8,1	10,0	СЦО
Италия	1 * 12V25SG	2,0	2,3	технол. тепло
Италия	2 * 12V25SG	4,0	5,2	технол. тепло
США	1 * 6R25SG	1,0	0,7	пар
Канада	2 * 16V25SG	5,0	6,0	СЦО

Примечание: СЦО – система центрального отопления

Всемирно известная фирма «Макдональдс» по изготовлению пирожков и бутербродов, быстрому и качественному обслуживанию своих клиентов отрабатывает

вопрос применения автономного электро- и теплоснабжения. В некоторых ресторанах фирмы установлены дизель-генераторы мощностью 65 кВт, а сама силовая установка размещена в помещении, которое органично вписывается в интерьер всего ресторана. Не все работники ресторана знают о таком помещении, а тем более посетители. Данная силовая установка в составе дизель-генератора системы утилизации вторичных энергоресурсов и электронной автоматической системы обслуживания показала и оправдала свои ожидания, когда из-за стихийного бедствия было нарушено электроснабжение в 6 штатах (США). В этот период никто не заметил перехода электроснабжения от центрального к автономному источнику. После чего продажа продукции фирмы возросла в несколько раз.

Генераторная установка работает на природном газе, двигатель фирмы Caterpillar G-3304-NA мощностью 65 кВт при 1800 об/мин оснащен электронной системой зажигания, двумя глушителями и системой использования тепла двигателя и выхлопных газов, электронной системой автоматики. Последняя система, включающая компьютер, выполняет две основные функции: экономическую оценку эффективности использования энергоресурсов либо от центрального, либо от автономного источника с учетом имеющихся затрат и доходов, и вторую – слежение за работой (своевременный автоматический долив масла, дозарядка аккумуляторных батарей) силовой установки при эксплуатации, а также выдача сигнала предупреждения о возможных неисправностях (до 160 параметров), чтобы своевременно предотвратить выход ее из строя и прекращение подачи электро- и теплоснабжения. Как показывает расчет специалистов фирмы, подобные системы окупаются за 2-4 года.

На основании представленной выше информации наглядно видно, что применение систем утилизации дает экономический эффект и повышает в целом применение энергетической установки на объекте.

#### Литература

1. Кривов, В. Г. Предложения по созданию комбинированных малых теплоэлектроцентралей на базе поршневых и газотурбинных двигателей с утилизацией теплоты / В. Г. Кривов, А. Н. Агафонов // Двигателестроение. – 1998. – № 2. – С. 3-5.

2. Кривов, В. Г. Основные направления совершенствования автономных дизельных энергетических установок / В. Г. Кривов, А. Н. Агафонов // Сборник докладов НТС «Научные и практические вопросы совершенствования теплоэнергетических установок малой мощности». – СПб.: ВИТУ. – 2002. – Вып. 7. – С. 106-120.

3. Хряпченков, А. С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы / А. С. Хряпченков. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с.
4. Высота, И. И. Судовые силовые установки / И. И. Высота, В. С. Плахов. – М.: Речной транспорт, 1963. – 405 с.
5. Кривов, В. Г. Опытная дизель-генераторная установка с комплексной внутренней утилизацией тепла / В. Г. Кривов, М. А. Рогов, С. А. Синатов. – М.: НИИинформтяжмаш, 1979. – Вып. 4-79-15. – С. 1-3.
6. Харитонов, Б. А. Комплексная утилизация тепла в энергетических установках с двигателями внутреннего сгорания / Б. А. Харитонов, Ю. Н. Исаков. – Тр.: ЛПИ, 1977. – Вып. 358. – С. 101-105.
7. Цветкова, Н. М. Комплексная утилизация теплоты судовой силовой установки с дизелем 6ЧН 26/34./ Н. М. Цветкова, С. З. Никберг – Тр.: ХПИ, 1978. – Вып. 28. – С. 101-106.
8. Высота, И. И. Судовые силовые установки / И. И. Высота, В. С. Плахов. – М.: Речной транспорт, 1963. – 405 с.
9. Герлович, Л. И. Судовые утилизационные и комбинированные котлы / Л. И. Герлович, С. М. Слуцкий. – Л.: Судпромгиз, 1962. – 252 с.

УДК 621.22

### **Система компенсации давления ядерных установок малой мощности**

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Атомная энергетика»;

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

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

*В данной работе выполнен анализ газовой системы компенсации давления. Проведено сравнение данной системы с системами охлаждения двигателя внутреннего сгорания и поршневых двигателей внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением.*

Работа ядерных энергетических установок (ЯЭУ) с водяным теплоносителем требует присутствия системы, обеспечивающей создания необходимого давления в первом контуре. Эта система должна обеспечивать не только давление насыщения пара, но и запас по температуре для предотвращения вскипания теплоносителя в этом контуре. Запас по температуре относительно номинального ее рабочего значения до вскипания теплоносителя в первом контуре для реакторов ВВЭР – 1000 составляет 25...27 °С.

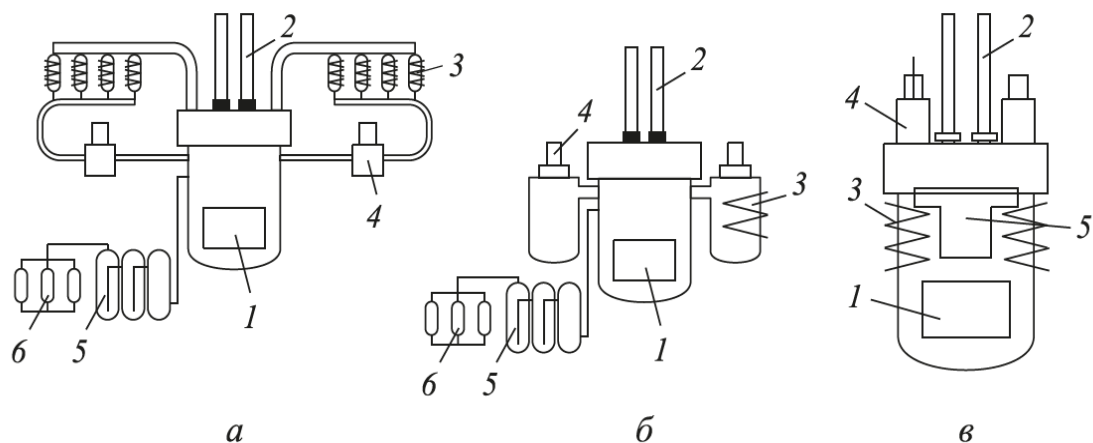
Величина запаса по температуре до вскипания теплоносителя первого контура ЯЭУ модели КЛТ – 40 составляет порядка 13 °С [1]. Поддержание данных параметров обеспечивает система компенсации давления (СКД) (в некоторых источниках ее еще называют системой компенсации объема) ЯЭУ. Эта же система компенсирует увеличение объема теплоносителя (воды) при повышении его температуры до номинальных рабочих значений в контуре.

Паровая СКД позволяет плавно регулировать величину давления в первом контуре в небольших диапазонах, что позволяет уменьшить нагрузку на трубопроводы, соединяющие первый контур и корпус конденсатора давления (КД). Это связано с низким уровнем разницы в температурах воды в КД и первом контуре (~ 30 °С вместо 130 °С в газовых компенсаторах) [1].

В то же время при наличии газовой СКД возникает вопрос уровня газонасыщения теплоносителя. Данное явление имеет положительную сторону: во-первых, «при образовании течи в оборудовании первого контура происходит более ранний переход к двухфазному истечению, при котором существенно снижается утечка воды из первого контура», во-вторых, «если при поверхностном кипении возникают кавитация и эрозийное воздействие на поверхность ТВЭЛов, особенно оболочек ТВЭЛов из циркониевых сплавов, то при значительном газонасыщении это явление ослаблено» [1]. Тем не менее в других источниках отмечается, что газонасыщение не является положительным явлением при эксплуатации ЯЭУ с водяным теплоносителем.

Паровые компенсаторы давления применяются на АЭС большой мощности. Подобные СКД применены в первой атомной энергетической установке для ледокола «Ленин», на американском судне «Саванна» с ЯЭУ и АЭС «Шиппингпорт», а также на подводных лодках первого поколения.

Стоит обратить внимание на то, какие преимущества имеют газовые КД. Например, для детального рассмотрения схем применяемой газовой СКД можно рассмотреть схемы ЯЭУ модели КЛТ – 40. Варианты таких схем представлены на рис. 1.



*Рис. 1. Схемно-компоновочные решения судовых реакторных установок:  
 а – с отдельным (распределенным) размещением оборудования первого контура; б – блочная реакторная установка;  
 в – интегральная (моноблочная) реакторная установка:*

*1 – активная зона реактора; 2 – привод органов управления и защиты реактора; 3 – парогенератор; 4 – циркуляционный насос первого контура; 5 – газовый компенсатор давления; 6 – ресиверные баллоны газового компенсатора давления*

Газовая СКД имеет то же назначение, что и паровая и включает в себя компенсаторы объема, арматуру и трубопроводы, дополнительный компенсатор объема (баллон перекачки газа), баллоны со сжатым газом. Система компенсации объема (давления) по газу через блок перекачки соединена с баллонами, а по теплоносителю – со сливной камерой реактора, причем вход трубопровода системы компенсации объема (давления) в реакторе располагается выше переливных окон реактора.

Основной принцип и алгоритм работ газовой системы КД просты: после заправки водой первого контура до определенного значения или уровня в этот же объем подается определенный газ (азот или гелий) с начальным давлением. Далее – по мере прогрева теплоносителя (воды) в первом контуре – он начинает увеличивать свой объем, расширяясь в корпус КД, и выдавливает из него газ, который в свою очередь переходит в специальные газовые баллоны. При снижении температуры теплоносителя его объем уменьшается, при этом газ расширяется и переходит из баллонов в объем КД.

При большом изменении средней температуры теплоносителя (изменении давления) компенсация отклоненного от заданных параметров давления осуществляется путем подключения ресиверных баллонов с целью увеличить или уменьшить давление газа в компенсаторе объема (в зависимости от знака изменения температуры). При небольших изменениях температуры изменение давления газа в компенсаторе объема осуществляется через промежуточное подключение баллона перекачки.

Для локализации аварий, связанных с разгерметизацией первого контура, предусмотрено автономное отключение работающих групп газовых баллонов от первого контура. Для исключения попадания теплоносителя в группы газовых баллонов происходит их отключение от системы компенсации давления по показанию датчика активности на трубопроводе, соединяющем группу газовых баллонов с системой компенсации объема.

Проведя анализ литературы [1-3], получаем список основных достоинств газовой системы КД:

- постоянная готовность к действию;
- отсутствие необходимости в обслуживании в процессе работы паро-производящей установки (ППУ);
- более целесообразно применение парогазовой компенсации давления не только с точки зрения стояночных режимов, но и снижения термоциклических напряжений;
- газ для регулировки и поддержания необходимого давления в первом контуре - азот, гелий (в газовых баллонах);
- при одинаковых объемах сосудов компенсаторы с газовой подушкой более жестки по сравнению с паровыми, колебания давления в первом контуре в переходных режимах – при маневрировании, подключении и отключении оборудования – в случае использования газовых компенсаторов выше, чем у паровых;
- отключение оборудования при использовании газовых компенсаторов выше, чем при использовании паровых;
- компенсаторы с газовой подушкой могут быть сравнительно легко приспособлены к пожаротушению в отсеке судна или объекта;
- отсутствие необходимости в какой-либо энергии в процессе работы ППУ;
- отсутствие затрат энергии на испарение жидкости;
- простота в эксплуатации;
- не требуется специальной системы регулирования;
- не требуется системы разогрева;
- создают и поддерживают давление в контуре в стояночном режиме;
- обеспечивают готовность установки в любой момент к выходу на мощность;
- совместимы с самоподдерживающимся аммиачным водно-химическим режимом.

Отметим недостатки применяемой и рассматриваемой газовой системы компенсации объема (давления):

- достаточно большие объемы газовых баллонов;
- растворимость газов в жидкостях увеличивается с ростом температуры;
- объем газовых баллонов, необходимый для компенсации изменения объема теплоносителя при разогреве, расхолаживании установки без сброса теплоносителя, довольно велик, что требует увеличения размера герметичной выгородки;
- для уменьшения газонасыщения первого контура температура воды в вынесенных баллонах поддерживается обычно в диапазоне 80 - 120 °С;
- требуются особые меры для поддержания работоспособности трубопроводов, соединяющих компенсатор давления с реактором ввиду знакопеременных нагрузок, возникающих при переменном направлении движения теплоносителя, имеющего разные температуры внутри реактора и в баллонах компенсатора давления;
- возникают термоскачки, приводящие к образованию трещин в стенках труб.

В ходе работы был проведен анализ:

- достоинств и принципа работы газовой СКД;
- данных по испытанию системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания [4];
- данных по испытанию поршневых двигателей внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением [5].

Сделан вывод, что данные системы по многим позициям похожи друг на друга. Указанный факт дает возможность после детального анализа описанных систем сформулировать некоторые технические требования к разработке модернизированной – комбинированной – системы КД для ЯЭУ.

#### Литература

1. Хлопкин, Н. С. Морская атомная энергетика: учебное пособие / Н. С. Хлопкин. – М.: МИФИ, 2007. – 244 с.
2. Горбатов, С. А. Анализ систем компенсации давления в реакторной установке с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР) / С. А. Горбатов // Молодой ученый. – 2018. – № 50(236). – С. 45-46: [сайт]. – URL: <https://moluch.ru/archive/236/54928/> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст: электронный.
3. Горбатов, С. А. Анализ систем компенсации давления в реакторной установке с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР) / С. А. Горбатов // Молодой ученый. – 2018. – № 50(236). – С. 45-46: [сайт]. – URL: <https://moluch.ru/archive/236/54928/> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст: электронный.

4. Разуваев, А. В. Анализ гидравлической схемы энергоустановок с двигателями внутреннего сгорания // Глобальная ядерная безопасность. – № 3(36). – ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 73-77.

5. Разуваев, А. В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением / А. В. Разуваев. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. – 128 с.

УДК 62-799

**Обзор инструментальных средств для программной реализации  
экспертной системы по определению неисправностей электродвигателей**

Сафонов Алексей Викторович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В работе описывается востребованность электродвигателей, рассматривается возможность применения экспертной системы для определения неисправностей электродвигателей, а также анализируются инструментальные средства для программной реализации экспертной системы.*

Любое промышленное производство предполагает использование большого количества техники. Важную роль на этапе производства любого вида продукции играет электрический двигатель – устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую.

Электрические двигатели получили широкое применение на различных промышленных предприятиях, начиная с производства небольших потребительских товаров и заканчивая крупными станциями по выработке электрической энергии.

Такая востребованность современных электродвигателей возникла благодаря ряду их достоинств по сравнению с другими типами двигателей, а именно:

- высокий КПД;
- большой крутящий момент;
- отсутствие вредных выбросов;



- широкий интервал изменения частоты вращения;
- низкая стоимость эксплуатации и обслуживания [1].

Электрический двигатель, как и любой другой, склонен выходить из строя после долгой или неправильной эксплуатации. Для его ремонта необходимо не только обладать знаниями в области механики, но и разбираться в электрической составляющей электрической машины.

В качестве помощника пользователя для ремонта и технического обслуживания электродвигателя может выступать экспертная система. Экспертные системы составляют одно из наиболее перспективных направлений в области искусственного интеллекта. Под экспертной системой понимается система, которая объединяет возможности компьютера и знания эксперта в такой форме, что система может предположить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи.

Экспертные системы создаются в узкоспециализированных областях. Для создания таких систем требуются знания высококлассных специалистов, хорошо разбирающихся в данной предметной области.

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний – формализованной информации, на которую ссылаются или которую используют в процессе логического вывода, и сохранение их длительное время. В отличие от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. При решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки при переборе очень мала [2].

Существуют два основных варианта использования экспертных систем, соответствующих социологическим концепциям явной и скрытой функций. Явная функция экспертной системы должна обеспечивать с помощью компьютера компетентность (специальные знания) человека-эксперта. Например, такие системы могут диагностировать болезнь, воссоздавать химическую структуру, разведывать места добычи полезных ископаемых или решать другие подобные задачи. Они достаточно удобны в работе и, кроме того, имеют возможность объяснять свои действия и мнения так, как это мог бы сделать человек-эксперт. И, наконец, подобно человеку, они способны даже научить кого-то, как проводить экспертизу.

При проектировании ЭС по определению неисправностей электродвигателей необходимо выполнить следующие требования:

- система должна быть эффективной, давать достоверные результаты по обучению персонала;
- интерфейс данной системы должен быть понятен для пользователей с различным уровнем способностей;
- база знаний системы должна периодически обновляться для повышения квалификации.

При выборе инструментального средства разработки ЭС определения неисправностей электродвигателей необходимо сделать выбор исходя из того, чтобы выбранный инструмент разработки мог выполнить вышеперечисленные требования. В процессе разработки ЭС требования могут быть расширены, так как они напрямую зависят от особенностей проблемной области, для которой разрабатывается ЭС.

На проектирование и создание одной экспертной системы раньше требовалось 20-30 лет. В настоящее время имеется ряд средств, ускоряющих создание экспертных систем. Эти средства называются инструментальными (ИС), или инструментарием. Основные типы инструментальных средств, используемых при построении любой ЭС, в том числе и системы по определению неисправностей электродвигателей, представлены в табл. 1 [3].

Таблица 1

Типы инструментальных средств разработки ЭС

Типы	Название	Описание
1	2	3
Оболочки ЭС	The Easy Reasoner	Поисковая система, основанная на поиске подходящих рассуждений в адаптивной и ассоциативной памяти. Система ищет в памяти событие, подобное новому событию, используя «Запрос на пример»
	FLEX	Гибридная экспертная система, предлагающая фреймовое, процедурное и продуктивное представление знаний, используя прямой и обратный метод поиска решений
	ExPRO	Инструментальная система, которая предназначена для формализации знаний предметных областей. Содержит все компоненты, которые обеспечивают функционирование экспертной системы

	G2	Объектно-ориентируемая среда для разработки и сопровождения приложений реального времени. Среда G2 использует структурированный естественный язык и графическую среду для создания интеллектуальных прикладных программ диагностики, контроля и управления динамическими событиями в сетевых и моделируемых средах
	ILOG RULES	Содержит высокоэффективный механизм логического вывода, основанный на правилах. Система выполнена на языке C++, а также снабжена библиотекой C++
Языки программирования высокого уровня	Delphi C++	Избавляют разработчика от необходимости углубляться в детали реализации системы – способы эффективного распределения памяти, низкоуровневые процедуры доступа и манипулирования данными
Вычислительные среды	Среда MatLab	Содержит пакет Fuzzy Logic, который реализует большинство нечетких технологий и может быть использован в качестве инструмента при проектировании ЭС различного назначения
Языки функционального программирования	LISP	ЛИСП является функционально направленным, то есть программирование ведется с помощью функций. Причем функция понимается как правило, сопоставляющее элементам некоторого класса соответствующие элементы другого класса
Языки логического программирования	Prolog	Используется для решения задач, сводимых к объектам и отношениям между объектами. Широко используется для решения задач ИИ

Таким образом, становится ясно, что для программной реализации экспертной системы по определению неисправностей электродвигателя существует множество инструментальных средств ее разработки, что позволяет спроектировать такую ЭС, которая будет удовлетворять всем поставленным требованиям, иметь либо более узкую, либо более широкую направленность и применимость в зависимости от поставленной задачи.

#### Литература

1. Ванурин, В. Н. Электрические машины: учебник / В. Н. Ванурин. – СПб: Лань, 2016. – 304 с.
2. Малышева, Е. Н. Экспертные системы: учебное пособие / Е. Н. Малышева. – Кемерово: КемГИК, 2010. – 86 с.

3. Птицына, Л. К. Интеллектуальные системы и технологии: учебное пособие / Л. К. Птицына. – СПб: СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, 2019. – 231 с.

УДК 681.5

**Разработка учебного стенда системы автоматического управления  
приточной вентиляцией**

Сафонов Алексей Викторович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Пестова Евгения Дмитриевна, доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

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

*В данной работе описана система автоматического управления приточной вентиляцией, представлена объемная визуализация разрабатываемого экспериментального стенда, приведен подпрограммный алгоритм ПИД-регулятора с выводом параметров на дисплей и включения вентилятора, а также рассмотрены преимущества и возможности применения стенда.*

Системы вентиляции в настоящее время занимают важное место в организациях промышленного производства. В зависимости от категорий помещений устанавливают различные виды систем вентиляции. Пристальное внимание уделяют параметрам очистки и температуры приточного воздуха, их степени соответствия производственным нормам и правилам. Без требуемых показателей системы вентиляции предприятие не сможет пройти сертификацию.

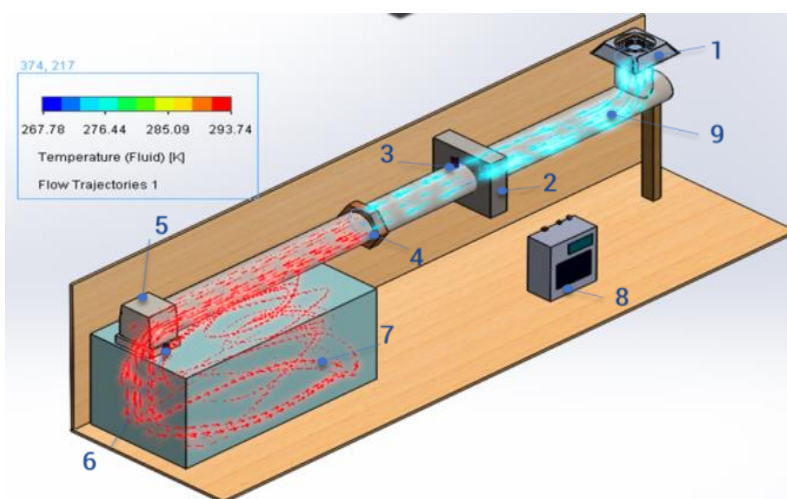
В современных системах автоматического управления (САУ) приточными установками заложен принцип обратной связи, а именно выработка управляющих воздействий на основе полученной информации об объекте при помощи датчиков. Регулирование температуры приточного воздуха происходит за счет включения в систему устройств с трубчатыми электронагревателями [1].

Значение температуры приточного воздуха, измеренное при помощи соответствующего датчика, сравнивается с требуемым установленным параметром. Разница температуры поступает на вход программируемого логического контроллера (ПЛК), который является регулирующим устройством. По определенному закону ПИД-регулирования в зависимости от сигнала рассогласования ПЛК выдает выходной

сигнал, который подается на исполнительные механизмы. Через регулирующий орган формируется воздействие управляющим устройством, которое отвечает за повышение температуры приточного воздуха.

Для соответствия высоким требованиям к регулирующим функциям систем автоматизации по точности и устойчивости применяют сложные законы ПИД-регулирования, которые требуют габаритных математических вычислений, исследований и подбора. Поэтому использование экспериментального стенда значительно улучшит учебный процесс и качество подготовки специалистов при проведении пусконаладочных работ [2].

При проектировании стенда для регулирования приточной вентиляции необходимо учитывать все условия, влияющие на систему в целом. С целью визуализации внешнего вида и симуляции работы такого стенда, в программном пакете SolidWorks разработана модель системы приточной вентиляции, которая представлена на рис. 1.



*Рис. 1. 3D-модель разрабатываемого стенда в программном пакете SolidWorks: 1 – входная заслонка; 2 - фильтр; 3 – датчик перепада давления; 4 – нагревательный элемент; 5 – вентилятор; 6 – датчик температуры приточного воздуха; 7 – помещение; 8 – шкаф САУ; 9 – вентиляционная шахта*

Алгоритм работы САУ строится на базе контроллера Arduino UNO с использованием возможностей языка блочного программирования FBD. К преимуществам языка FBD относятся простота создания, наглядность, четкая последовательность, легкая структура команд, надежный и быстрый код. Подпрограмма открытия заслонки и включения вентилятора в программе FLProg представлена на рис. 2.

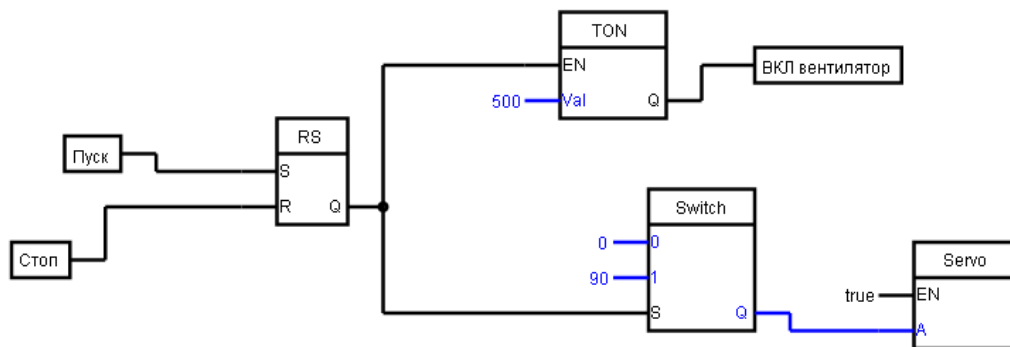


Рис. 2. Подпрограмма открытия заслонки и включения вентилятора

Посредством нажатия кнопки «Пуск» система начинает работу: взведенный RS-триггер подает сигнал открытия на привод заслонки, а также сигнал на включение вентилятора с задержкой в 500 мс. При нажатии кнопки «Стоп» система отключается. В целях экономии ресурсов ПИД-регулятор реализуется программно, а его константы подбираются с помощью ввода значений пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов путем использования электронного устройства – энкодера. Значения констант и регулируемого параметра температуры приточного воздуха выводятся на дисплей, что позволяет оператору быстро отладить систему, не используя каждый раз программный код. Подпрограмма реализации ПИД-регулятора и вывода параметров на дисплей представлена на рис. 3.

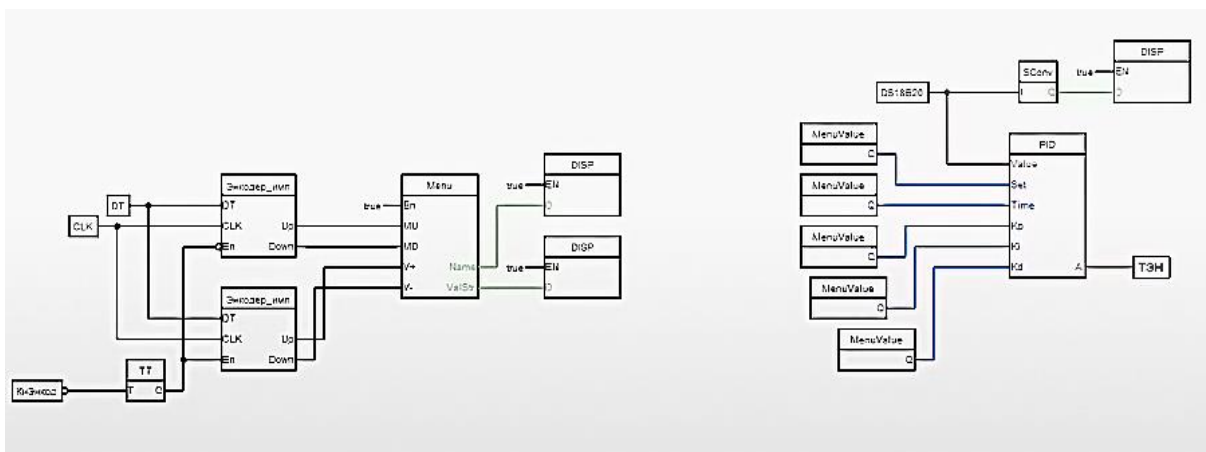


Рис. 3. Подпрограмма реализации ПИД-регулятора и вывода параметров на дисплей

В дальнейшем планируется представление принципиальных электрических схем, осуществление подбора элементов для макетного оборудования, сборка учебного стенда с готовым программным алгоритмом.

Преимуществом использования учебного стенда является:

- возможность наглядной демонстрации законов ПИД-регулирования и быстрой отладки системы приточной вентиляции;

- закрепление теоретических знаний на практике при проведении лабораторных работ;

- низкая стоимость системы и достаточная эффективность.

Таким образом, при помощи собранного оборудования будет получено представление о структуре САУ приточной вентиляции, проанализирован алгоритм работы системы, будут выполнены пусконаладочные работы при различных возмущениях. Поэтому данный макет позволит повысить эффективность подготовки специалистов, улучшить показатели качества учебного процесса.

#### Литература

1. Шумилов, Р. Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учебное пособие / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 336 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168708> (дата обращения: 13.12.2021). – Текст: электронный.

2. Пигарев, Л. А. Микропроцессорные системы автоматического управления: учебное пособие / Л. А. Пигарев. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2017. – 178 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/162813> (дата обращения: 13.12.2021).

УДК 621.311

#### **Анализ современных технологий энергосбережения**

Табакова Екатерина Дмитриевна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье рассмотрены современные энергосберегающие технологии. Представлены достоинства некоторых технологий энергосбережения и их применение в различных отраслях промышленности, в жилищно-коммунальной сфере и других.*

Одной из приоритетных задач в настоящее время является энергоресурсосбережение, а именно – повышение энергоэффективности во всех отраслях промышленности и в стране в целом. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, их стоимостью и глобальными экологическими проблемами. Эффективное использование энергоресурсов в любой сфере осуществляется за счет применения инновационных решений, позволяющих снизить потери энергии.

Энергосберегающие технологии представляют собой усовершенствованный технологический процесс, который характеризуется более высоким коэффициентом использования энергетических ресурсов. Внедрение энергосберегающих технологий на различных предприятиях, а также в бытовой сфере позволяет решить такие экологические проблемы, как загрязнение атмосферы, изменение климата и другие.

Значительный энергосберегающий эффект дают связанные с использованием энергии технологии, общие для предприятий различных отраслей – двигатели с переменной частотой вращения, теплообменники, освещение, охлаждение и другие; более эффективное производство энергии, включая современные котельные, замену технологического оборудования на более эффективное; альтернативные источники энергии.

Анализ современных передовых технологий энергосбережения позволяет выделить наиболее эффективные. Одной из технологий энергосбережения, например, является ультразвуковой мониторинг технического состояния электродвигателей, предполагающий установку на двигатель биосенсора, который «слушает» материал. Данная инновационная технология позволяет уменьшить утечки электроэнергии в двигателях, что особенно актуально для производств с большим количеством электродвигателей.

В Германии разработана и запущена в производство органическая батарея, основой которой является углерод. Основные преимущества органической углеродной батареи:

- экологичность – в батарее не используется тяжелая химия;
- масштабируемость – батарею можно выполнить любого размера – от мини-батарей для домашнего использования до больших батарей для крупных предприятий;
- скорость зарядки и дешевизна.

Компаниями DEPsys и Envelio разработан программный продукт, позволяющий эффективно управлять низковольтной электрической сетью. Высоковольтными сетями управляют центральные диспетчерские больших компаний. Проблема с низковольтными сетями возникает в случае присоединения к ним большого количества



мелких производителей энергии (например, солнечные мини-электростанции для жилых домов).

Компания Eco Wave Power разработала и запустила электростанции, работающие на энергии морских волн. Волны накачивают жидкость в баллон; жидкость, находясь под давлением, используется для вращения ротора небольшой электростанции.

Преобразование углекислого газа в топливо – энергия для обратного преобразования углекислого газа в топливо поступает от возобновляемых источников энергии.

Режим энергосбережения особенно актуален для механизмов, которые некоторое время работают с пониженной нагрузкой; это конвейеры, насосы, вентиляторы. Разработаны устройства, позволяющие добиться снижения потерь при работе электрооборудования, основные из них – конденсаторные установки и частотно регулируемые приводы. Такие энергосберегающие электроприводы и средства автоматизации могут быть внедрены на большинстве промышленных предприятий и в жилищной сфере.

Российскими учеными разработана установка, при работе которой часть тепла, уходящего после сжигания на производстве природного газа, используется для выработки дополнительной энергии, способной дать освещение многоэтажных зданий. Энергосберегающие технологии в строительстве – это утепление стен, энергосберегающая кровля, энергосберегающие покрытия, экономичные системы обогрева и охлаждения поверхностей. Примером являются «энергоэффективные дома», в которых комфортная температура поддерживается в зимний период без применения системы отопления, а летом – без применения системы кондиционирования.

Компания Ecovolta предлагает батарею-трансформер, которая может использоваться в электромобилях, электрокораблях, электромотоциклах, инверторах и в любом электрическом оборудовании. Преимуществами являются любая форма и любой размер, высокая безопасность.

Наноантенны в солнечных стеклах используют для теплоизоляции объектов. При этой технологии на поверхность стекла наносят тонкое напыление из оксида никель-алюминия, которое поглощает солнечные лучи и нагревает стекло. Если применять технологию энергосбережения на всей плоскости остекления (например, в небоскребах, где площади остекления значительные), то наноантенны могут стать ключевым источником тепла для помещений. Наноантенны также применяют для

охлаждения. Изменяя синтетический состав и фигуру нанотрубок, выбирают покрытие под конкретный диапазон излучения. Излучаемое тепло поглощают нанополупроводники.

Анализ некоторых технологий энергосбережения представлен в табл. 1.

Таблица 1

Энергосберегающие технологии

Достоинства	Недостатки
Нанополупроводники в солнечных стеклах	
Предпочтительно устанавливать на здания в солнечных регионах Нанополупроводники подходят для бизнес-центров с высоким классом энергоэффективности	
На 20 % снижаются теплопотери через окна. Оконное стекло обогревает помещение, снижаются расходы на отопление. Покрытие прозрачное, незаметное	Сложная технология изготовления. Высокая стоимость производства нанополупроводников. Нет возможности нанести покрытие на установленные стекла
Термогенераторы вихревого типа	
Подходят для отопления отдельных зданий, не подключенных к системе централизованного отопления	
Высокая эффективность. Автономность от централизованных систем отопления и горячего водоснабжения. Простой монтаж, легкое подключение к системе водяного отопления здания. Надёжность конструкции	Высокая стоимость оборудования. Высокий уровень шума от электродвигателей и кавитаторов. Большие размеры конструкции
Теплообменники в системе вентиляции (рекуперация тепла и холода)	
Устанавливают в жилых, служебных и административных помещениях	
Экономия энергозатрат на отопление и охлаждение помещений. Уменьшение выброса тепла в атмосферу	Большие габариты. Необходимо проектировать систему вентиляции с учетом блоков теплообмена на начальной стадии разработки
Гелиоактивные здания	
Применение оправдано в солнечных регионах. В других регионах можно использовать гелиоактивные панели в летний период времени	
Здание может полностью отапливаться за счет энергии солнца. Потоки воздуха, используемые для отопления, участвуют в организации воздухообмена	Высокая стоимость. Здание должно быть построено с учетом эффективного энергосбережения
Светодиодные технологии энергосбережения	
Использование для внутреннего и наружного освещения, световой индикации приборов	
Светодиодные лампы меньше нагреваются. Выпускаются под стандартные цоколи и разъемы. В составе ламп нет вредных соединений, их не надо специально утилизировать	Относительно высокая стоимость светодиодных изделий, Ухудшение со временем светоотдачи

Электрические теплоаккумуляторы	
Используют при двухтарифной системе оплаты за электричество	
Равномерный нагрев помещений. Снижение нагрузки на электрическую сеть. При частых перебоях в электроснабжении увеличивают автономность	Большая масса приборов. Высокая стоимость
Оборотное водоснабжение	
Использование целесообразно в случае отсутствия источника централизованного водоснабжения, либо если возможность потребления воды ограничена	
Снижение расходов на водоснабжение, иногда и на отопление. Запас автономности предприятия за счет объёма технической воды	Увеличение расходов при проектировании и строительстве зданий с системами оборотной воды. При низком расходе переполняются накопительные резервуары и излишки сливаются в систему водоотведения. Дорогие установки очистки воды, требуют регулярного обслуживания, замены химических реактивов

Исходя из данных табл. 1, можно сделать вывод, что у каждой технологии энергосбережения есть как достоинства, так и недостатки. Существенное повышение энергетической эффективности предприятия возможно при условии модернизации и обновления значительной части существующего оборудования. Однако основной задачей модернизации и технологического развития является не только энергосбережение и повышение энергетической эффективности, но в большей степени повышение общей производительности основных фондов предприятия и снижение вредных экологических воздействий.

#### Литература

1. Кондратьев, В. В. Организация энергосбережения (энергомeнeджмент): учебное пособие / В. В. Кондратьев. – М.: Инфра-М, 2020. – 108 с.
2. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: Инфра-М, 2018. – 336 с.

**Оптимизация конструкции проточной части  
электрогидравлических регулирующих устройств**

Таранов Андрей Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В статье проведен анализ геометрии проточной части электрогидравлических устройств по коэффициенту гидравлического сопротивления с целью выработки рекомендаций по изменению условий течения жидкости и снижению местного сопротивления условленного сечения рассматриваемого элемента канала и для оптимизации конструкции проточной части регулирующих устройств.*

Автоматизация производственных процессов является одним из условий повышения производительности труда и улучшения качественных показателей производства. Параметрами, которые подвергаются автоматизированному контролю, являются скорость потока и объем рабочих жидкостей, что приводит к необходимости внедрения и совершенствования систем автоматического регулирования и управления потоками технологических жидкостей [1]. Основная тенденция использования технологических жидкостей в производстве связана с повышением качества обрабатываемых деталей. Широкое распространение в системах автоматического управления находят гидравлические регулирующие устройства, совершенствование которых идет по пути улучшения характеристик и параметров отдельных элементов, что позволяет увеличить ресурс работы, уменьшить массу, повысить мощность регулирующих устройств и тем самым снизить энергоемкость и материалоемкость производства. Анализ отечественных и зарубежных данных показал, что это может быть достигнуто путем реализации новых систем, конструкций и методов расчета [1].

Принцип действия электрогидравлических регулирующих устройств основан на измерении расхода, уровня, давления рабочей жидкости, а также изменении измеряемой величины по определённому закону [1].

Основными задачами гидравлики инженерного направления являются рассмотрение режимов течения жидкости, анализ гидравлического сопротивления в

каналах, расчёт коэффициента гидравлического сопротивления, проведение экспериментальных исследований, которые позволяют вывести соответствующие эмпирические формулы или откорректировать соотношения, полученные для идеализированных схем теоретическим путём.

Коэффициент гидравлического сопротивления используется для выработки рекомендаций по изменению условий течения жидкости и снижению местного сопротивления условленного сечения рассматриваемого элемента канала или для оптимизации конструкции проточной части электрогидравлических регулирующих устройств [2, 3].

Как в системе в целом, так и на отдельных участках часть полного давления, идущая на преодоление сил сопротивления, является безвозвратно потерянной, так как из-за молекулярной и турбулентной вязкости движущейся рабочей жидкости механическая работа сил сопротивления преобразуется в теплоту. Можно выделить два вида потерь полного давления: потери на трение и местные потери [2, 3]. Местные потери возникают из-за нарушения нормального течения рабочей среды, обусловленного изменением конфигурации проточной части регулирующих устройств или наличием препятствий.

Коэффициент гидравлического сопротивления для проточной части любой геометрии определяется:

$$\xi = \lambda \frac{l}{D_r}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – линейный коэффициент, зависящий от формы сечения;  $l$  – длина участка трубы, м;  $D_r$  – гидравлический диаметр, м.

При этом:

$$\lambda = \lambda(\Delta, Re), \quad (2)$$

где  $\Delta$  – относительная шероховатость;  $Re$  – число Рейнольдса.

Для количественной оценки влияния геометрических параметров на коэффициент гидравлического сопротивления служит чувствительность, определяемая как первая производная по площади поперечного сечения канала.

Проведен анализ чувствительности коэффициента гидравлического сопротивления для проточной части круглой формы (рис. 1).

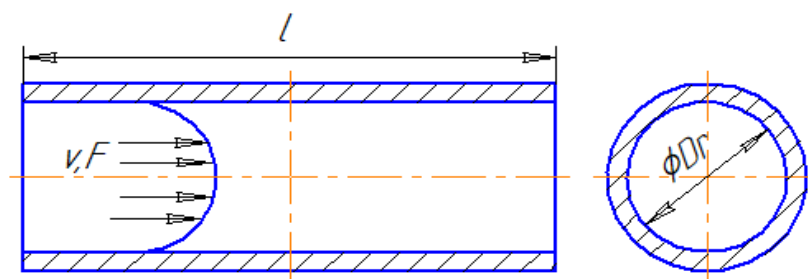


Рис. 1. Проточная часть круглой формы

В этом случае расчетная формула для определения коэффициента гидравлического сопротивления при неравномерной шероховатости примет вид:

$$\xi = \frac{1,42 \cdot l \cdot \sqrt{\pi}}{2 \cdot \sqrt{F} \cdot \log\left(\frac{4 \cdot v}{\Delta \cdot \vartheta \cdot \pi} \cdot F\right)^2}, \quad (3)$$

где  $\vartheta$  – кинематическая вязкость, м/с<sup>2</sup>;  $l$  – длина участка трубы, м;  $v$  – скорость потока, м/с;  $F$  – площадь поперечного сечения канала, м<sup>2</sup>;  $\Delta$  – средняя высота бугорка, м.

Коэффициент гидравлического сопротивления при равномерной шероховатости определяется по формуле:

$$\xi = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta \cdot \sqrt{\pi}}{2 \cdot \sqrt{F}} + \frac{6,8 \cdot \vartheta \cdot \sqrt{\pi}}{2 \cdot v \cdot \sqrt{F}}\right)^{0,25} \cdot \frac{l \cdot \sqrt{\pi}}{2 \cdot \sqrt{F}} \quad (4)$$

При расчетах в качестве рабочей среды было использовано трансформаторное масло при температуре 20°C, а также характеристики рабочей среды и проточной части гидравлического устройства:  $l = 0,05$  м,  $v = 5$  м/с,  $5 \cdot 10^{-5} \leq F \leq 20 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>,  $\Delta = 1,5 \cdot 10^{-6}$  м.

Графические зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от площади проточной части представлены на рис. 2, 3.

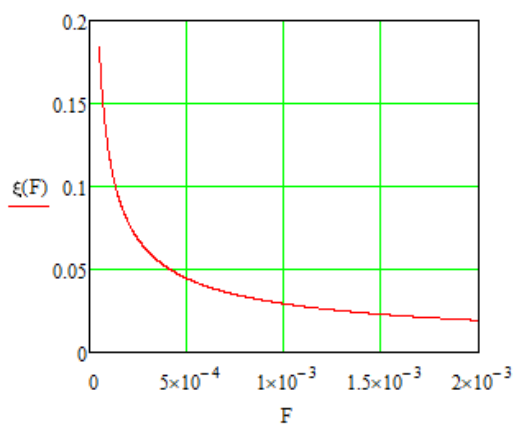


Рис. 2. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от площади проточной части при неравномерной шероховатости

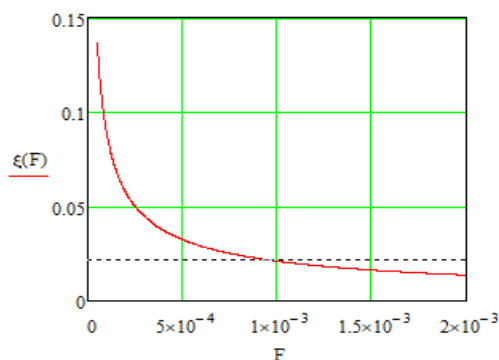


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от площади проточной части при равномерной шероховатости

Коэффициент крутизны – характеристика, по которой проводится оценка влияния геометрических параметров проточной части канала на качество регулирования:

$$K = \frac{\Delta \frac{\partial \xi}{\partial F}}{\Delta F}, \quad (5)$$

где  $\Delta \frac{\partial \xi}{\partial F}$  – изменение чувствительности коэффициента гидравлического сопротивления;  $\Delta F$  – изменение площади поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

Значение коэффициента крутизны уменьшается с уменьшением площади проточной части регулирующего устройства, следовательно, уменьшается и возможность регулирования на больших площадях.

Таким образом, коэффициент гидравлического сопротивления определяется главным образом геометрическими параметрами рассматриваемого элемента системы (площадью сечения), режимом течения жидкости (числом Рейнольдса), температурой жидкости и скоростью потока.

#### Литература

1. Власов, А. В. Управление расходом рабочей жидкости автоматизированного технологического оборудования на базе электрогидравлического магнитожидкостного регулирующего устройства: специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Власов Андрей Вячеславович; Саратовский государственный технический университет. – Саратов, 2003. – 298 с.

2. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1970. – 904 с.

3. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под общей ред. И. Е. Идельчика. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.

УДК 621.375

### **Простой усилитель звуковой частоты для компьютера**

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*Рассмотрен результат оценки возможности работы двухтактного транзисторного усилителя звукового сигнала, содержащего в выходном каскаде только один транзистор. Такая схема присутствует в интернете в единственном экземпляре, и при этом нет никаких сведений о ее работоспособности и технических характеристиках. Простота данной схемы и хорошее звучание позволяют рекомендовать её для повторения начинающим радиолюбителям с целью расширения кругозора.*

Свыше 45 лет тому назад автору попала схема простого УНЧ. Подкупала простота. Всего три транзистора, три резистора и один конденсатор. Обещанная мощность 1 Вт. Тогда это была слишком маленькая мощность, чтобы тратить время на повторение данной конструкции. Необычным было то, что это двухтактный усилитель, при том, что в выходном каскаде один транзистор П201. Фотография той схемы представлена на рис. 1а.

Два такта обеспечиваются тем, что два динамика включены как в цепь коллектора, так и эмиттера. То есть один такт, как у каскада с общим эмиттером, второй такт, как у каскада с общим коллектором. Равенство сопротивлений в коллекторной и эмиттерной цепях давало коэффициент усиления по напряжению, равный 1. Если не обращать внимания на то, что напряжение на выходе каскада с общим коллектором меньше 1, можно считать, что амплитуда напряжения на нагрузке в обеих цепях почти одинаковая.

Если с иронией относиться к «теории» построения усилительного тракта с точки зрения современных аудиофилов, то он выполнен безукоризненно. Короткий тракт из трех каскадов и отсутствие межкаскадных конденсаторов, терзающих слух



современных меломанов. Также отсутствует выходной трансформатор со свойственными ему индуктивными искажениями [1].

Внешняя активная акустическая система Genius, которую автор вынужден использовать, чтобы слышать звуки, издаваемые ноутбуком без наушников, настолько раздражает своим скрипучим голосом, что вызвала интерес к исследованию возможностей простеньких УНЧ для музыкального сопровождения во время работы с ноутбуком. Тем более что большая мощность при этом не требуется.

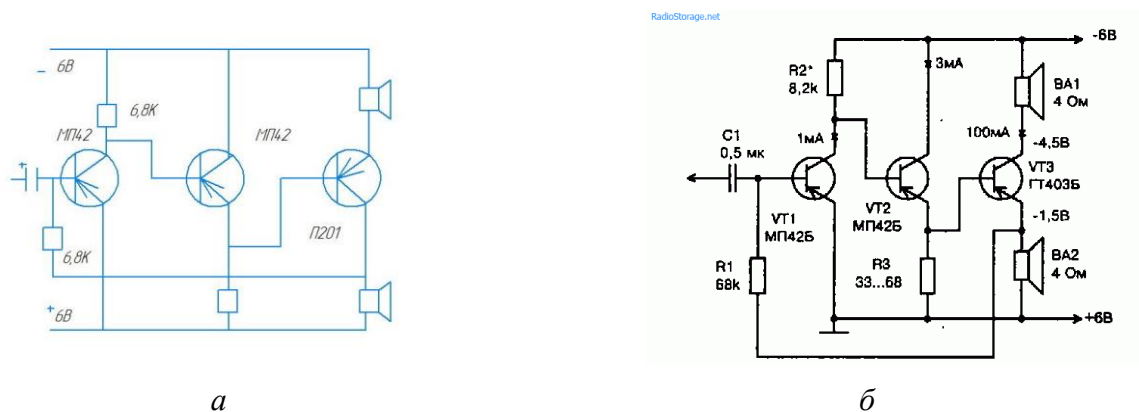


Рис. 1. Схемы усилителя низкой частоты

Поиски информации об этой схеме в интернете, так как данная схема была «срисована» около полувека тому назад и источник не остался в памяти, вывели на ее аналог (рис. 1б) [2]. Отличается тем, что транзистор П201 заменен на ГТ402 и уточнены данные по громкоговорителям, то есть указано требуемое сопротивление. Обе схемы показывают, что ни тот, ни другой авторы сами не собирали предложенные версии. На рис. 1а перепутана полярность включения выходного транзистора и конденсатора, а на рис. 1б указание выставить напряжение 1,5 вольт на громкоговорителе с сопротивлением 4 ома током в 100 миллиампер невозможно в принципе.

Несмотря на «плюсы» в виде отсутствия искажений, вносимых емкостью и индуктивностью, появляется «минус» в том, что громкоговорители работают с подмагничиванием, то есть нейтральное положение диффузора без звука смещено в сторону от того положения, в котором диффузор должен быть без подачи сигнала на громкоговоритель. При изготовлении данного усилителя было принято решение разгрузить громкоговорители от тока подмагничивания введением в эмиттерную и коллекторную цепь выходного транзистора трансформатора. Точнее, двух трансформаторов. Но нежелание их изготавливать и вообще по максимуму упростить определение работоспособности данной схемы привело к использованию

трансформатора ТАН 27-220, так как его обмотки допускают работу с током 300 мА. Модернизированный вариант схемы представлен на рис. 2.

В качестве второго транзистора был использован транзистор ПЗ06, а выходного – TUNGSRAM OC 26 только потому, что оба были уже установлены на пластины-радиаторы. Для устранения подмагничивания трансформатора в магнитопровод был введен немагнитный зазор из писчей бумаги. Данный усилитель выполнен в виде макета с соединением всех деталей с помощью клеммной колодки. Для облегчения настройки режима работы транзисторов постоянные сопротивления были заменены на подстроечные типа СП5-14 с номиналом, превышающим указанные на схеме сопротивления. Весь монтаж вместе с поиском компонентов был выполнен за два часа.

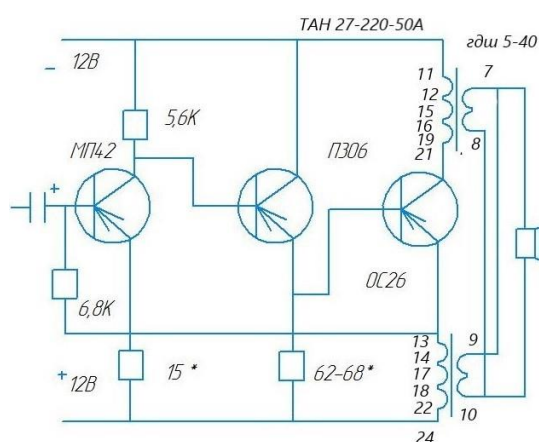


Рис. 2. Модернизированная схема

Фотография макета усилителя низкой частоты представлена на рис. 3.

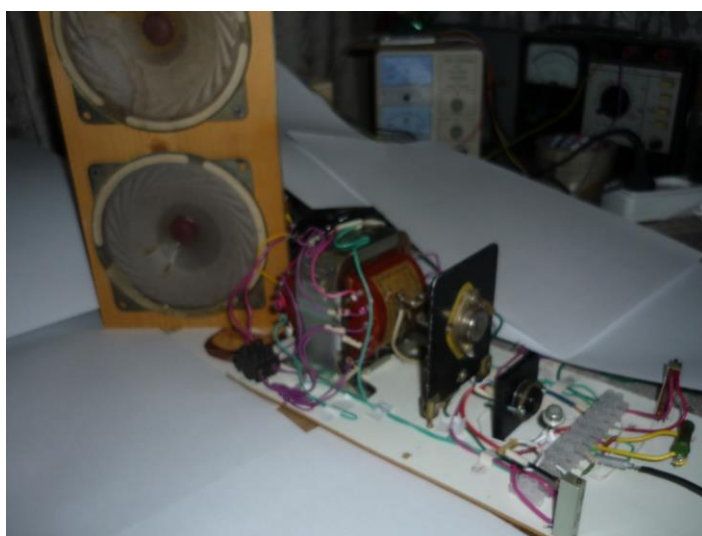
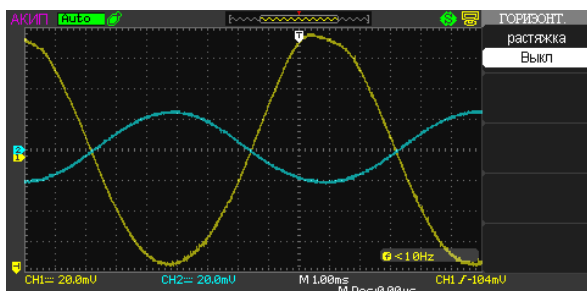


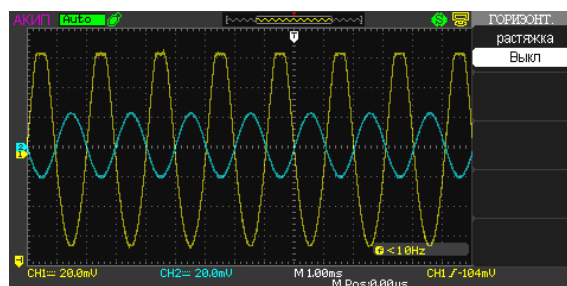
Рис. 3. Фотография макета УНЧ

При налаживании усилителя было выполнено требование схемы, рис. 1б. На первичных обмотках трансформатора было выставлено напряжение около 1,5 вольт. Для этого потребовалось установить ток покоя 300 мА. Напряжение питания поднять с 6 до 12 вольт. Качество звука приятно порадовало. Звук по громкости и по звучанию напоминал звук переносных радиоприемников эпохи СССР, в частности VEF-12, который до сих пор в рабочем состоянии у автора.

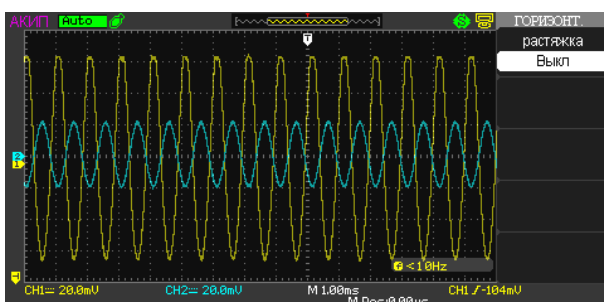
Более объективно, чем слуховое восприятие, оценить работу данного УНЧ позволяют осциллограммы выходного сигнала (рис. 4).



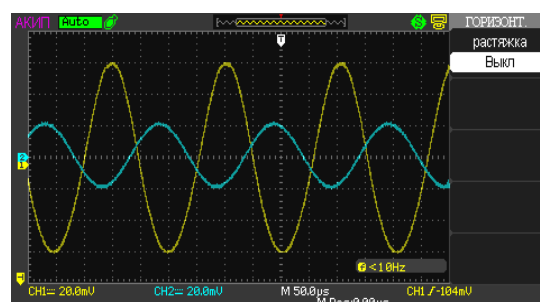
а) 100 Гц



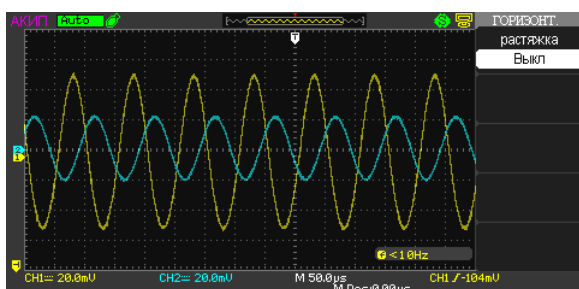
б) 500 Гц



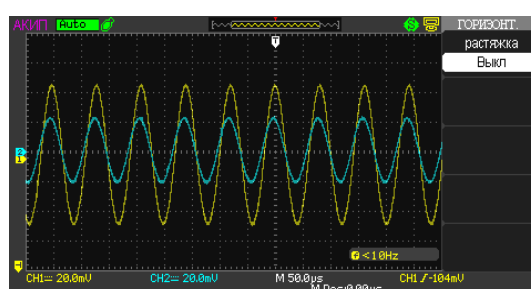
в) 1000 Гц



г) 5000 Гц



д) 10 000 Гц



е) 12 500 Гц

Рис. 4. Осциллограммы входного и выходного синусоидальных сигналов

Так как автор с помощью многочисленных сайтов в интернете для проверки слуха убедился, что не слышит звуки ниже 100 Гц и свыше 10000 Гц, то и требования к диапазону работы данной схемы отпали сами по себе. Обычно усилители звука настраивают на частоте 1000 Гц. Поэтому на данной частоте был установлен

максимально возможный уровень входного сигнала, при котором выходной сигнал не искажался (рис. 4в). После чего просматривались осциллограммы при входном сигнале с другой частотой. Проверялась форма выходного сигнала и изменение ее амплитуды. При уменьшении частоты происходило увеличение амплитуды, то есть увеличивался коэффициент усиления УНЧ по напряжению. При этом происходил срез верхней полуволны (рис. 4б). Дальнейшее уменьшение частоты приводило к снижению коэффициента усиления. Срез отсутствовал, но искажалась форма верхней полуволны. Увеличение частоты входного сигнала свыше 1000 Гц приводило к незначительному уменьшению коэффициента усиления до частоты 8000 Гц. Таким образом, неравномерность амплитудно-частотной характеристики стала проявляться на частоте 10000 и более Гц (рис. 4д, е).

По результатам испытаний можно сделать выводы. В исследуемом диапазоне частот АЧХ практически линейная. И это при том, что граничная частота работы транзистора П306 составляет всего 50 000 Гц, да и изготовлен примененный экземпляр около полувека тому назад. Применение транзисторов с более высокими характеристиками и изготовление соответствующего трансформатора обеспечит работу УНЧ, выполненного по данной схеме на уровне более высоком, чем современные компьютерные активные акустические системы стоимостью около одной тысячи рублей, при том, что выходная мощность данного усилителя мощности составила всего 100 мВт. При повторении данной конструкции рекомендуется применять трансформатор с сопротивлением первичной обмотки 15 Ом и начальный ток устанавливать 200 миллиампер, выходная мощность при этом может составить 0,5 Вт.

Если у слушателя есть слуховые ограничения, например возрастные, то данный вариант намного лучше отвратительного звука недорогих компьютерных систем. И если есть запас радиокомпонентов из далекого прошлого, то есть смысл повторить данную схему. Для молодого поколения радиолюбителей повторение данной схемы расширит кругозор в области схемных решений, выполненных на дискретных элементах.

#### Литература

1. Гаврилов, С. А. Искусство схемотехники. Просто о сложном / С. А. Гаврилов. – СПб.: Наука и Техника, 2011. – 352 с.
2. Пестриков, В. М. Энциклопедия радиолюбителя. Основы схемотехники и электрических схем / В. М. Пестриков. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Наука и Техника, 2001. – 91 с.

## **Проблемы расчета теплообмена на поверхности втулки цилиндра ДВС**

<sup>1</sup>Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

<sup>2</sup>Денисенко Ирина Петровна, кандидат технических наук, ведущий инженер,

заместитель главного врача по хозяйственным вопросам

<sup>1</sup>Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет» МИФИ»;

<sup>2</sup>Государственное учреждение здравоохранения Саратовской области

«Балаковская районная поликлиника», г. Балаково

*Знание температуры поверхности втулки цилиндра позволяет оценить работоспособность до стадии моторесурсных испытаний. А количество отводимой теплоты позволяет рассчитать внешнее оборудование системы охлаждения. Все это возможно при наличии адекватных уравнений расчета интенсивности теплообмена. Рассмотрены критериальные зависимости, полученные наиболее авторитетными исследователями в области дизелестроения, и показана невозможность однозначного выбора известных уравнений при том, что они получены по результатам исследования выпускаемых серийно дизелей.*

Расчет теплообмена на поверхности втулки цилиндра со стороны охлаждающей жидкости необходим как для определения количества теплоты, отводимой в систему охлаждения для последующего расчета системы охлаждения, так и температуры втулки цилиндра для определения ее работоспособности. Для этого необходимо знать уравнение расчета теплообмена. Вопрос в том, какое выбрать из ряда предложенных авторитетными исследователями.

Необходимо учитывать, что при умеренном форсировании двигателя температура теплоотдающей поверхности, омываемая охлаждающей жидкостью, обычно ниже температуры насыщения при давлении в зарубашечном пространстве. В этой области передача теплоты от поверхности в жидкость не сопровождается фазовыми переходами, и интенсивность теплообмена при этом определяется прежде всего режимом движения жидкости.

Форсирование двигателя и повышение температуры охлаждающей жидкости приводит к повышению температуры охлаждающей поверхности выше температуры насыщения жидкости. При этом, несмотря на то что основная масса жидкости

недогрета до температуры насыщения, наступает режим поверхностного кипения. Образующиеся пузырьки пара, оторвавшись от охлаждаемой поверхности, конденсируются в основном потоке жидкости. Интенсивность теплоотдачи при этом резко возрастает.

Дальнейшее форсирование может привести к такому режиму, когда охлаждающая жидкость приобретает температуру насыщения. В этом случае наступает развернутое кипение. Интенсивность теплообмена в данном случае максимальна. Однако такой режим охлаждения нежелателен, так как развернутое кипение легко может перейти в пленочное, при котором интенсивность теплообмена резко уменьшается, а температура теплоотдающей поверхности возрастает, что может привести к ее разрушению.

Основными режимами охлаждения деталей ДВС являются первые два: теплообмен без парообразования и теплообмен с поверхностным кипением. При этом их невозможно разграничить., так как на различных участках одной и той же детали могут иметь место оба режима. Наиболее изученным к настоящему времени является конвективный теплообмен. Теплообмен при поверхностном кипении изучен в меньшей степени. Но их одновременное присутствие учитывается свободным коэффициентом в начале уравнения. Величина этого коэффициента позволяет оценить объем неучтенных факторов.

В табл. 1 представлены критериальные зависимости для расчета теплообмена в системах охлаждения ДВС, предложенные авторами работ [1-4].

Таблица 1

Критериальные зависимости

Исследователь	Формула
Костин А.К.	$Nu_f = 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot K_{\phi}^{0,4} \cdot Pe^{0,7} \cdot \left(\frac{d_1}{d_1 - d_2}\right)^{-0,35} \cdot (P/P_0)^{0,5} \cdot Pr$
Чирков А.А.	$Nu_f = A \cdot Re^m \cdot Pr_f^{0,4} \cdot (Gr_f/Re_f)^{0,5} \cdot (\Delta T/T_f)^{0,1}$
Новенников А.Л.	$Nu_f = 16,4 \cdot Re^{0,23} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Pe^{0,5} \cdot K_{\phi}^{0,3} \cdot (P/P_0)^{0,15} \cdot (\rho_{п}/\rho_{ж})^{0,5}$
Стефановский Б.С.	$Nu_f = C_{мин} \cdot Re^{0,21} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Pe^{0,55} \cdot K_{\phi}^{0,55} \cdot (P/P_0)^{0,15} \cdot (\rho_{п}/\rho_{ж})^{0,6} \cdot (d_{\phi}/l_0)^{0,85}$
Саркар М.А. Рашид	$Nu_f = 0,479 \cdot Pe^{0,7} \cdot K_{\phi}^{0,34}$
Петриченко Р.М.	$Nu_f = 0,0146 \cdot (Pe)^{0,7} \cdot [1 + 0,83 K_{\phi}^{0,85} (d/d_0)^{-0,35} \cdot Pr_f^{0,3} \cdot (P/P_0)^{0,5}]$
Щебланов Б.Г.	$Nu_f = 0,35 \cdot Pr_f^{0,3} \cdot Pe^{0,7} \cdot K_{\phi}^{0,35}$
Шеховцев Л.Ф.	$Nu_f = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot Re^{0,3} \cdot Re_f^{0,2} \cdot Pr_f^{0,55} \cdot I_{a,конд}^{-0,06} \cdot Fr^{-0,05}$

В этих формулах  $Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ ;  $Re = \frac{w \cdot l}{\nu}$ ;  $Pe = \frac{w \cdot l}{a}$ ;  $Pr = \frac{\nu}{a}$ ;  $I_{\text{аконд}} = \frac{c_p \cdot \Delta t_n}{r} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{п}}}$ ;  $Fr = \frac{w^2}{l \cdot a_{\text{ср}}}$ ;  $Gr = \frac{g \cdot d^3}{\nu}$ ;  
 $K = \frac{r}{c_p \cdot \Delta t_n}$  – числа Нуссельта, Рейнольдса, Пекле, Прандтля, Якоба, Фруда, Грасгофа и фазового перехода;  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $a$ ,  $\nu$  – коэффициенты теплоотдачи, тепло- и температуропроводности, кинематической вязкости;  $r$  и  $c_p$  скрытая теплота парообразования и теплоемкость жидкости;  $\rho_{\text{ж}}$  и  $\rho_{\text{п}}$  плотность жидкости и пара;  $\Delta t_n = t_s - t_{\text{ж}}$  – недогрев жидкости до температуры насыщения;  $t_s$  – температура насыщения жидкости;  $t_{\text{ж}}$  – температура жидкости;  $q$  – удельная тепловая нагрузка поверхности;  $l$  – характерный размер;  $w$  – характерная скорость;  $d_{\text{экв}}$  – эквивалентный диаметр канала;  $p_0$  и  $p$  – барометрическое давление и давление жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $a_{\text{ср}}$  – среднее ускорение вибрирующей поверхности.

Представленные в табл. 1 критериальные зависимости получены эмпирическим путем на различных по уровню форсирования и конструктивному исполнению дизелях. Указанные зависимости различаются количеством учитываемых факторов и степенью их влияния на интенсивность теплообмена.

Наиболее позднее уравнение теплообмена предложено Саркар М.А. Рашидом. По идее должно учесть все достижения предшествующих ученых, но, почему-то ограничено всего 6 физическими параметрами, которые входят в два определяющих критерия. Такая ограниченность настораживает, разве что эксперименты проводились на нефорсированном двигателе, не отличающемся тепловыми нагрузками.

Влияние естественного движения жидкости учитывается только в уравнении А.А. Чиркова. Все остальные авторы либо не отметили его вклад в интенсивность теплообмена, либо считают его незначительным и для упрощения расчетов свели его влияние в свободный коэффициент.

Также только один автор учитывал влияние вибрации поверхности теплообмена на интенсивность коэффициента теплоотдачи. Это число Фруда в уравнении Л.В. Шеховцова. При проектировании ДВС конструкторы стараются минимизировать вибрацию, так как она влияет на многие параметры надежной работы ЦПГ, при том что в классической теории теплообмена вибрацию рассматривают как один из методов интенсификации теплообмена.

В табл. 2 представлены результаты расчета коэффициента теплоотдачи от втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21 по приведенным формулам. Результаты расчета различаются между собой в 5 раз. Наименьшее значение интенсивности теплообмена получено по уравнению Б.Г. Щепланова, при том, что он учитывал большее значение факторов, влияющих на теплоперенос по сравнению с Саркар М.А. Рашидом. Наиболее

ответственно с точки зрения учитываемых факторов отнесся Б.С. Стефановский, но при этом интенсивность теплоотдачи по его уравнению получена на 20 % меньше, чем по уравнению А.Л. Новенникова.

Выполнить расчет коэффициента теплоотдачи по уравнениям А.К. Костина и А.А. Чиркова не представилось возможным из-за неопределенности трактовки некоторых числовых величин.

Все это означает, что, приступая к проектированию нового дизельного двигателя, оказываемся при возникающих проблемах выбора расчетного уравнения и, не имея опыта проектирования подобного по уровню форсирования дизеля, разработчики столкнутся с длительными доводочными испытаниями. При этом результаты доводочных испытаний в любом случае будут полезными для следующего поколения разработчиков ДВС.

Таблица 2

Результаты расчета среднего значения коэффициента теплоотдачи в воду  
от втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21

Исследователь	Вт/(м <sup>2</sup> .град)
Новенников А.Л.	5762
Стефановский Б.С.	4091
Саркар М.А.Рашид	1294
Петриченко Р.М.	4531
Шеховцов А.Ф.	3194
Щебланов Б.Г.	1053

#### Литература

1. Костин, А. К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания / А. К. Костин, В. В. Ларионов, Л. И. Михайлов. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1979. – 222 с.
2. Петриченко, Р. М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания / Р. М. Петриченко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1975. – 224 с.
3. Саркар, М. А. Рашид. Исследование теплообмена в полости охлаждения цилиндрической втулки при поверхностном кипении: специальность 05.04.02 «Тепловые двигатели»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саркар М.А. Рашид. – Астраханский технологический институт рыбной промышленности и хозяйства. – Астрахань, 1984. – 184 с.



4. Щебланов, Б. Г. О теплопередаче при охлаждении быстроходных ДВС / Б. Г. Щебланов // Двигателестроение. – 1979. – № 8. – С.12-13.

УДК 681.732

**Обоснование структуры уравнения расчета теплообмена на поверхности втулки цилиндра со стороны охлаждения**

<sup>1</sup>Устинов Станислав Николаевич, инженер;

<sup>2</sup>Денисенко Ирина Петровна, кандидат технических наук, ведущий инженер, заместитель главного врача по хозяйственным вопросам;

<sup>3</sup>Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомная энергетика»

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

<sup>2</sup>Государственное учреждение здравоохранения Саратовской области «Балаковская районная поликлиника», г. Балаково;

<sup>3</sup>Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет» МИФИ», г. Балаково

*На сегодня известно большое количество уравнений для расчета теплообмена на поверхности охлаждения втулки цилиндра ДВС. Все основаны на уравнениях подобия. При этом различаются количеством учтенных чисел подобия, что обусловлено различным уровнем форсирования двигателей. В статье рассмотрено получение структуры уравнения для расчета теплообмена при высокотемпературном охлаждении дизелей, когда наиболее вероятным будет теплообмен при поверхностном кипении в недогретую жидкость с использованием метода размерного анализа.*

Теплообмен в ДВС рассчитывается на основании эмпирических уравнений, полученных при исследовании их работы. Так как двигатели различаются уровнем форсирования и условиями работы, то полученные уравнения различаются количеством учтенных факторов. В настоящее время увеличивается интерес к использованию высокотемпературного охлаждения дизелей, особенно если они предназначены для установки в ограниченных пространствах или с использованием уходящей теплоты. При таком охлаждении существенно увеличивается температура как охлаждающей жидкости, так и теплообменной поверхности. Результаты исследований показывают,

что рост температуры поверхности отстает от роста температуры охлаждающей жидкости [1]. Это свидетельствует об увеличении интенсивности охлаждения. Причин интенсификации может быть несколько. Например, увеличение скорости движения охлаждающей жидкости благодаря уменьшению ее плотности и, соответственно, увеличению эффекта естественной конвекции. Или появление кипения на поверхности. При этом кипение может быть как развернутым, так и в недогретую до температуры насыщения жидкость. То есть возможен переход теплообмена из однофазной области в двухфазную с появлением кипения на поверхности теплообмена.

Математическая модель теплообмена при поверхностном кипении недогретой жидкости основывается на следующих допущениях: среда вязкая, несжимаемая, сила тяжести не влияет на теплоотдачу, движение паровых пузырей после их отрыва от пограничного слоя отсутствует ввиду их конденсации в недогретой охлаждающей среде. Вследствие этого передачей теплоты непосредственно паровой фазе можно пренебречь и считать, что тепловой поток воспринимается непосредственно жидкостью.

В таком случае конвективный теплообмен при поверхностном кипении можно описать системой дифференциальных уравнений [2], которая включает в себя:

Уравнение энергии

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} + \vec{w} \cdot \text{grad}t = a \cdot \Delta^2 \cdot t. \quad (1)$$

Уравнение движения

$$\frac{\delta \vec{w}}{\delta \tau} + (\vec{w} \cdot \text{grad}\vec{w}) = \frac{-1}{\rho} \cdot \text{grad}p + \nu \cdot \Delta^2 \vec{w}. \quad (2)$$

Уравнение сплошности

$$\text{div}\vec{w} = 0. \quad (3)$$

При поверхностном кипении эта система уравнений дополняется уравнением теплообмена

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \left( \frac{\delta t_f}{\delta y} \right)_{y=0}. \quad (4)$$

Процесс передачи теплоты от стенки при поверхностном кипении можно представить в виде:

$$-\lambda = \left( \frac{\delta t_f}{\delta y} \right)_{y=0} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad , \quad (5)$$

где  $q_1 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \cdot u \cdot z \cdot r \cdot \rho_{\text{п}}$  – теплота, переносимая с паровой фазой пузырька;  $q_2 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \cdot u \cdot z \cdot c_p \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot \Delta t$  – теплота, передаваемая жидкой фазой за счет молярного переноса массы;  $q_3 = \frac{f}{\Delta P_{\text{тр}}} \cdot c_p \cdot g$  – теплота, передаваемая из пристенного слоя ядру потока за счет турбулентного обмена;  $q_4 = m \cdot r \cdot u \cdot z$  – теплота, затрачиваемая на испарение микрослоя жидкости из основания пузырька и сконденсировавшегося в верхней части парового пузырька за время его существования;  $u$  – частота отрыва пузырьков пара;  $z$  – число центров парообразования на единице поверхности;  $R_0$  – эквивалентный радиус парового пузырька в момент отрыва;  $\Delta t$  – подогрев жидкости в пристенном слое;  $f$  – поперечное сечение канала;  $\Delta P_{\text{тр}}$  – перепад давления, расходуемый на преодоление сил трения;  $t_1$  – температура жидкости на границе пограничного слоя и ядра потока;  $t_f$  – температура ядра потока;  $\vec{w}$  – скорость в ядре потока;  $w_1$  – скорость на границе пограничного слоя;  $r$  – скрытая теплота парообразования;  $\rho_{\text{п}}$  и  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность пара и жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $c_p$  – изобарная теплоемкость жидкости;  $m$  – масса микрослоя жидкости, сконденсировавшегося в верхней части парового пузырька.

Из этого следует, что интенсивность теплопередачи зависит от большого числа факторов и может быть представлена в виде:

$$\alpha = f(w_{\text{ж}}; w_{\text{ж}}; p; \Delta t_{\text{н}}; v; a; c_p; d_{\text{экр}}; l_0; \rho_{\text{п}}; \rho_{\text{ж}}; r).$$

Преобразуем уравнение на основании анализа размерности.

В системе СИ первичными величинами для рассматриваемой задачи являются: время  $T$ , масса  $M$ , длина  $L$ , температура  $\Theta$ .

За величины с независимой размерностью выберем постоянные

$$[l_0]=L; [\Delta t_{\text{н}}]=\Theta; [v]=L^2 \cdot T^{-1}; [\rho_{\text{п}}]=M \cdot L^{-3}.$$

Размерность остальных величин выразим через  $[l_0]$ ,  $[\Delta t_{\text{н}}]$ ,  $[v]$ ,  $[\rho_{\text{п}}]$  согласно формуле размерности:

$$[\alpha_{\text{в}}]=M \cdot T^{-3} \cdot \Theta^{-1}$$

$$[w_{\text{ж}}]=L \cdot T^{-1}=[l_0] \cdot T^{-1}$$

$$[p]=L^{-2} \cdot M=[l_0]^{-2} \cdot M$$

$$[c_p]=L^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta=[l_0]^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta$$

$$[a]=L^2 \cdot T^{-1}=[v]$$

$$[\rho_{\text{ж}}]=M \cdot L^{-3}=[\rho_{\text{п}}]$$

$$[d_{\text{экр}}]=L=[l_0]$$

$$[r]=L^2 \cdot T^{-2}=[c_p] \cdot \Theta^{-1}$$

Установим масштабы величин  $L \cdot [l_0] = 1$ ;  $[\Delta t_n] \cdot \Theta = 1$ ;  $[\rho_n] \cdot M = 1$ ;  $[v] \cdot L^2 \cdot T^{-1} = 1$ .

В новых числовых значениях переменных уравнение запишется

$$\frac{\alpha_B}{M \cdot T^{-3} \cdot \Theta^{-1}} = \left[ \frac{w_{ж}}{L \cdot T^{-1}} \cdot \frac{w_{ж}}{L \cdot T^{-1}} \cdot \frac{p}{M \cdot L^{-2}} \cdot \frac{\Delta t_n}{\Theta} \cdot \frac{v}{L^2 \cdot T^{-1}} \cdot \frac{a}{L^2 \cdot T^{-1}} \cdot \frac{c_p}{L^2 \cdot \Theta \cdot T^{-1}} \cdot \frac{\rho_n}{M \cdot L^{-3}} \cdot \frac{\rho_{ж}}{M \cdot L^{-3}} \cdot \frac{d_3}{L} \cdot \frac{l_0}{L} \cdot \frac{r}{L \cdot T^{-2}} \right] \text{ или}$$

$$\frac{\alpha_B}{M \cdot T^{-3} \cdot \Theta^{-1}} = \left[ \frac{w_{ж}}{[l_0] \cdot T^{-1}} \cdot \frac{w_{ж}}{[l_0] \cdot T^{-1}} \cdot \frac{p}{M \cdot [l_0]^{-2}} \cdot \frac{\Delta t_n}{[\Delta t_n]} \cdot \frac{v}{[v]} \cdot \frac{a}{[v]} \cdot \frac{c_p}{r \cdot [\Delta t_n]} \cdot \frac{\rho_n}{[\rho_n]} \cdot \frac{\rho_{ж}}{[\rho_n]} \cdot \frac{d_3}{[l_0]} \cdot \frac{l_0}{[l_0]} \cdot \frac{r \cdot \Delta t_n}{c_p} \right]. \quad (6)$$

Учитывая, что  $\frac{w_{ж}}{[l_0] \cdot T^{-1}} = \frac{w_{ж}}{a \cdot [l_0]^{-1}}$ , где  $w_{ж}$  – приведенная скорость парообразования, можно окончательно записать уравнение (6) в критериальной форме [2]:

$$Nu = [Pe; Re; \left(\frac{P}{P_0}\right); Pr; K_{\phi}; \left(\frac{\rho_n}{\rho_{ж}}\right); \left(\frac{d_3}{[l_0]}\right)]. \quad (7)$$

Полученное уравнение (7) показывает, какие числа подобия должны быть учтены в уравнении теплообмена на поверхности втулки цилиндра при кипении недогретой до температуры насыщения жидкости. Но в таком виде применяться для расчета не может, так как отсутствуют показатели степеней у критериев, указывающие вклад каждого множителя на величину интенсивности теплообмена. Математически невозможно установить значения показателей степеней. Для этого необходимо провести следующие измерения. Выполнить измерение всех физических величин, входящих в критерии подобия уравнения (7), одновременно с проведением теплового баланса втулки цилиндра для расчета коэффициента теплоотдачи. Измерения проводить при экспериментальных исследованиях либо на моделях, либо на двигателе.

#### Литература

1. Петриченко, Р. М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания / Р. М. Петриченко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1975. – 224 с.
2. Стефановский, Б. С. Теплонапряженность деталей быстроходных поршневых двигателей / Б. С. Стефановский. – М.: Машиностроение, 1978. – 128 с.

**Алгоритм и система управления квадрокоптером  
на базе микроконтроллера STM32F103C8T6**

Федоренко Иван Алексеевич, студент специальности

«Информатика и вычислительная техника»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В статье описывается разработка микроконтроллерной системы управления квадрокоптером и алгоритма взаимодействия микроконтроллера STM32F103C8T6 с функциональными узлами. Построена математическая модель углового движения квадрокоптера.*

Работа квадрокоптера и аппаратуры управления имеет следующий принцип. При запуске устройства происходит подача питания на все его функциональные узлы, далее – опрос работоспособности и регулировка входов и выводов датчиков, радиоприёмника, двигателей, и микроконтроллера. Аппаратура управления задаёт команды, которые через радиопередатчик передаются на борт квадрокоптера [1].

На борту квадрокоптера сигнал принимает радиоприёмник, который производит и преобразовывает радиосигнал в аналого-цифровой и передаёт его на микроконтроллер.

Микроконтроллер производит обработку сигнала, который поступает на него с радиопередатчика и в зависимости от воздействия микроэлектромеханических (MEMS) датчиков и их ёмкости производит подачу управляющего сигнала на стабилизаторы двигателей. Стабилизаторы производят регулировку оборотов двигателей (рис. 1).

Цель работы: разработать микроконтроллерную систему управления квадрокоптером.

Предметом разработки являются принципиальная схема микроконтроллерной системы управления, алгоритм управления квадрокоптером.

В процессе исследования необходимо реализовать следующие задачи:

– провести анализ объекта управления и требований, предъявляемых им к системе управления;

- разработать структурную и принципиальную схемы системы управления;
- разработать алгоритм управления квадрокоптером.

Для создания системы управления квадрокоптером использовались следующие аппаратные компоненты: микроконтроллер STM32F103C8T6 [2], гироскоп и акселерометр MPU-6050 [3], радиочастотный передатчик XN297[4]. Построение математической модели и программирование устройства осуществлялось в следующих программах: Matlab R2012a, STM32CubeMX, Компас 3D 16, Microsoft Visual Studio 2019.

Уравнение динамики углового движения квадрокоптера в связанной системе координат можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{w}_x = \frac{(I_y - I_z)}{I_x} w_y w_z + \frac{M_{Rx}}{I_x} \\ \dot{w}_y = \frac{(I_z - I_x)}{I_y} w_x w_z + \frac{M_{Ry}}{I_y} \\ \dot{w}_z = \frac{(I_x - I_y)}{I_z} w_x w_y + \frac{M_{Rz}}{I_z} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} M_{Rx} = M_{qx} + M_{mx} + M_{px} \\ M_{Ry} = M_{qy} \\ M_{Rz} = M_{qz} + M_{mz} + M_{pz} \end{cases} \quad (2)$$

где:  $w_x, w_y, w_z$  – проекции вектора угловой скорости аппарата на связанную систему координат;  $M_{Rx}, M_{Ry}, M_{Rz}$  – проекции результирующего момента;  $I_x, I_y, I_z$  – осевые моменты инерции устройства;  $M_{qx}, M_{qy}, M_{qz}$  – моменты, создаваемые винтами;  $M_{mx}, M_{px}, M_{mz}, M_{pz}$  – гироскопические моменты двигателей и винтов.

На основании (1-2) построен алгоритм работы микроконтроллерной системы управления. В алгоритме реализованы следующие функции:

- поступление сигнала питания;
- инициализация устройства;
- чтение данных с датчиков положения;
- чтение данных с PID-регуляторов;
- обработка полученных сигналов;
- обработка прерываний;
- вывод необходимой информации.



*Рис. 1. Функциональная схема квадрокоптера*

При включении квадрокоптера подаётся напряжение на функциональные узлы, начинается процедура инициализации. Запускается процедура опрос-ответ датчиков, двигателей, определяется положение в пространстве в связанной системе координат. После прохождения всех процедур инициализации устройство должно получить сигнал управления с аппаратуры управления, если сигнал получен, происходит обработка и выполнение сигнала, ожидание дальнейших команд.

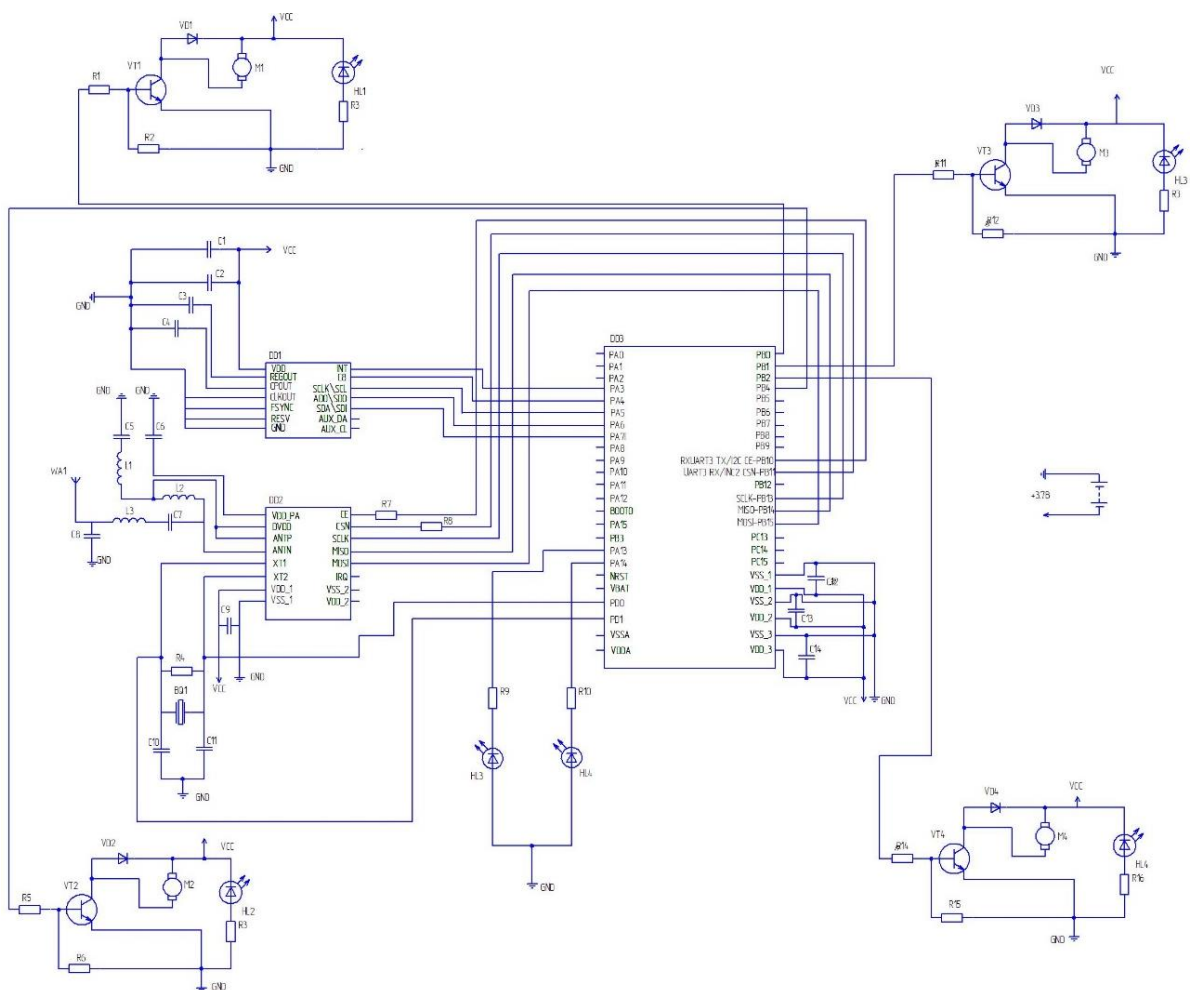


Рис. 2. Электрическая схема системы управления полётного контроллера

В случае отсутствия сигнала квадрокоптер переходит в режим ожидания, сохраняя заданные параметры положения в пространстве и скорости. Если в процессе инициализации устройства возникают ошибки, передаётся сигнал об ошибке и квадрокоптер выключается. Блок-схема алгоритма системы управления представлена на рис. 3.



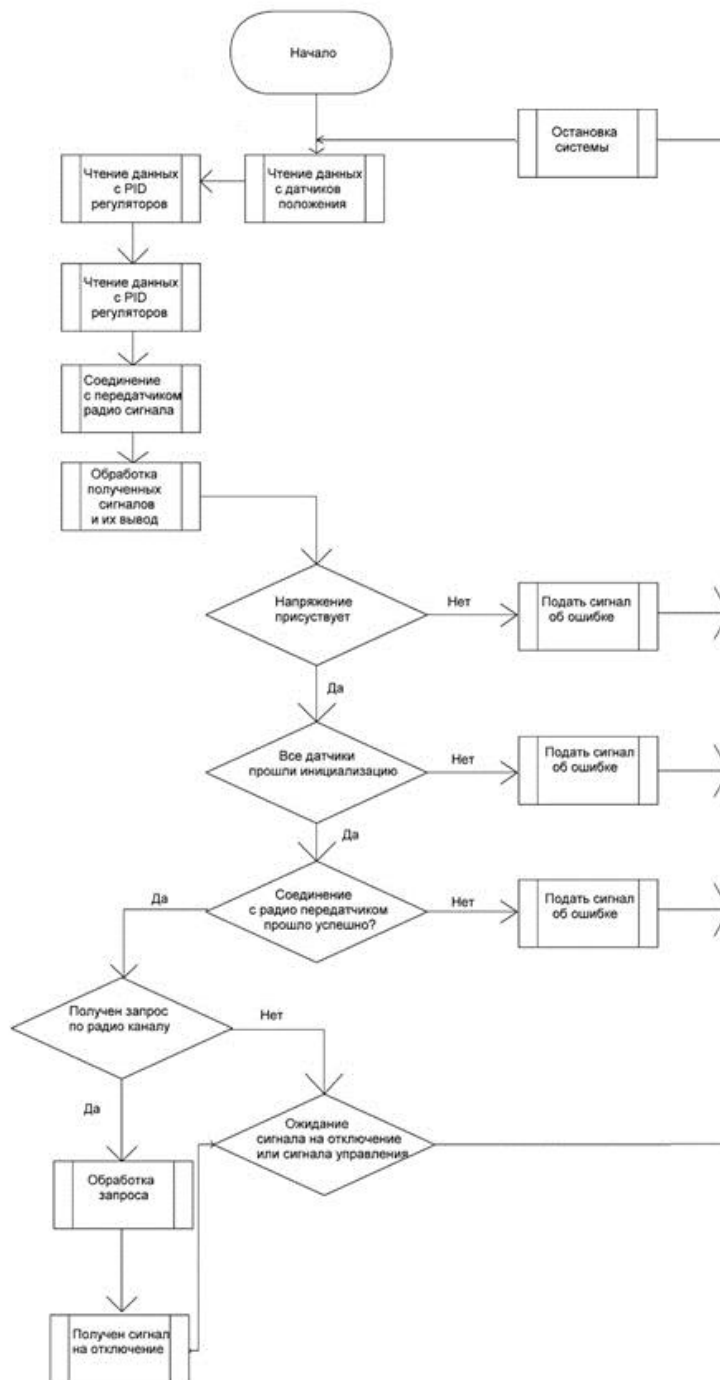


Рис. 3. Блок-схема алгоритма микропроцессорной системы управления

При построении математической модели квадрокоптера в программе Matlab рассматривалось два подхода написания программы управления устройством. При первом подходе создавалась программа, содержащая большое количество переменных и управляющая всеми функциональными блоками. Второй подход построения программы – это создание для каждого функционального блока своей программы управления, объединение созданных программ программной оболочкой. Второй подход более простой, удобный в реализации и отладке программы управления.

Программа для системы управления квадрокоптера состоит из нескольких подпрограмм, объединённых в единую программу с помощью основной – MAIN программы. Несколько разных программ отвечают каждая за свою часть устройства:

- обработка данных положения устройства;
- обработка сигналов питания с PID регуляторов;
- при наличии GPS модуля обработка положения по координатам в пространстве;
- преобразование радиосигнала в цифроаналоговый сигнал и обратно для связи с устройством управления.

Программа микроконтроллерного управления делится на два уровня. Верхний уровень – программа MAIN, программная оболочка, отвечающая за режим полёта, нижний включает в себя подпрограммы и библиотеки взаимодействия датчиков с описанным в программе MAIN режимом полёта.

Основные функции программной оболочки:

- при запуске устройства произвести инициализацию системы;
- запуск первоначальных настроек программы;
- проверка плана полёта, если такой имеется; если отсутствует, происходит переключение на режим чтения сигналов, получаемых по радиоканалу;
- одновременно происходит проверка моторов, чтобы предотвратить их случайный запуск;
- в конце выполнения всех процедур происходит вывод сигнала (звуковой и/или световой), который оповещает, что устройство готово к работе;
- после с пульта управления поступают сигналы воздействия, которые пересчитываются в углы Эйлера и кватернионы для последующих вычислений в контроллере.

Вывод. Сформулированы основные требования к системе управления, разработан алгоритм микропроцессорной системы управления квадрокоптером, созданы основные требования к программе для микроконтроллерной системы управления.

#### Литература

1. Яценков, В. С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика / В. С. Яценков. – БХВ-Петербург, 2016 г. – 256 с.

2. STM32F103C8: Mainstream Performance line, Arm Cortex-M3 MCU with 64 Kbytes of Flash memory, 72 MHz CPU, motor control, USB and CAN: сайт / STMicroelectronics. – Женева: STMicroelectronics, 2021. – URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103c8.html> (дата обращения: 12.11.2021). – Текст: электронный.

3. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4: сайт / TDK Corporation. – Токио: TDK, 2021. – URL: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (дата обращения: 12.11.2021). – Текст: электронный.

4. XN297 Low Power 2.4GHz GFSK Transceiver: сайт / Свободные устройства. – М.: Opendevices, 2021. – URL: <https://opendevices.ru/wp-content/uploads/2017/03/XN297-Low-Power-2.4GHz-GFSK-Transceiver.pdf> (дата обращения: 12.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 681.11.031.1

### **Перспективные технологии аккумулирования и хранения энергии**

Шахов Александр Алексеевич, студент направления

«Электроэнергетика и электротехника»;

Губатенко Марк Сергеевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

*В данной работе рассматривается перспектива внедрения технологий аккумулирования и хранения электроэнергии на электростанциях. Проводятся анализ и сравнение самых перспективных аккумулирующих систем, которые могут быть установлены на электрические станции.*

Серьёзным недостатком электроэнергии являются неудобства, связанные с её хранением. Поэтому вопрос установки эффективных аккумулирующих систем не теряет актуальности с момента начала выработки электроэнергии.

Падение электропотребления в ночное время делает необходимым отключать ряд электростанций или отдельных агрегатов, а в дневные пики нагрузки, наоборот, задействовать весь потенциал станций. Ночью нагрузка в сети может падать до 30 % по

сравнению с пиком. Наилучшим режимом работы для любой электростанции является непрерывный режим на полной мощности, исключая разгоны, торможения и простои, которые неизбежны из-за изменения нагрузки. Использование аккумулирующих систем позволяет не только увеличить выработку электроэнергии существующих станций и повысить срок их службы, но и оперативно покрыть провалы в сети. Российская энергетика нуждается во внедрении технологий эффективного использования и перераспределения накопленной энергии. Это связано с неравномерностью производства и потребления электроэнергии.

До последнего времени практически единственным приемлемым типом аккумулирования энергии считались гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). В часы минимальной нагрузки системы агрегаты ГАЭС работают в насосном режиме, перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхнее, а в периоды пиковой нагрузки энергосистемы ГАЭС, наоборот, производят собственную электроэнергию за счёт гидроагрегатов, включённых в работу в турбинном режиме. При этом выработанная энергия отдаётся в сеть энергосистемы для покрытия графика нагрузки, а вода накапливается в питающем бассейне. На перекачку воды тратится почти в полтора раза больше электроэнергии, чем затем её вырабатывается. Но существенно пониженная стоимость «ночной» энергии по сравнению с «пиковой» (иногда в 3-5 раз) оправдывает такие потери и повышает экономическую эффективность энергосистемы в целом. Общий КПД ГАЭС в оптимальных условиях работы приближается к 75 %. Наиболее экономичны мощные ГАЭС с напором в несколько сот метров, сооружаемые на скальном грунте. Вместе с тем ГАЭС целесообразно строить именно вблизи крупных центров потребления электроэнергии.

Недостатки ГАЭС: требуются огромные объёмы резервуаров и бассейнов, поскольку у воды очень малая энергоёмкость; необходимость в большой разности высот водохранилища; относительно низкие КПД гидроподъема и выработки электроэнергии; постройка плотин и водных резервуаров – очень дорогое мероприятие [1].

В настоящее время популярность набирают водородные аккумулирующие системы. Из различных методов разложения воды (электрохимический, термический, термохимический, биохимический, фотохимический и др.) технически наиболее разработан электролитический метод, который позволяет производить водород с КПД около 70 %. При дальнейшем совершенствовании процесса теоретически возможно увеличение этого показателя до 80 %, а при высокотемпературном электролизе и до 80-90 %.

В настоящее время существуют три способа реализации электролизной технологии производства водорода (щелочной, с твёрдым полимерным электролитом (ТПЭ), с твёрдым оксидным электролитом), отличающиеся типом используемого электролита и условиями проведения электролиза.

Наилучшими параметрами обладают ТПЭ электролизёры: они экологически чистые, имеют значительно меньшую массу, габариты и энергозатраты, повышенный уровень безопасности, возможность работы в нестационарных режимах, простое обслуживание, и можно получить компримированные газы (до 30 атм. и более) непосредственно в электролизёре. Важной особенностью систем электролиза воды с ТПЭ является чистота производимого водорода не менее 99,98 %.

Преобразование водорода обратно в электроэнергию осуществляется с помощью электрохимического генератора. Коэффициенты полезного действия у генераторов с топливными элементами изменяются от 30 % (двигатели внутреннего сгорания и газовые турбины) до 60-65 % (энергоустановки с твердооксидными топливными элементами).

Как мы видим, КПД выделения водорода составляет 70 процентов, что сопоставимо с КПД всей станции ГАЭС. При этом, чтобы преобразовать полученный водород обратно в электричество, придётся учитывать потери электрохимического генератора, а это в самом лучшем случае 65 %. В сумме имеем порядка 50 % потерь на аккумулировании электроэнергии.

Применение аккумуляторных батарей для аккумулирования электроэнергии.

Наиболее перспективными являются литий-ионные аккумуляторы, которые лишены таких недостатков, как высокий ток саморазряда и невысокая удельная энергоёмкость. Поэтому к ним в настоящее время проявляется повышенный интерес. Недостатки литий-ионных аккумуляторов: высокая стоимость АКБ может составлять до половины стоимости всего оборудования, срок их службы напрямую зависит от количества и характера циклов «заряд – разряд» в процессе эксплуатации, существенное уменьшение ресурса при работе в пиковых режимах при разряде и заряде, наличие специальных требований к глубине разряда.

Чтобы минимизировать влияние этих недостатков, предлагается использовать комбинации аккумуляторной батареи и батареи суперконденсаторов.

Аккумулятор обладает приемлемой энергоёмкостью, но относительно небольшим ресурсом. Кроме того, работа аккумулятора в режимах больших мощностей резко снижает его энергоёмкость и срок эксплуатации.

Сочетание аккумуляторов и суперконденсаторов (их параметры приведены в табл. 1) в одном накопителе может обеспечить компенсацию возмущений сети в широком частотном спектре. При этом стоимость гибридного устройства накопления электроэнергии оказывается ниже стоимости аккумуляторного аналога. Параллельное включение аккумуляторов и суперконденсаторов обеспечивает как минимум двукратное увеличение мощности накопителя в течение того промежутка времени, на который рассчитана энергоёмкость суперконденсатора [2].

Таблица 1

Параметры суперконденсаторов и литий-ионных аккумуляторов

Параметр	Суперконденсатор	Литий-ионный аккумулятор
Время заряда	1-10 секунд	10-60 минут
Количество циклов заряд/разряд	1 млн циклов	500-5000
Плотность энергии	5 Вт·ч/кг	120-240 Вт·ч/кг
Плотность мощности	до 10000 Вт/кг	1000-3000 Вт/кг
Срок службы	10-15 лет	5-10 лет

Аккумуляирование электроэнергии с использованием сжатого воздуха – пневмоаккумулятор. Основная проблема такой технологии заключается в том, что в процессе сжатия воздух нагревается до высокой температуры. Фактически 75 % энергии, которая необходима для сжатия, в итоге превращается в тепловую энергию. В процессе хранения воздух неизбежно будет остывать и терять свой энергетический потенциал. Поэтому КПД полезного действия составляет не более 50 %. Ещё одной существенной проблемой является то, что давление сжатого воздуха на выходе будет неизбежно падать.

В настоящий момент применение системы аккумуляирования энергии с использованием сжатого воздуха возможно в качестве источника энергии при перебоях для потребителей первой и второй категории. Например, для обеспечения бесперебойной электроэнергией на 5 мин хватит пары наземных цистерн 40м<sup>3</sup> [3].

Существуют прообразы накопителей, где энергия электромагнитного поля может накапливаться в сверхпроводящем соленоиде. Индуктивное накопление энергии наиболее эффективно в сверхпроводящих магнитах, поскольку в них накопление и вывод энергии практически не сопровождаются потерями. Принципиальное преимущество индуктивных накопителей заключается в том, что энергия в них запасается в том же виде, в каком и используется, – электромагнитном. Отсутствие

необходимости в преобразовании одного вида энергии в другой обеспечивает высокие КПД (97-98 %) и быстродействие устройства. Сверхпроводящий контур изготавливается из ниобия или его соединений, с температурой перехода  $T_c \geq 4\text{K}$ . Были разработаны и экспериментально опробованы несколько прототипов накопителей электроэнергии, сверхпроводящих индуктивных накопителей энергии (СПИН).

Однако работа накопителя при гелиевых температурах 4 К связана с большими затратами по низкотемпературному криостатированию, оправданными только при работе в очень крупных сетях. Переход на создание подобных систем на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), работающих при температуре жидкого азота  $T_c \leq 77\text{K}$ , в целом многообещающий, и в этом направлении ожидается большой прогресс. Но пока применение устройств на ВТСП упирается в дороговизну стоимости проводного материала. Существуют провода первого поколения (1G) и провода второго поколения 2G. Однако провода 1G более чем на 2/3 состоят из чистого серебра, что исключает значительное снижение их стоимости в будущем. Следующий недостаток – разрушение сверхпроводимости в BSCCO в сильном магнитном поле. Преимущество 2G заключается в том, что они обладают максимальной плотностью критического тока. В сравнении с 1G, 2G могут работать в высоких полях, и стоимость материалов в проводе 2G ниже стоимости материалов в проводе 1G, но не настолько, чтобы сегодня создать конкурентоспособные промышленные образцы массового применения [4].

Но наибольший интерес представляет устройство аккумулирования энергии – супермаховик. Он представляет собой один из специальных типов маховика, который предназначен для проведения накопления механической энергии. Существует отличие от обычных маховиков, которое заключается в том, что он способен сохранять на порядок больше кинетической энергии вследствие своих конструктивных особенностей.

По такому показателю, как удельная ёмкость энергии (кВт·ч/кг), супермаховики вышли на первое место. При этом срок их службы намного больше, чем, например, у батарей. В Исследовательском центре НАСА имени Джона Х. Гленна в Льюис-Филд (США) и Космическом центре имени Линдона Джонсона (США) создана маховичная энергетическая установка для международной космической станции (МКС), заметно превосходящая использовавшиеся ранее никель-водородные аккумуляторы. Маховики могут запастись 5,5 кВт·ч энергии против 4,6 кВт·ч у электрохимических аккумуляторов, при этом срок их службы оценивается в 15 лет, а аккумуляторных батарей в 5-6 лет.

Супермаховик способен запасать больше энергии на единицу массы (5-10 Мдж/кг или 1.4-4.17 кВт·ч/кг), чем все известные накопители энергии – электрохимические аккумуляторы, конденсаторы, пружины и пр. Это объясняется тем, что супермаховик можно разогнать до огромных скоростей, причём «зарядка» такого накопителя происходит очень быстро.

Окончательный вид супермаховик имеет тогда, когда он может запасать и отдавать энергию. С этой целью создают мотор-генератор, в котором статор – это барабан, а ротор – та ось, вокруг которой он вращается. В результате при подключении в сеть он будет проводить запасы энергии. В случае подключения нагрузки КПД этого преобразования достигает 98 %, будет проходить отдача энергии.

Супермаховик, навитый из углеволокна, может в 20-30 раз превзойти стальной по плотности энергии, а если использовать для его изготовления, например, алмазное волокно, то накопитель приобретает фантастическую энергоёмкость – 15 МДж/кг. Но и это не предел: сегодня с помощью нанотехнологий на основе углерода создаются волокна суперпрочности, если из такого материала навить супермаховик, то его плотность энергии может достичь 2500-3500 МДж/кг.

Установка 500 МВт аккумулирующих мощностей эквивалентна строительству нового блока АЭС в 1000 МВт, а стоимость одного блока колеблется в диапазоне 1,5-1,6 млрд долларов США. Стоимость аккумуляторов оценивается на уровне 400-500 \$/кВт установленной мощности, и это при сроке монтажа не более 3-4 месяцев.

При интеграции в энергосистему супермаховик гораздо проще и неприхотливее любых аккумуляторов. Бронекапсулу с устройством можно закопать в грунт на глубину нескольких метров, и наверху останутся только несколько проводов для управления и использования [5].

Сравнительные характеристики аккумулирующих устройств представлены в табл. 2 и на рис. 1 [6].

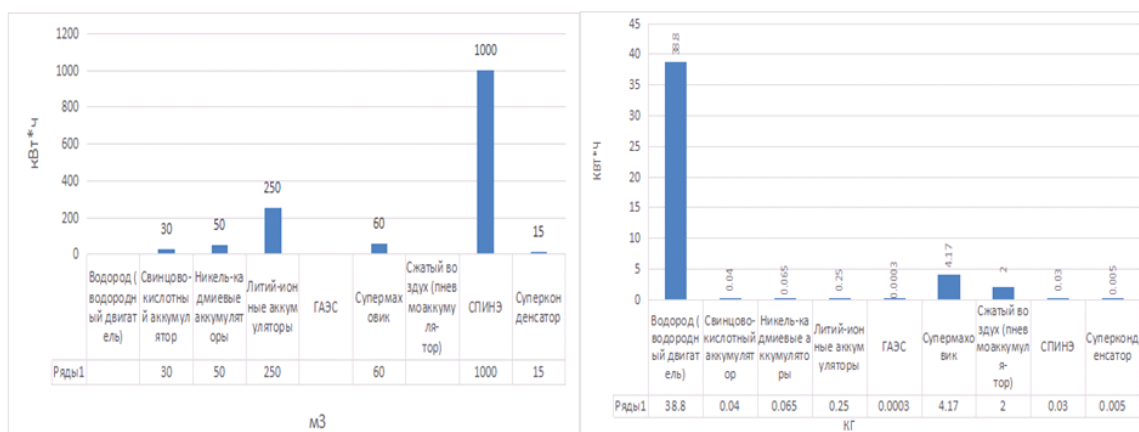
Таблица 2

Сравнительные характеристики аккумулирующих устройств

Устройство аккумулярования (материал)	Удельная массовая энергоёмкость, кВт·ч/кг (без учёта КПД)	КПД, %	Удельная стоимость строительства, долл. США за 1 кВт·ч	Удельная стоимость обслуживания, долл. США за 1 кВт в год	Удельная объёмная энергоёмкость кВт·ч/м <sup>3</sup>
Водород (водородный двигатель)	38,8	50-60	-	-	-



Свинцово-кислотный аккумулятор	0,01-0,04	70-80	2 000 –3 500	600-800	30-150
Никель-кадмиевые аккумуляторы	0,045-0,065	60-70	500-1500	1000	50-150
Литий-ионные аккумуляторы	0,110-0,250	70	2000-4000	200-500	250-400
ГАЭС	0,0003	70-75	Более 2000	80-200	-
Супермаховик	1,4-4,17	96-98	800-1200	50-80	60-550
Сжатый воздух	2 (на 1 м <sup>3</sup> )	30-50	2000-10000	500	-
СПИНЭ	0,001-0,03	97-98	-	-	1000-10000
Суперконденсатор	0,001-0,005	95	1450	50-100	15-45



а б  
Рис. 1. Энергоемкость аккумулирующих устройств на единицу:  
а – объема; б – массы

В работе приведены и исследованы самые перспективные накопители. Все рассмотренные накопители имеют как свои существенные плюсы, так и минусы. Для применения в качестве аккумулирующих систем целесообразно использовать супермаховики. Их габариты, КПД, ресурс, скорость заряда/разряда и – самое главное – отсутствие требования определённых мест для постройки дают им преимущество перед остальными рассмотренными аккумулирующими системами.

#### Литература

1. Гуртовцев, А. Л. Гидроаккумулирующие электростанции / А. Л. Гуртовцев. – Текст: электронный // Электро. Электротехника, электроэнергетика электротехническая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 43-48: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12501664> (дата обращения: 21.12.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Гибридный накопитель электроэнергии / К. К. Деньщиков, А. З. Жук, В. Е. Фортов, А. Е. Шейдлин. – Текст: электронный // Энергия: экономика, техника, экология. – 2015. – № 2. – С. 2-10: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23185553> (дата обращения: 21.12.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Лысов, Н. А. Оценка эффективности аккумулирования энергии сжатого воздуха с последующим преобразованием в электроэнергию в небольших объёмах / А. Н. Лысов, А. В. Янченко: – [сайт]. – URL: <https://www.uzknastu.ru/files/pdf/45/Лысов.pdf> / (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.

4. Смоленцев, Н. И. Накопители энергии в локальных электрических сетях / Н. И. Смоленцев // Ползуновский вестник. – 2013. – С. 176-181: [сайт]. – URL: [https://polzvestnik.altstuold2/pv2013\\_.pdf](https://polzvestnik.altstuold2/pv2013_.pdf) / (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.

5. Каранкевич, В. В. Супермаховики как перспективный способ аккумулирования энергии / В. В. Каранкевич, А. С. Таранчук // Актуальные проблемы энергетики. – 2016. – С. 480-482: [сайт]. – URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29231/Supermahoviki\\_kak\\_perspektivnyj\\_sposob\\_akkumulirovaniya\\_energii.pdf?sequence=1](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29231/Supermahoviki_kak_perspektivnyj_sposob_akkumulirovaniya_energii.pdf?sequence=1) / (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.

6. Казанцев, С. Г. Кинетические накопители: мировые тренды и отечественные разработки с применением ВТСП-ЛЕНТ второго поколения / С. Г. Казанцев // Вопросы электромеханики Труды ВНИИЭМ. – 2016. – Т. 155. – № 6. – С. 3-21: [сайт]. – URL: [http://jurnal.vniiem.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=96&Itemid=14/](http://jurnal.vniiem.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=14/) (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 537.528: 621.313

### **Электромашинный возбудитель сейсмических колебаний**

<sup>1</sup>Шмигирилов Юрий Григорьевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Общая и медицинская физика»;

<sup>2</sup>Франковский Борис Анатольевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Инженерная графика и промышленный дизайн»

<sup>1</sup>Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Димитровград;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

*Обосновывается принципиальная возможность применения генератора ударной мощности в качестве накопителя и источника импульсной энергии в установках для электроразрядных технологий. Приводятся результаты расчетов и*

*экспериментальных исследований, положенные в основу проектирования электромашинного возбудителя сейсмических колебаний.*

Электрические разряды в воде, вызывающие ударные волны давления, находят применение в различных областях, в частности в сейсморазведке. В установках для получения электрогидравлического эффекта в основном используют батареи импульсных конденсаторов, выполняющие роль накопителей электрической энергии. В передвижных автономных установках для возбуждения сейсмических колебаний, где существует необходимость в генераторах электрической энергии для зарядки конденсаторов и действуют массогабаритные ограничения, энергия конденсаторных батарей составляет от 7 до 24 кДж при напряжении от 30 до 70 кВ [1-3].

Сравнительный анализ технико-экономических показателей накопителей энергии показал целесообразность применения в качестве источника и накопителя энергии специальных электрических машин – генераторов ударной мощности [4, 5]. Генераторы ударной мощности отвечают основным техническим требованиям, предъявляемым к накопителям энергии автономных транспортабельных установок для электрогидравлических технологий.

При анализе возможных вариантов реализации электромашинного возбудителя сейсмических колебаний (ЭмВСК) были приняты технические условия, ограничивающие массу генератора из условия монтажа установки на платформе автомобиля величиной 5 т.

Предварительные расчеты генератора ударной мощности с напряжением 15 кВ, достаточным для пробоя межэлектродного промежутка в воде 0,01 - 0,02 м, показали неэффективность данного варианта из-за несогласованности сопротивления генератора и сопротивления электроискрового промежутка в фазе дугового разряда. После электрического пробоя сопротивление межэлектродного промежутка понижается до  $10^{-2}$  Ом/см [7].

Ударным сопротивлением, близким к сопротивлению межэлектродного промежутка, обладают низковольтные генераторы ударной мощности, неспособные инициировать электроискровой разряд между электродами. Такой разряд низковольтного генератора необходимо инициировать вспомогательными средствами. Выбор способа инициирования существенно влияет на конструктивное и схемное решение ЭмВСК.

При выборе способа инициирования низковольтного разряда ударного генератора в процессе поиска технических решений ЭмВСК исходили из условий стабильности разряда; минимальных габаритов, веса устройства и энергетических

затрат на инициирование; четкой синхронизацией с заданным фазовым углом ЭДС генератора. Оценка эффективности работы системы ударный генератор – иницирующее устройство осуществлялась по скорости и величине вводимой энергии, а также по результатам измерения давления.

Из известных способов инициирования разряда для ЭМВСК наиболее приемлемы: электрический пробой жидкости под действием высокого напряжения от вспомогательного источника; испарение металлических проволочек, которыми предварительно не замыкаются электроды. Эти два способа были положены в основу двух конструктивных исполнений ЭМВСК: 1) с инициированием разряда генератора высоковольтным пробоем от предварительно заряженной конденсаторной батареи; 2) с инициированием разряда взрывающимися (испаряющимися) проволочками.

Принципиальная электрическая схема ЭМВСК с инициированием разряда генератора высоковольтным пробоем от предварительно заряженной конденсаторной батареи приведена на рис. 1.

При работе ЭМВСК генератор приводится во вращение от двигателя автомобиля. Генератор как накопитель аккумулирует кинетическую энергию в маховых массах ротора. При достижении заданной частоты вращения осуществляется форсированное возбуждение генератора. Напряжение генератора в виде положительной полуволны приложено через вентильный блок ВБ к электродам разрядника (ЭП), помещенного в скважину с водой. Одновременно через высоковольтный трансформатор ВТ и выпрямитель В заряжается конденсаторная батарея (КБ). В момент времени, задаваемый фазовым углом напряжения генератора, включается высоковольтное коммутирующее устройство (КУ), вызывая иницирующий разряд конденсаторной батареи в межэлектродном промежутке электроискрового преобразователя (ЭП).

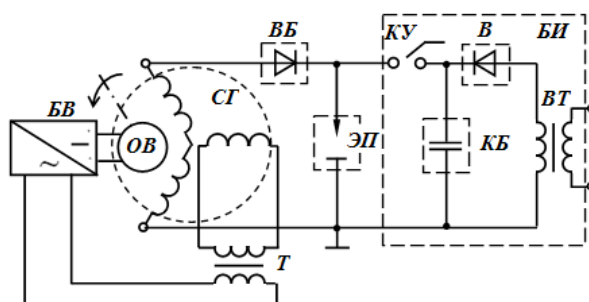


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема силовой части ЭМВСК: СГ – синхронный генератор; ОВ – обмотка возбуждения генератора; Т – трансформатор системы самовозбуждения; БВ – блок возбуждения генератора; ВБ – вентильный блок; ЭП – электроискровой преобразователь – разрядник; БИ – блок инициирования; КБ – высоковольтная конденсаторная батарея; ВТ – высоковольтный трансформатор; В – выпрямитель; КУ – коммутирующее устройство (триггер)

Разряд, инициированный высоким напряжением конденсаторной батареи и протекающий в течение нескольких микросекунд, перехватывается разрядом генератора. Ток генератора, близкий к току короткого замыкания, нарастает лавинообразно с одновременно развивающимися гидродинамическими процессами, вызывающими формирование импульсной волны давления. При переходе тока генератора через нуль вентильный блок ВБ разрывает цепь генератора, и дуга гаснет. Для того чтобы повторить разряд, необходимо вновь зарядить конденсаторную батарею блока инициирования. Частота повторения разрядов генератора определяется временем зарядки конденсаторной батареи, которое в свою очередь зависит от параметров зарядного устройства и емкости конденсаторной батареи.

Переходные процессы в цепи разрядного контура конденсаторной батареи описываются системой уравнений:

$$L_c \frac{di_c}{dt} + r_c i_c + R_p(t) i_c + \frac{1}{C} \int i_c dt = U_{c0} \quad (1)$$

и в цепи генератора:

$$L di/dt + ri + R_p(t)i = E_m \sin(\omega t + \psi), \quad (2)$$

где  $L_c$ ,  $r_c$  – индуктивность и активное сопротивление разрядного контура конденсаторной батареи;  $R_p(t)$  – нелинейное сопротивление разрядного промежутка ЭГИ, определялось в лидерной по Е.В. Кривицкому [8] и в канальной стадиях разряда по результатам работы [7];  $C$  – емкость конденсаторной батареи;  $i_c$  – ток инициирующего разряда;  $U_{c0}$  – напряжение конденсаторной батареи перед разрядом;  $L$ ,  $r$  – индуктивность и активное сопротивление разрядного контура генератора;  $E_m$  – амплитуда ЭДС генератора (линейная);  $\psi$  – начальный угол ЭДС, при котором  $e(t) = u_c(t)$ .

Результаты расчетов показывают, что инициирующий разряд конденсаторной батареи вызовет разряд генератора, то есть будет сопровождаться вводом энергии от генератора, если напряжение генератора в момент пробоя составляет 100 В и выше на сантиметр длины межэлектродного промежутка.

В табл. 1 приведены результаты расчетов, выполненные для генератора ударной мощности с транспортабельной массой 5 т.

Таблица 1

Характеристика электрических разрядов генератора ударной мощности, инициированных импульсным высоким напряжением конденсаторов (амплитуда ЭДС генератора  $E_m = 2,5$  кВ; частота вращения  $n = 3000$  об/мин; кинетическая энергия в маховых массах ротора  $W_p = 410$  кДж;  $\psi$  – фазовый угол ЭДС генератора в момент инициирования разряда)

$\psi$	$I_{pm}$ , кА	$W_p$ , кДж	$P$ , МПа
$\pi/4$	49,9	70,1	11,5
$\pi/3$	44,4	66,6	22,5
$\pi/2$	30,5	34,4	8,2

С целью экспериментальной проверки возможности возбуждения сейсмических колебаний с помощью ЭМВСК и оценки эффективности применения электрической машины в качестве накопителя-источника энергии в электрогидравлических установках была создана опытно-промышленная установка, где в качестве накопителя-источника импульсной электрической энергии использовался синхронный генератор СГ-12-46-6, технические данные которого приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики синхронного генератора в номинальном и форсированном режимах

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Величина
1.	Номинальное напряжение	$U_{ном}$	400 В
2.	Номинальный ток	$I_{ном}$	850 А
3.	Номинальная мощность	$P_{ном}$	470 кВт
4.	Номинальная частота вращения	$n_{ном}$	1000 об/мин
5.	Ударное индуктивное сопротивление обмотки статора (частота вращения ротора $n = 1.5n_{ном}$ )	$x_{уд}$	0,185 Ом
6.	Ударный ток при форсированном возбуждении	$I_{уд}$	11000 А
7.	Энергия внезапного короткого замыкания при форсированном возбуждении ( $n = 1.5n_{ном}$ )	$W_{кз}$	23,8 кДж
8.	Энергия, запасаемая ротором генератора при вращении ротора с частотой $n = 1.5n_{ном}$	$W_p$	537 кДж

Принципиальная электрическая схема (рис. 1) соответствует экспериментальной установке ЭМВСК с синхронным генератором СГ-12-46-6 и инициированием разряда от высоковольтной конденсаторной батареи. На рис. 2 и 3 приведены характерные осциллограммы при разряде конденсаторной батареи и результаты их обработки.

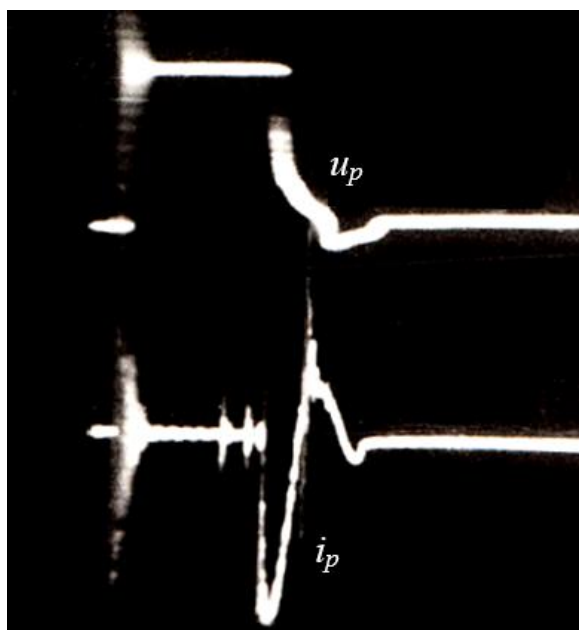


Рис. 2. Осциллограммы инициирующего напряжения  $u_p$  и тока разряда  $i_p$  конденсаторной батареи

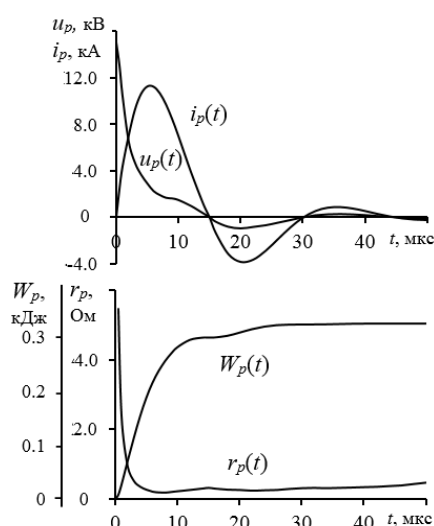


Рис. 3. Временные характеристики канала разряда: напряжения  $u_p(t)$ , тока разряда  $i_p(t)$ , сопротивления  $r_p(t)$  и энергии  $W_p(t)$ , введенной в канал разряда

Применение серийного синхронного генератора связано с тем, что ударные генераторы с массогабаритными показателями, удовлетворяющими требованиям, предъявляемым к передвижным установкам, промышленностью не выпускаются. В то же время применение серийного генератора в ЭМВСК позволяет выявить все особенности работы ударного генератора на инициирующую дугу в воде и отработать взаимодействие блоков устройств.

Экспериментальные исследования работы ЭМВСК подтвердили ранее сделанные выводы, что разряд генератора, инициированный конденсаторной батареей, зависит от начального угла включения генератора  $\psi$ . Величина вводимой энергии и время горения дуги возрастают с уменьшением начального угла включения, но амплитуда импульса давления определяется скоростью ввода энергии.

Обобщенные результаты исследования ЭМВСК легли в основу технического задания на проектирование специального генератора ударной мощности для автономных электрогидравлических установок.

#### Литература

1. Мирзоян, Ю. Д. Источники упругой энергии и возбуждение сейсмических волн при наблюдениях ВСП на море // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2000. – № 9. – С. 22-28.

2. Электроискровой источник упругих волн для целей наземной сейсморазведки / Под ред. А. В. Калинина. – Москва: Изд-во МГУ. – 1989. – 193 с.

3. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / Под ред. М. Б. Шнеерсона. – Москва: ОАО «Издательство «Недра», 1998. – 527 с.

5. Сипайлов, Г. А. Генераторы ударной мощности / Г. А. Сипайлов, К. А. Хорьков. – Москва: Энергия, 1979. – 128 с.

6. Шмигирилов, Ю. Г. Применение электромашинного генератора для сейсморазведки / Ю. Г. Шмигирилов, Б. А. Франковский // Геофизика. – 2015. – № 1. – С. 82-86.

7. Шмигирилов, Ю. Г. Электрические характеристики подводного разряда генератора ударной мощности / Ю. Г. Шмигирилов, Б. А. Франковский // Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». – 2018. – Т. 7. – № 4. – С. 304-311.

8. Кривицкий, Е. В. Динамика электровзрыва в жидкости / Е. В. Кривицкий. – Киев: Наук. думка, 1986. – 208 с.



**Анализ возможностей верификации программного обеспечения  
на основе автоматного программирования**

<sup>1</sup>Юртаев Александр Григорьевич, аспирант;

<sup>1</sup>Степанов Михаил Федорович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации»;

<sup>2</sup>Петров Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Системотехника»

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

<sup>2</sup>Институт проблем точной механики и управления – обособленное структурное  
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр  
Российской академии наук», г. Саратов

*В статье проведен анализ верификации программного обеспечения систем управления для ответственных применений на основе конечных автоматов), приведена классификация проверок корректности программного обеспечения, обоснование причин применения статических методов верификации систем ответственного применения. Приведены основные известные программные комплексы для моделирования систем управления летательным аппаратом с использованием автоматного подхода.*

В современном мире программное обеспечение занимает все большее место в жизни человека. Программные системы используются в военной промышленности, авиации, космической сфере, медицине, где предъявляются повышенные требования к корректности работы систем. На программное обеспечение возлагается все больше ответственности. В результате увеличивающегося объема автоматизации все более остро возникает потребность заранее обнаруживать и устранять ошибки в управляющих программах. Относится это не только к безопасности. Немаловажной является и экономическая составляющая вопроса: допущенная при разработке устройства и найденная лишь после производства опытных образцов или уже в процессе эксплуатации ошибка приводит к тому, что необходимо вносить коррективы не только в проектную документацию, но и исправлять все произведенные устройства. Таким образом, корректность программного обеспечения – одно из ключевых свойств, а методы проверки и задача обеспечения корректности являются одной из важнейших и

актуальнейших областей в инженерии программного обеспечения, а также и в самой разработке ПО.

Классификация проверок корректности.

Обычно подходы проверки корректности программного обеспечения делятся на два вида: динамический и статический.

При динамическом подходе проверка осуществляется в процессе исполнения программы. Наиболее часто встречающимся примером применения этого подхода является тестирование программ. Тестирование системы заключается в анализе её поведения на некоторых входных данных [3]. Однако тестирование в полном объеме никогда не сможет гарантировать корректность программы. А также по своей природе тестирование может быть использовано только после реализации прототипа системы.

Статические методы проверки могут гарантировать корректность программы. Простейшим видом статической проверки является проверка синтаксиса программного кода. Подобная проверка существует в любом компиляторе – этап синтаксического анализа. Следующая ступень – процесс валидации. При валидации осуществляется контроль за выполнением таких более сложных свойств программной системы, как например, корректность типов, выполняемый на этапе семантического анализа. Однако наиболее глубоким видом статической проверки корректности является формальная верификация – доказательство соответствия программного обеспечения системы некоторому набору свойств (формальной спецификации системы), описанному на некотором формальном языке. Формальная верификация как противоположность тестированию основана на строгом математическом доказательстве корректности [2].

Формальная верификация имеет два основных направления [2]: доказательная верификация и проверка модели (Model Checking).

Доказательная верификация является строгим доказательством того, что программное обеспечение системы работает корректно. Основная идея заключается в том, чтобы построить формальную (математическую) модель системы, которая отражает возможное поведение системы. При этом составляют формальную спецификацию требований, отражающую требуемое поведение системы. На основе этих двух спецификаций можно проверить формальным доказательством, действительно ли возможное поведение совпадает с требуемым [1].

В общем случае реализация доказательной верификации требует большого объема ручной работы, что делает ее малоприменимой для программных систем значительного размера.

Основная идея метода проверки моделей (model checking) состоит в верификации программной модели с конечным числом состояний. Для верификации модели программы необходимо построить модель с конечным числом состояний и формально описать требования к программе в терминах темпоральной логики. В результате либо подтверждается соответствие модели формализованным требованиям, либо выдается контрпример. В случае контрпримера необходимо определить причину некорректности: в исходной программе, в формальной спецификации или при построении модели. Контрпример при этом должен быть перенесен из модели в исходную программу. Для программ общего вида подобные действия плохо поддаются автоматизации. Автоматные программы, в отличие от написанных традиционно программ, сравнительно легко верифицируются методом Model Checking, что обеспечивает сама парадигма автоматного программирования. Преобразование программы в модель может быть автоматизировано. Также может быть автоматизировано и обратное преобразование в случае, если верификатор построил контрпример [1].

Формальная верификация должна быть применена прежде всего в построении систем ответственного применения. Примером отрасли, в которой применение формальных методов целесообразно, является авионика.

Верификация составляет около 400 % времени разработки самого программного обеспечения в сферах ответственного применения. Однако лишь подобные формальные методы корректности программного обеспечения могут обеспечить надежность и прослеживаемость результатов.

Автоматное программирование.

Автоматное программирование является одним из стилей программирования, при использовании которого поведение программ предлагается описывать автоматами, которые в дальнейшем преобразуются в код [2]. Основным преимуществом автоматного подхода является наглядный вид структуры управляющей программы, что само по себе уменьшает количество ошибок при проектировании и реализации ПО. Автоматное программирование минимизирует трудности при переходах по этапам жизненного цикла ПО: составление требований – реализация – верификация.

Инструменты проектирования автоматных программ.

Наиболее известными и часто применяемыми инструментами для построения автоматных программ с последующей кодогенерацией являются:

1. Matlab/Simulink [6]. В данной среде существует графический язык программирования, называемый Stateflow, который применяется для создания управляющей логики на основе конечных автоматов, таблиц истинности и блок–схем.

2. SimInTech [7]. Специальная библиотека блоков обеспечивает создание моделей систем в виде конечных автоматов и может быть использована при создании моделей систем управления.

3. Rhapsody [8]. Среда позволяет строить модели конечных автоматов в виде UML-диаграмм.

Проверка автоматных программ.

При использовании метода проверки модели (model checking) конечная модель и составляющие спецификацию свойств формулы темпоральной логики передаются на вход верификатору, и далее проверка их соответствия осуществляется автоматически (как правило, с применением алгоритмов перебора) [4].

Проверка адекватности модели программы в виде конечного автомата при наличии формального описания решаемой задачи может быть осуществлена с помощью методов преобразования конечных автоматов.

Для спецификации свойств программ используются наиболее распространённые и широко применяемые темпоральные логики: логика линейного времени LTL (linear–time temporal logic) и логика ветвящегося времени CTL (branching–time temporal logic или computation tree logic) [5]. Свойства программной системы в виде автоматов формулируются естественным и понятным образом (в том числе и на языках темпоральных логик). Проверка свойств осуществляется в терминах, которые вытекают из автоматной модели программы [5].

Выводы.

С точки зрения верификации рационально в технических заданиях на разработку программного обеспечения записывать требование использовать автоматное программирование. Для предметной области, которой является авионика, где предъявляются повышенные требования к корректности работы систем, целесообразно использовать программные продукты Rhapsody и SimInTech для построения моделей и последующей их формальной верификации.

#### Литература

1. Верификация автоматных программ / С. Э. Вельдер, М. А. Лукин, А. А. Шалыто, Б. Р. Яминов – СПб.: Наука. – 2011. – 244 с.

2. Поликарпова, Н. И. Автоматное программирование / Н. И. Поликарпова, А. А. Шальто. – СПб.: Питер, 2008. – 167 с.
3. Миронов, А. М. Верификация программ методом Model Checking / А. М. Миронов. – М.: Изд-во ООО «МАКС Пресс», 2018. – 74 с.
4. Кузьмин, Е. В. О верификации «автоматных» программ / Е. В. Кузьмин, В. А. Соколов // Сборник статей к 20-летию факультета ИВТ «Актуальные проблемы математики и информатики». – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – С. 27-32.
5. Кузьмин, Е. В. О дисциплине специализации «Верификация программ» / Е. В. Кузьмин, В. А. Соколов // Доклады II-й научно-методической конференции преподавателей математического факультета и факультета ИВТ «Преподавание математики и компьютерных наук в классическом университете». – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – С. 91-101.
6. MathWorks: сайт / Simulink is for model-based design: [сайт] – URL: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html> (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.
7. Справочная система SimInTech: сайт / О SimInTech. – URL: [https://help.simintech.ru/#o\\_simintech/o\\_simintech.html](https://help.simintech.ru/#o_simintech/o_simintech.html) (дата обращения: 15.12.2021). – Текст: электронный.
8. IBM: сайт / IBM Engineering Systems Design Rhapsody. – URL: <https://www.ibm.com/ru-ru/products/systems-design-rhapsody> (дата обращения: 22.12.2021). – Текст: электронный.

**СЕКЦИЯ 2**  
**«IT – ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

УДК 629.039.58

**Моделирование инфраструктуры умного дома**

Акимова Варвара Валерьевна, студент направления «Управление качеством»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Построена и исследована модель сетевой инфраструктуры умного дома в программе Cisco Packet Tracer.*

Умный дом (IoT) – это комплексная система автоматизации управления различными датчиками, элементами и исполнительными устройствами, расположенными в частном доме, офисе, квартире или здании. Умный дом представляет собой совокупность трех основных направлений:

- 1) повышение уровня безопасности жизни;
- 2) улучшение комфорта жизни;
- 3) эффективность и экономия ресурсопотребления.

Все началось с самого простого, с регулировки света, когда был запатентован полупроводниковый диммер – специальное устройство, плавно меняющее яркость освещения.

В настоящее время немислимо развитие без учета цифровых трансформаций и соответствующих самых подробных и точных стандартов. Умная инфраструктура понимается как результат объединения физической инфраструктуры с цифровой инфраструктурой, предоставление улучшенной информации для принятия решений быстрее и дешевле. Инфраструктура является комплексом взаимосвязанных обслуживающих объектов, которые обеспечивают работу систем [1].

В умном доме совершается объединение всех устройств почти на всех уровнях модели OSI. Для построения надёжной, стабильно работающей системы необходимо на

этапе планирования проверить все внедряемые технические решения. Моделирование сетевой инфраструктуры позволяет на этапе планирования определить проблемные места будущей сети и устранить неполадки.

Цель работы: провести моделирование сетевой инфраструктуры умного дома в симуляторе Cisco Packet Tracer.

Для симуляции работы устройств проекта умного дома будет использоваться программа Cisco Packet Tracer и IDE Omnet++.

Локальная сеть умного дома имеет двухуровневую структуру и состоит из трёх групп оборудования:

- Сетевые и коммуникационные устройства: сервер приложений и хранения файлов (Server0); сетевое и коммутационное оборудование: маршрутизаторы (Router0 и Router1), выполняющие роли шлюза, DHCP сервера, NAT, точка доступа для IoT устройств, модем.

- Пользовательские устройства: ПК, ноутбуки, смартфоны, планшеты.

- IoT устройства.

Router0 образует верхний, первый уровень иерархии, на котором производится маршрутизация информационных потоков, подключены устройства второго уровня и канал выхода в интернет. Второй, нижний уровень представлен двумя точками доступа - для пользовательских и IoT устройств [1, 2].

Адресное пространство, при помощи сети разделенное на три подсети:

- Основная подсеть, которой пользуются обитатели дома, MAC-адреса необходимых устройств зарегистрированы на DHCP сервере и получают или статический ip-адрес, или динамический из заданного диапазона.

- Подсеть IoT устройств.

- Гостевая подсеть, раздаётся WiFi для посетителей дома, доступ к соседним подсетям ограничивается.

На сервере расположено файловое хранилище, веб-сервер, программное обеспечение системы безопасности (ИНС) (рис. 1а).

Идея проекта основана на принципе того, что данные со всех датчиков и приборов будут поступать в шлюз управления, а от него дальше сигнал будет поступать хозяину дома в облачный сервис, а также некоторыми из устройств хозяин может управлять с помощью смартфона (рис. 1б). В результате чего появляется возможность удаленного управления и отслеживания состояния домашних приборов и

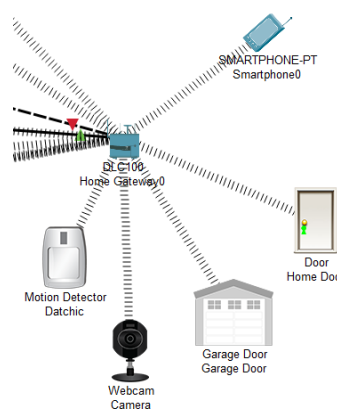
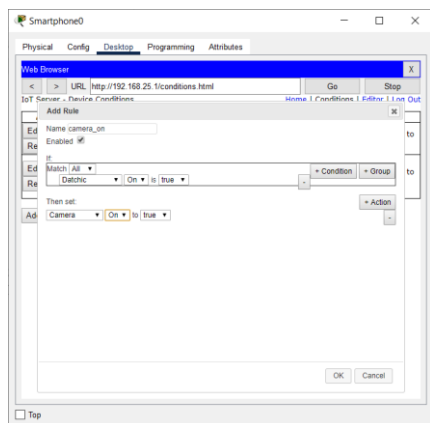
датчиков. Важным аспектом является безопасность данной системы и повышенная отказоустойчивость [2].

Для обеспечения повышенной безопасности дома используют набор датчиков подачи воды, газа, электрические предохранители и температуры. Кроме перечисленных датчиков также применяются датчики сигнализации, установленные на двери и окнах.

Для качественной безопасности принята функция, которая способна имитировать присутствие – система включит свет, откроет или закроет шторы, тем самым испугав воров. Благодаря датчикам, безопасность членов семьи сохранена. Кнопка «паника», установленная рядом с кроватью владельца, запускает ряд событий – она отправляет информацию в службу безопасности, может подать сигнал или включить свет в здании (рис. 1б).



a



б

Рис. 1. Проект умного дома:

a – схема сети; б – схема подключения безопасности дома (датчики движения)

Для обеспечения комфортного доступа в дом задано условие распознавания лиц при входе в здание – система автоматически откроет двери перед жильцом [3].



Если условия были не выполнены, система предоставляет контрольный вопрос, который был установлен клиентом при установке системы.

Обеспечение информационной защиты доступа к сети умного дома осуществляется маршрутизаторами Router0 и Router1, выполняющими роль брандмауэра и VPN сервера.

Чтобы обезопасить систему, необходимо в первую очередь повысить защищенность слабых звеньев. Система должна правильно реагировать на возможные атаки (рис. 3). Атакующий может не только перехватывать данные, но и попытаться физически вмешаться в работу устройств системы, например, отключить их. В таком случае другие устройства должны заметить аномалию в виде недоступного первого гаджета.

Любая попытка атаки влияет на характеристики системы умного дома – значит, их необходимо анализировать. Если два устройства проводят мониторинг активности сети и выполняют анализ взаимодействия, то скрыть атаку вроде MITM (перехват данных, позволяющих внедриться в сеть) взломщик не сможет.

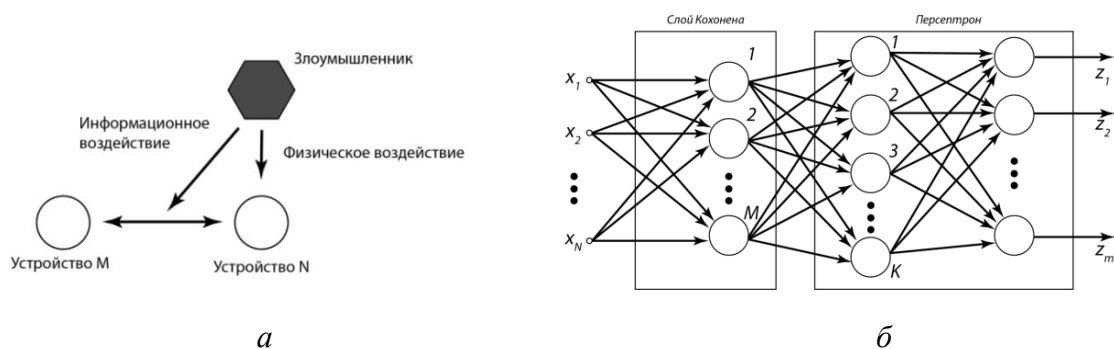


Рис. 2. Комплекс безопасности умного дома:  
 а - схема воздействия на устройства системы умного дома;  
 б - схема гибридной нейронной системы

Для решения вопроса осуществления безопасности данных разработана гибридная нейронная сеть [4], объединяющая две модели искусственных нейронных сетей: самоорганизующуюся сеть с конкуренцией и многослойный персептрон.

В работе используется гибридная нейронная сеть, объединяющая две модели искусственных нейронных сетей: самоорганизующуюся сеть с конкуренцией (слой Кохонена) и многослойный персептрон. Структура гибридной нейронной сети представлена на рис. 2б.

После обучения искусственная нейронная сеть способна на основании входящих данных выносить решения о принадлежности текущего состояния узла сети к аномальному или обычному с точностью в 91,47 %. Второй модуль представляет собой

реализацию модели системы «Умный дом» в специальной среде моделирования. Для разработки данного модуля использовалась IDE Omnet++, которая позволяет создавать различные топологии сетей, задавать логику их работы (рис. 3а).

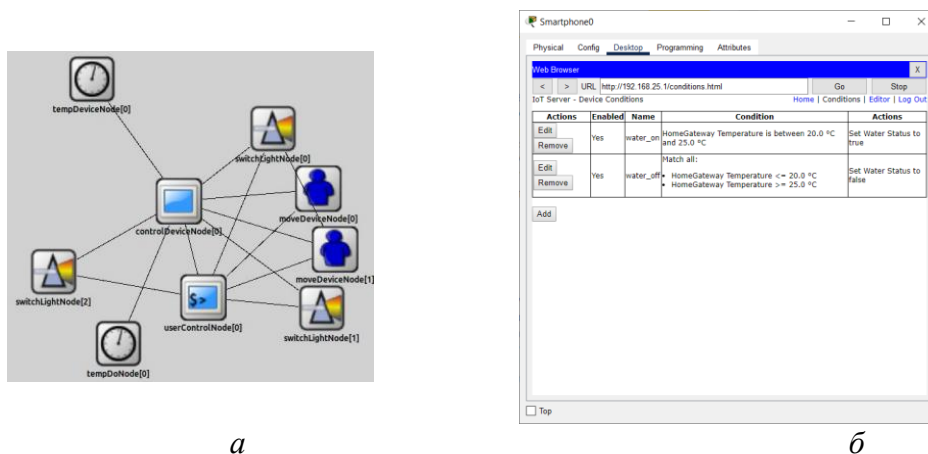


Рис. 3. а - упрощенная модель УД; б - установка температуры батареи для устранения возгорания

Модель давала данные об информационных потоках в сети, а искусственная нейронная сеть выносила решения на основе предоставленных данных. В модели «Умный дом» было использовано два ключевых устройства: controlDeviceNode (устройство с детектором аномалий) и tempDeviceNode. В трафик сети встраивались дополнительные потоки данных, отсутствующие при нормальном режиме работы. Так, если отправка запроса на получение пакета проходит каждые 5 минут, то источник tempDeviceNode начинал передавать случайным адресатам сообщения каждую минуту. Полученные данные позволяют провести анализ количества входящих пакетов за единицу времени на промежуточном узле controlDeviceNode с помощью искусственной нейронной сети.

Необходимо добавить, что также важным аспектом проектировки является отказоустойчивость системы. Самым уязвимым местом работы концепции умного дома является электричество. При его отсутствии система работать не будет. Для обеспечения нормальной работы системы при любых условиях необходимо использовать аккумуляторные батареи для поддержания работоспособности системы продолжительное время. При отсутствии семьи датчики могут контролировать обеспечение тепла в доме (рис. 3б).

Умный дом – это комплекс решений, позволяющих автоматизировать повседневные действия, избавляя владельца от рутины. Единая система, обеспечивающая конкретные преимущества пользователю, в том числе наглядность контроля, удобство, экономию сил и времени.

Вывод: Была изучена система управления умного дома и произведено моделирование инфраструктуры УД в программе Cisco Packet Tracer в режимах симуляции и реального времени. Создана искусственная нейронная сеть в IDE Omnet++, предназначенная для оценки безопасности данных. Построение модели телекоммуникационной части умного дома позволило отработать инженерно-проектировочные решения, определить структуру адресного пространства, создать конфигурационные файлы для настройки сетевого оборудования.

#### Литература

1. DomoticzFaq: [сайт]. – URL: <https://domoticzfaq.ru/princzip-raboty-umnogo-doma/> (дата обращения: 24.11.2021). – Текст: электронный.
2. Блог Энди Старикова: [сайт]. – URL: <https://caexpert.ru/laboratornaya-rabota-7-cisco-packet-tracer-dobavlenie-ustrojstv-iot-v-set.html> (дата обращения: 22.11.2021). – Текст: электронный.
3. Ua.Automation.com: [сайт]. – URL: [http://ua.automation.com/umnyj-dom?pageId=5569&\\_page=2](http://ua.automation.com/umnyj-dom?pageId=5569&_page=2) (дата обращения: 24.11.2021). – Текст: электронный.
4. OMNeT++ /разработчик «OpenSim Ltd».-2020: [сайт]. – URL: <https://omnetpp.org/doc/omnetpp/manual/usman.html> (дата обращения: 27.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 541:378.147.15

#### **Особенности коммуникационного взаимодействия преподавателя и студента при дистанционном обучении по курсу химии с точки зрения качества обучения**

Ананьева Елена Алексеевна, кандидат химических наук,  
доцент кафедры «Общая химия»;

Наговицына Ольга Андреевна, старший преподаватель кафедры «Общая химия»;

Сорока Ирина Владимировна, доцент кафедры «Общая химия»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», г. Москва

*В статье рассмотрены актуальные вопросы качества образования при использовании дистанционных форм обучения по курсу химии в рамках подготовки*

*специалистов, работающих в области энергетики и способных решать возникающие глобальные проблемы современности. Рассмотрены особенности коммуникационного взаимодействия преподавателя и студента на онлайн-занятиях. Отмечено снижение мотивации к обучению, возникновение у студентов фрагментарности знаний по разным разделам, неумение студентов находить обобщающие закономерности и, как следствие, снижение уровня усвоения теоретического материала.*

Сформированный сейчас способ организации учебного процесса с широким привлечением дистанционных форм обучения является вынужденным, возникшим в кратчайшие сроки, и уступает классическому обучению. Организация учебного процесса в период пандемии представляет собой уникальный педагогический эксперимент по созданию совершенно новой формы организации учебного процесса в системе образования России [1, 2]. Систематизировать, обобщить опыт и дать оценку качеству образования в новом формате предстоит в будущем, проанализировав большое количество статистических данных на протяжении длительного времени.

Цель и задачи исследования – описать и проанализировать результаты взаимодействия преподавателя и студента на онлайн-лекциях, а также при проведении контроля на лабораторно-семинарских занятиях в очном и дистанционном форматах. Уровень освоения курса химии оценивали с помощью различных форм контроля: опрос, коллоквиум, тест, домашнее задание, онлайн-тесты электронных учебников по курсу химии на платформе [lms.mephi.ru](https://lms.mephi.ru). Задачей также ставилось сравнить результаты онлайн-контроля по конкретной тематике с очным контролем.

Дисциплина «Общая химия» является общеобразовательной для инженерно-физических специальностей и направлений. Современный уровень развития технологий нуждается в специалистах, владеющих основами химического мышления. Исследование качества обучения по курсу химии выполнено с опорой на компетентности, системный и междисциплинарный подходы. Использовались методы ИКТ с применением программных средств обучения и контроля (рис. 1), в том числе образовательные курсы на платформе Moodle.

С переходом на дистанционное обучение лекции по всем предметам проводятся только онлайн на платформах Zoom или Skype for Business. Оценим эффективность дистанционного варианта лекций. На первый взгляд, он имеет ряд преимуществ:

1) преподавателю и студенту не нужно тратить время на дорогу до учебного заведения;

2) записи лекций выкладываются лектором на корпоративный портал [home.mephi.ru](https://home.mephi.ru), и они доступны студентам. Студенты могут многократно пересматривать записи лекций, чтобы лучше усвоить материал;

3) во время лекции доступны следующие виды коммуникации: камера, микрофон, чат, дающие возможность общения с преподавателем в режиме реального времени. Вне лекций – электронная почта, сотовая связь, Skype, портал home.merphi.ru.

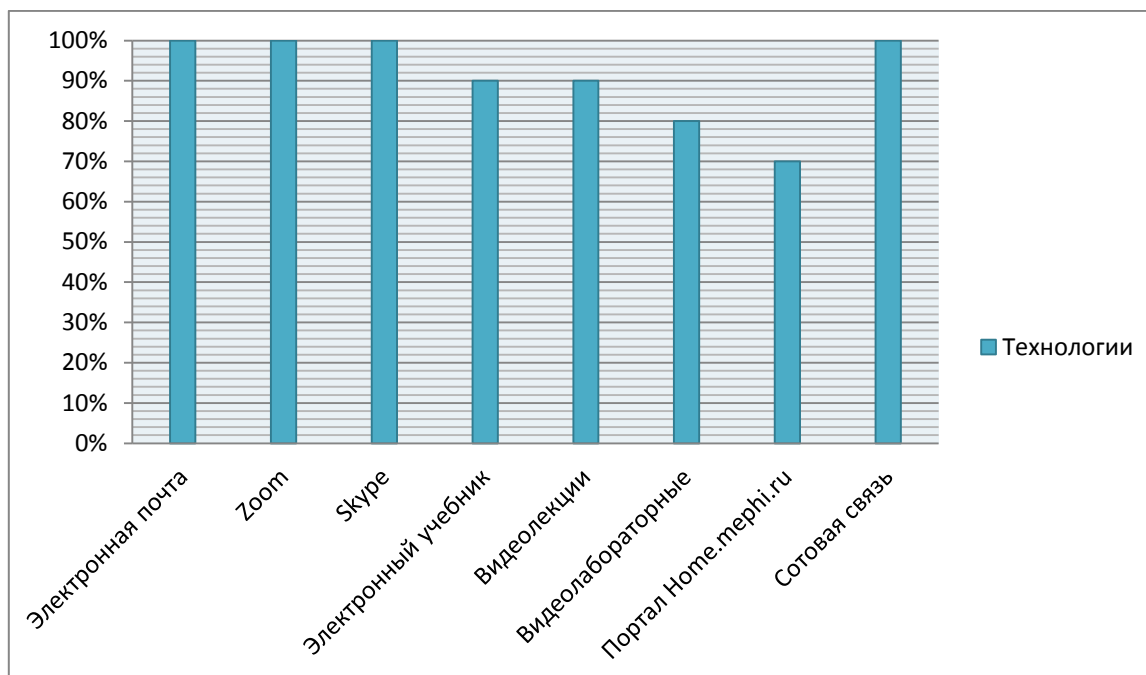


Рис. 1. Используемые информационные технологии для дистанционного обучения

Однако восприятие теоретического материала, изложенного на лекциях, значительно снизилось, особенно у студентов, объединенных в большие потоки (100-150 слушателей). Одна из причин плохого усвоения теоретического материала – недостаток самодисциплины обучающихся. Большинство студентов воспринимают новую информацию только при личном присутствии в аудитории, слушая лектора, который эмоционально украшает процесс познания и при этом осуществляет постоянный контроль усвоения материала. При онлайн-прослушивании лекции студент прекрасно понимает, что он не находится в поле зрения преподавателя, он может расслабиться, легко потерять логику и смысл излагаемого материала и в результате утратить интерес к изучаемой теме. Из-за возникшей скуки теряется положительная мотивация и цель обучения. В этой ситуации студент считает, что ничего плохого не произошло, даже если он ничего не понял по теме лекции или пропустил занятие, ведь доступна запись, и он позже посмотрит и законспектирует ее. Таким образом, онлайн-лекции не экономят, а увеличивают время на освоение изучаемой темы. Доступность же видеозаписи лекций (в любой день, в любое время) приводит, как правило, к просмотру изучаемого материала в авральном режиме, накануне занятия, поэтому

времени, чтобы детально разобраться, понять и усвоить данную тему, оказывается недостаточно.

Вторая причина плохого усвоения материала – преподаватель не ощущает настрой аудитории, ему сложно определить, не видя выражение лиц, глаз студентов, все ли поняли изучаемый материал. На онлайн-лекции студенты могут задавать вопросы по излагаемому материалу, однако пользуются этим очень редко, что лишний раз подтверждает пассивное отношение к этой форме обучения. В очном варианте лекций преподаватель видит и слышит реакцию аудитории, быстро перестраивается, вводит дополнительные пояснения, иллюстрации, уравнения, графики, и так до тех пор, пока не убедится в положительной реакции, в появлении заинтересованности и повышении мотивации. В очном варианте обучения студенты легче идут на личный контакт, задают вопросы и во время лекции, и после [3].

Следующая важная причина заключается в медленной адаптации к новой методике получения знаний, в отсутствии навыков самостоятельной работы с учебным материалом, в неумении распределять время на занятия. В разговоре студенты часто отмечают, что учеба в школе и университете – это несравнимые по сложности и трудоемкости учебные занятия.

Существующие проблемы с техническим оснащением дистанционных занятий и со связью (как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей) оказывают влияние на качество образования, ухудшают понимание изучаемой темы. И если при очном проведении занятий легко и быстро сделать пояснения на доске, записать уравнения реакций, изобразить схему, рисунок, то в дистанционном формате такой оперативной возможности часто нет, требуется время на переход к дополнительным возможностям онлайн-платформы. В случае потери связи тратится время и на переподключение, при этом не все студенты возвращаются в онлайн-аудиторию.

Обучение по курсу «Общая химия» начинается в первом семестре. Уровень подготовки студентов, поступающих на первый курс, не одинаков. К сожалению, базовая подготовка студентов по химии часто не соответствует стартовому уровню для изучения университетского курса химии. На первом занятии студенты выполняют тесты входного контроля, и каждый год примерно треть студентов не справляется с заданиями, которые составлены строго в соответствии с программой базового школьного курса химии. В табл. 1 приведены результаты контроля с 2019 по 2022 гг.

Таблица 1

## Результаты контроля знаний с 2019 по 2022 гг.

Учебный год	2019/2020 (допандемийный год – очное обучение в школе)	2020/2021	2021/2022
Результаты входного контроля знаний, % неудовлетворительных оценок	16,5	32	55,8
Результаты полусеместрового контроля, % неудовлетворительных оценок	21,5	33,3	24,7
Результаты зачета, % неудовлетворительных оценок	27,6	32,4	-

Контроль усвоения обучающимися учебного материала и оценка их знаний и умений является важной составной частью образовательного процесса, а при дистанционном обучении требования к системе контроля заметно возрастают. Для гарантии качества усвоения учебного материала внедряются дополнительные методы контроля, например, блиц-опросы. Проверка усвоения теоретических вопросов университетского курса химии проводится на полусеместровом контроле осеннего и весеннего семестров, зачете, защите домашних заданий (по термодинамике, электрохимии, растворам, свойствам лантаноидов и актиноидов) и экзамене. Следует отметить, что типовые задания студенты выполняют лучше, а вот ответы на теоретические вопросы часто бывают или поверхностными, или полностью неверными. И таким студентам, не ориентирующимся в лекционном материале, приходится сдавать контроль повторно.

По нашему мнению, существует несколько причин неполного усвоения теоретических вопросов, и одна из них – это неверно расставленные в период вынужденного дистанционного обучения приоритеты. Типовая часть контроля (тесты) оценивалась выше, и положительная оценка по этой части позволяла студенту отчитаться по теме, не отвечая на теоретические вопросы. Было решено в осеннем семестре в контроле повысить удельный вес теоретической части: за решение типовой части зачета – 25 баллов и за теорию – 25 баллов (табл. 2).

Таблица 2

## Результаты выполнения студентами типовой и теоретической частей зачета

Контрольная группа	Число студентов	Оценка за типовую часть (из 25 баллов)	Оценка за теорию (из 25 баллов)
1	19	20,4	16,0
2	30	21,2	17,5
3	24	19,6	15,4
4	15	22,0	18,3

В осеннем семестре 2021/2022 учебного года контроль знаний преподаватели проводили очно даже для групп, которые были на карантине. Для этих групп были выделены дополнительные часы для сдачи изучаемых тем. В табл. 3 приведены результаты по ряду тем при очной и дистанционной формах контроля. Как видно из табл. 3, результаты дистанционной сдачи по темам примерно на 10-17 % выше, причем очный контроль по этой же теоретической теме выполнялся после дистанционного.

Таблица 3

Сравнительные данные успеваемости при дистанционном и очном контроле

Контролируемая тема	Результат дистанционной сдачи, % правильно выполненных заданий	Результат очной сдачи, % правильно выполненных заданий
Химические вещества и реакции	83,5	68,2
Строение атома	93,1	74,0
Химическая связь	87,6	69,4
Термодинамика	81,8	65,1
Кинетика	92,3	77,7
Равновесие	85,9	72,8
Комплексные соединения	97,2	75,5

Одна из причин завышенной оценки знаний при дистанционной сдаче заключается в несовершенстве платформы Skype, которая предоставлена преподавателям университетом для проведения занятий. Данная платформа не позволяет наблюдать за всеми студентами группы и фиксировать недобросовестных студентов, которые списывают. Преподаватель видит только 5-6 студентов из 25.

Дистанционное обучение, реализуемое даже с применением самых современных информационных и телекоммуникационных технологий, позволяющих иметь постоянную обратную связь между преподавателем и студентом, не в состоянии избежать потерь качества образования [4].

Объективный контроль знаний студентов при дистанционном обучении сложно осуществить из-за отсутствия живого контакта с преподавателем и несовершенства онлайн-платформ. Как уже отмечалось выше, результаты дистанционного контроля оказываются завышенными.

#### Литература

1. Студенты вузов России о дистанционном обучении: оценка и возможности / И. А. Алешковский, А. Т. Гаспаришвили, О. В. Крухмалева [и др.] // Высшее образование в России. – 2020. – № 10. – С. 87-100.

2. Денисова, О. А. Дистанционное образование глазами студентов (по материалам анкетирования) / О. А. Денисова, О. А. Кун, А. П. Денисов // Современные



проблемы науки и образования. – 2020. – № 4: [сайт]. – URL: <http://science-education.ru/article/view?id=30014> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.

3. Рогова, А. М. Трансформация социального взаимодействия «преподаватель-студент» в системе дистанционного обучения / А. М. Рогова, Н. А. Рогожова // *Credo New*. – 2021. – № 1.

4. Гузуева, Э. Р. Роль дистанционного обучения в современном образовании / Э. Р. Гузуева, С. М. Зияудинова, А. А. Жамборов // *Мир науки, культуры, образования*, 2020. – № 3(82) – С. 242-243.

УДК 004.652.42

**Проектирование базы данных анализа  
научно-исследовательской деятельности в вузе**

Виноградов Артём Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*В статье изложены задачи научной деятельности в целом и вузовской науки как важнейшей составляющей научного потенциала. Рассмотрено внутреннее функционирование научных школ университета как коммуникативных систем. Выделены результаты научно-исследовательских работ научных школ и отмечено их прикладное значение в учебно-образовательном процессе. Авторы ставят актуальную проблему организации массивов информации, относящихся к результатам научных трудов преподавателей вузов. В качестве решения проблемы предложено создание базы данных для систематизации научно-исследовательских работ. Проведено первичное проектирование базы с выделением основных сущностей и их атрибутов. Совершён переход от концептуальной модели к реляционной, на основе которой построена диаграмма базы данных.*

Наука в целом является одной из наиболее важных составляющих культуры современного общества, а вузовская наука есть не что иное, как ключевой элемент общего научного потенциала. Основными задачами научной деятельности как таковой являются [5]:

– передача культурных традиций и ценностей из поколения в поколение;

- обучение профессиональным умениям и навыкам, погружение в профессию;
- приобщение к творческому и креативному мышлению.

Современные условия диктуют определённые правила успешного экономического развития, главные из которых – производство принципиально новых знаний, издание и опубликование последних достижений науки, их апробация и внедрение в производственные процессы. Сейчас возникает потребность в формировании нового образа профессионала, который в равной степени связан как с наукой, так и с производством. Это обуславливает нацеленность вузовской науки на увеличение новых знаний с обязательной практической ориентацией [5].

Подобная методология позволяет приобщить будущих специалистов к механизмам внедрения инновационных технологий, реализуя тем самым законченный процесс «от возникновения идеи до создания опытного образца». Вместе с тем вузовская наука помогает начинающим профессионалам преодолеть психологические барьеры, которые могут возникать на пути к достижению поставленной цели. Студенты, таким образом, являются связующим звеном научно-производственной цепи.

Для реализации данного подхода были организованы специальные научные школы вузов, которые готовят высококвалифицированные кадры в системе высшего профессионального образования. Научная школа представляет собой коллектив исследователей различных возрастных групп и степеней научной квалификации, организующий проведение исследований по единому научному направлению и осуществляющий профессиональную подготовку молодых учёных. Основной нравственной ценностью взаимодействия в рамках научной школы является человеческая коммуникация, поскольку передать знания может любой источник информации, а сформировать личность может только личность [5].

Подготовка будущих специалистов является междисциплинарной и реализуется путём сотрудничества с профессорско-преподавательским составом, включает научно-исследовательскую деятельность преподавателей и приобщение студентов к научной деятельности [5, 7]. Результатами научно-исследовательских работ (НИР) являются статьи, монографии, различные учебники и учебные пособия, а также патенты и свидетельства. Все разработанные материалы активно используются при чтении лекций, проведении практических занятий, а также являются базой для создания методических рекомендаций и других учебных пособий [2].

В связи с большим и постоянно разрастающимся объёмом результатов НИР возникает актуальная проблема сбора всей информации и её хранения в единой базе

данных. Подобная база позволит не только накапливать результаты научно-исследовательских трудов, но и предоставит возможность обращаться к этим данным для ознакомления, изучения и использования в процессе создания новых произведений науки [6-8].

В рамках данной работы поставлена следующая цель: проектирование первичной структуры базы данных для систематизации научно-исследовательских работ преподавателей технического вуза и проведения дальнейшего анализа эффективности деятельности научных школ университета. Проектирование базы данных традиционно разбивается на три этапа: концептуальное (инфологическое), логическое (дatalogическое) и физическое [3]. Кратко опишем каждый этап проектирования.

На этапе концептуального проектирования строится семантическая схема предметной области, или информационная модель с высокой степенью абстракции [3]. При этом не учитывается конкретная модель данных. Ниже приведено краткое описание сущностей рассматриваемой предметной области.

Центральной сущностью является сущность «Преподаватели». Она должна содержать такие атрибуты, как:

- фамилия, имя, отчество;
- кафедра;
- ученая степень и ученое звание;
- должность;
- принадлежность научной школе;
- индекс Хирша по публикациям.

Обязательна для выделения сущность «Научные школы», атрибутами которой являются:

- руководитель;
- название;
- описание.

Одним из научных трудов преподавательского состава являются свидетельства, следовательно, их нужно обособить в отдельную сущность со следующими атрибутами:

- название;
- год;
- номер;
- ссылка.

Такие научны труды, как статьи, монографии, учебники и учебные пособия, можно объединить в сущность «Публикации» с атрибутами:

- название;
- издание;
- страницы;
- ссылка.

Издание должно быть вынесено в отдельную сущность и иметь атрибуты:

- вид;
- название;
- год;
- ссылка;
- издательство.

«Издательство» как еще одна сущность будет иметь название и город.

Обязательно наличие сущности «Научные базы», в которой будут храниться все научные базы, индексирующие научные труды.

Для удобных подстановок были оформлены вспомогательные сущности, такие как «Кафедры», «Ученые степени», «Ученые звания» и «Должности», связанные с сущностью «Преподаватели»; «Города», связанные с «Издательствами» и «Виды изданий», связанные с «Изданиями».

Можно отметить, что связь между сущностями «Свидетельства» и «Преподаватели» является связью типа «многие-ко-многим». Аналогичная связь прослеживается у сущностей «Преподаватели» и «Публикации», а также «Научные базы» и «Издания». Остальные связи между соответствующими сущностями являются связями типа «один-ко-многим».

В качестве ключевого атрибута (то есть атрибута, однозначно идентифицирующего сущность) для каждой из сущностей введён атрибут «Код».

По изложенной выше модели «сущность-связь» (ER-модель) в её текстовом описании была построена ER-диаграмма как стандартная графическая нотация данной модели (в работе не приводится ввиду большого объёма) [1].

Следующий этап проектирования – логический, который заключается в формальном преобразовании концептуальной модели в модель логическую с учётом её специфики [3]. По построенной диаграмме можно проследить совокупность реляционных отношений, что позволяет перейти к реляционной модели данных (РМД). В целях экономии времени имеет смысл реализовывать реляционную модель с

привязкой к конкретной системе управления базами данных (СУБД), то есть сразу перейти к физическому проектированию.

В качестве СУБД была выбрана Microsoft SQL Server как масштабируемая и не требовательная к ресурсам высокоскоростная система. Выбор обусловлен преимущественно лёгкостью администрирования. Оно является автоматизированным и охватывает широкий спектр рутинных задач: от управления пользователями и блокировками до распределения памяти.

Создание таблиц с соответствующими полями и типами данных осуществлялось в интерактивном графическом режиме. Здесь же были проставлены простейшие ограничения полей: NOT NULL для запрета ввода в поле NULL-значений, то есть значений неопределённого типа данных, или «пустых данных». Оформлены первичные и внешние ключи таблиц, установлены идентификаторы с автоматическим приращением. Указаны значения по умолчанию для некоторых полей. Связи «многие-ко-многим» реализованы посредством введения дополнительной ассоциативной сущности с составным первичным ключом, состоящим из кодов связываемых сущностей [3].

Диаграмма спроектированной базы данных представлена на рис. 1. Все таблицы представлены в стандартном виде с отображением первичных ключей, типов данных и ограничением типа NOT NULL.

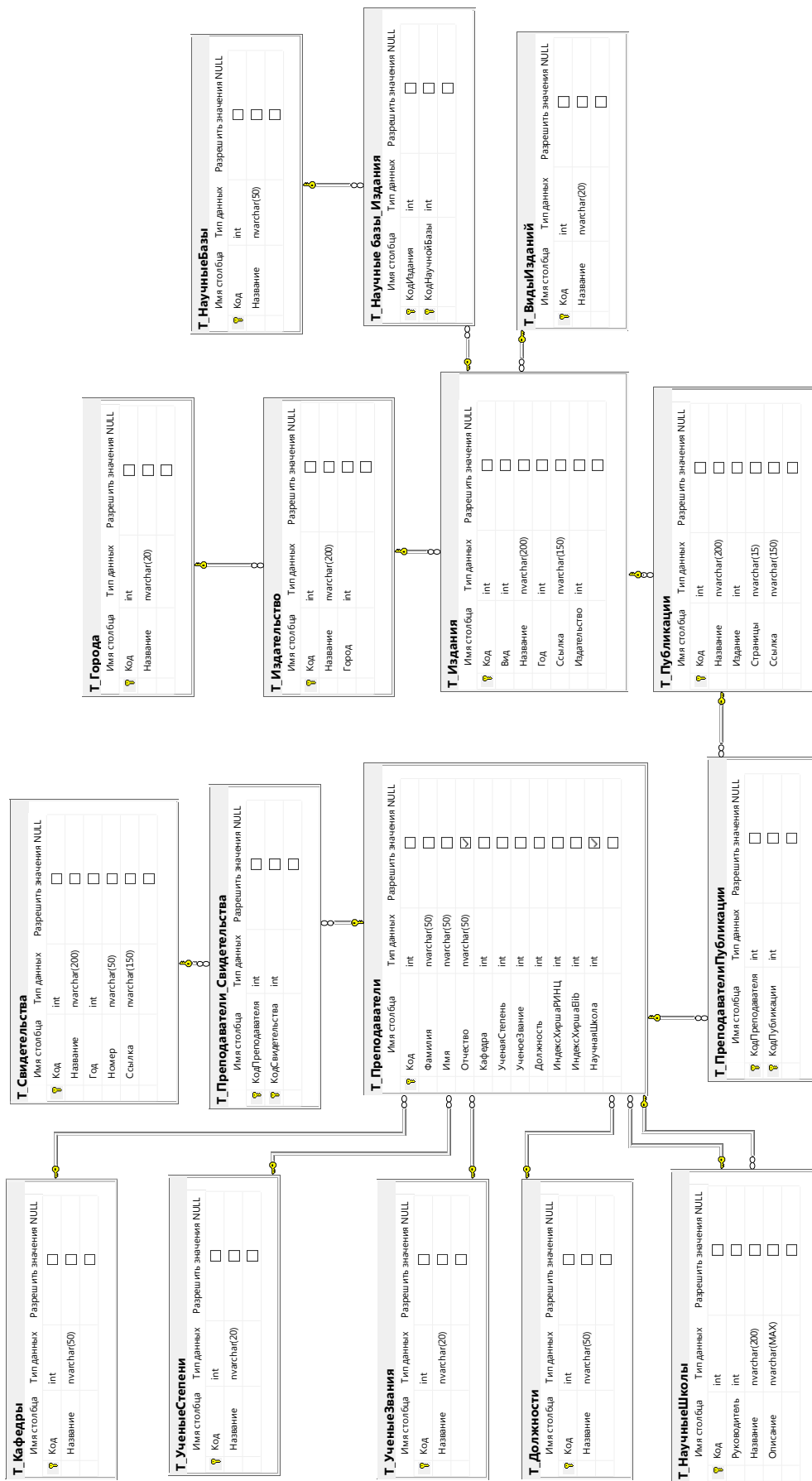


Рис. 1. Диаграмма базы данных в SQL Server

Таким образом, спроектирована первичная структура базы данных для систематизации научных трудов профессорско-преподавательского состава. В дальнейшем планируется провести проработку и доработку первичной структуры, максимально приблизив таковую к полноценной и законченной, а также реализовать согласно структуре все необходимые объекты базы данных и, таким образом, завершить физическую реализацию базы. Готовая к эксплуатации база будет наполнена информацией о научных трудах для проведения анализа эффективности научно-исследовательской работы как преподавателей, так и студентов.

#### Литература

1. Зубкова, Т. М. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие / Т. М. Зубкова. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 468 с.
2. Кафедра «Информационные системы и технологии»: [сайт]. – URL: <https://biti.mephi.ru/ius/> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
3. Остроух, А. В. Проектирование информационных систем: монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 164 с.
4. Сведения об основных научных школах вуза и планах развития основных научных направлений: [сайт]. – URL: <https://biti.mephi.ru/ius/> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
5. Семькин, В. А. Научная школа вуза: проблемы, достижения, перспективы / В. А. Семькин, П. В. Лебедчук // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2.
6. Виноградов, А. А. Функциональный анализ автоматизированных информационных библиотечных систем / А. А. Виноградов, Н. М. Виштак // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза, 2021. – С. 25-31.
7. Штырова, И. А. Информационная система мониторинга научно-исследовательской работы студентов / И. А. Штырова // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – 2016. – Т. I. – С. 89-91.
8. Штырова, И. А. Использование информационных технологий в педагогических исследованиях / И. А. Штырова, О. В. Виштак // Современные информационные технологии. – 2009. – № 10. – С. 123-125.

## **Применение методов анализа цифрового следа в системе дистанционного обучения Moodle в целях повышения качества онлайн-курсов**

Гири́н Влади́мир Алекса́ндрович, студент специальности

«Системный анализ и управление»;

Цвелик Елена Андреевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные и управляющие системы»

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

*Современное образование переживает эпоху цифровой трансформации, а также нуждается в адаптации и персонализации обучения. Вследствие чего возникает необходимость формирования индивидуальной образовательной траектории с учетом нынешних тенденций в области модернизации отечественного образования, требований основных интернациональных и национальных стандартов в сфере информационно-коммуникационных технологий и информационного обмена. Такой подход к образованию позволяет получить не только основную специальность, но и компетенции в других профессиональных областях. В статье рассматривается пример анализа цифрового следа в системе дистанционного образования Moodle.*

Современное образование на сегодняшний день переживает эпоху цифровой трансформации, увеличиваются запросы на индивидуализированное обучение, гибкую достройку и постоянный upgrade приобретенных и приобретаемых компетенций, все вышеперечисленное подтверждается в послании Президента Российской Федерации В.В. Путина к Федеральному Собранию Российской Федерации от 15 января 2020 г.: «Рынок труда сегодня динамически меняется, постоянно появляются новые профессии, усложняются требования к существующим, и высшая школа должна гибко и быстро реагировать на эти запросы. Считаю, что нужно дать возможность студентам после второго курса выбирать новое направление или программу обучения, включая смежные профессии» [1, 2].

В качестве одного из эффективных способов организации образовательного процесса с учетом принципа индивидуализации предлагается использование технологии смешанного обучения, то есть использование онлайн-курсов наряду с аудиторными знаниями в образовательном процессе. Процесс индивидуализации обучения можно осуществить с помощью внедрения в традиционный образовательный



процесс онлайн-курсов в различные дисциплины с учётом представленных образовательных целей и ожидаемых результатов.

С целью исследования актуальности вопроса персонализации обучения и необходимости формирования индивидуальной образовательной траектории за счет внедрения в образовательный процесс онлайн-курсов по различным дисциплинам было проведено исследование среди студентов Волгодонского инженерно-технического института Филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Количество опрошенных респондентов – 108 человек [2].

В результате исследования выяснилось, что 71,4 % обучающихся студентов нуждаются в разноуровневых заданиях и в индивидуальных проектах для изучения дисциплин, в соответствии с чем 76 % респондентов предложили вводить дополнительные консультации, учебный материал для изучения сложных предметов; 55 % студентов хотели бы изучать дополнительные дисциплины и модули, предложенные им на выбор.

В качестве формата изучения дополнительных дисциплин и моделей в рамках индивидуальной программы обучения подавляющее количество анкетированных студентов, а именно 75 %, отдают предпочтение дистанционному и электронному формату обучения.

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что персонализация обучения в глазах студента является востребованной, так как уровень образования учащихся разный, а общая программа не может быть адаптирована под каждого. Нужны возможности для персонализации. Это повышает мотивированность и вовлеченность в процесс обучения. При этом в обычном формате персонализация затратна и трудно организуема, требует больших ресурсов. Решение данной проблемы видится нам в использовании формата онлайн-обучения [2].

Поэтому следующей задачей является анализ выгруженного цифрового следа (далее ЦС) разработанных онлайн-курсов на предмет решения задачи персонализации обучения средствами платформы Moodle: насколько разработанные курсы решают задачи мотивации, имеют разноуровневые задания, обеспечивают взаимодействие с преподавателем, обеспечивают выполнение необходимых индикаторов обучения.

ЦС – это обширный массив неструктурированных данных, который пользователь информационных ресурсов оставляет в глобальной сети. ЦС в образовании – это работа студента, например: письменная работа, тестирование, прохождение онлайн-курсов, научные публикации и многое другое, данные работы студента способствует адаптации программы обучения.

Так как в качестве системы дистанционного обучения (далее СДО) в ВИТИ НИЯУ МИФИ используется Moodle, то ЦФ будет выгружаться именно с платформы СДО Moodle. Это возможно благодаря тому, что платформа СДО Moodle представляет собой блок с использованием API Moodle [5].

В ходе проведенной работы была проанализирована активность студентов в течение семестра по дисциплине «Методы и средства проектирования Информационных систем и Технологий», для этого в качестве исходных данных был выгружен журнал событий. При формировании журнала событий воспользовались настраиваемыми параметрами, такими как курс, группа, участники, период дней, выбрать действия и др., так как в СДО Moodle находится множество курсов и групп очной и заочной формы обучения, а также повышения квалификации.

Можно сделать вывод о том, что наблюдается рост активности в момент регистрации и авторизации на СДО Moodle и перед полусеместровым контролем, также наблюдаются всплески активности перед периодами зачетов и сессии. Можно сделать вывод, что студенты курса были достаточно активны и вовлечены в течение семестра на выполнение контрольных модулей. Изучение теоретического материала между интерактивными заданиями не генерирует никакой активности, так как они представлены в виде активных ссылок на такие сайты, как библиотека ВИТИ НИУЯ МИФИ, познавательные каналы на портале Youtube.

Более подробный анализ действий студентов по видам выполненных ими действий построим в Knime Analytics Platform – open source фреймворка для анализа данных. Фреймворк дает возможность реализовывать максимальный цикл анализа данных, содержащий считывание данных из всевозможных источников, преобразование, а также фильтрацию, анализ, визуализацию и экспорт (рис. 1) [4].

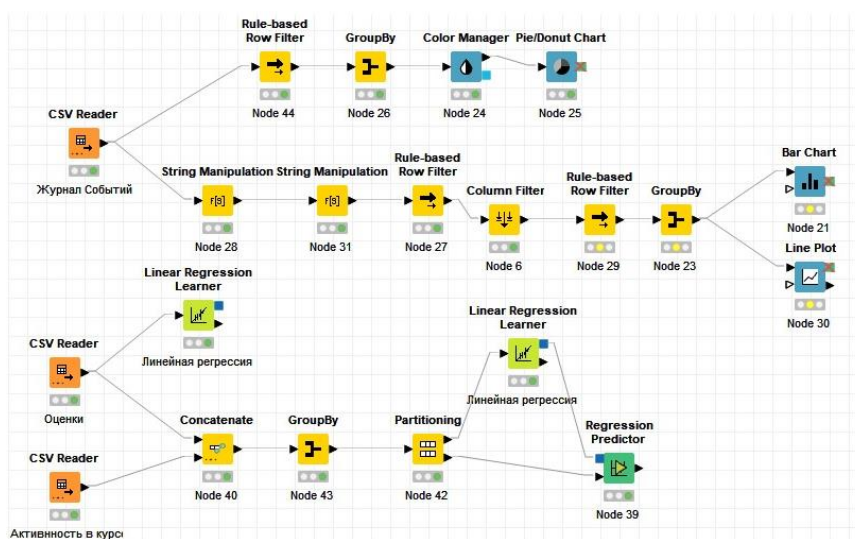


Рис. 1. Обработка данных

На основе проведенного анализа событий ЦС обучающихся в Kpmе можно сделать вывод, какие именно элементы курса вызвали наибольшую активность студентов: в виде обсуждений, загрузки файлов, взаимодействия с модулями курса и ответов на вопросы, рис. 2.

Анализируя данные на диаграмме рис. 2, можно сделать вывод, что максимальная активность студентов была связана с прохождением первой главы курса, также большую часть процентов, а это 48 %, заняла у студентов работа над курсовым проектом. Данный анализ подтверждает предварительно сделанные выводы, насчет повышения активности студентов к полусеместровому контролю и концу семестра.

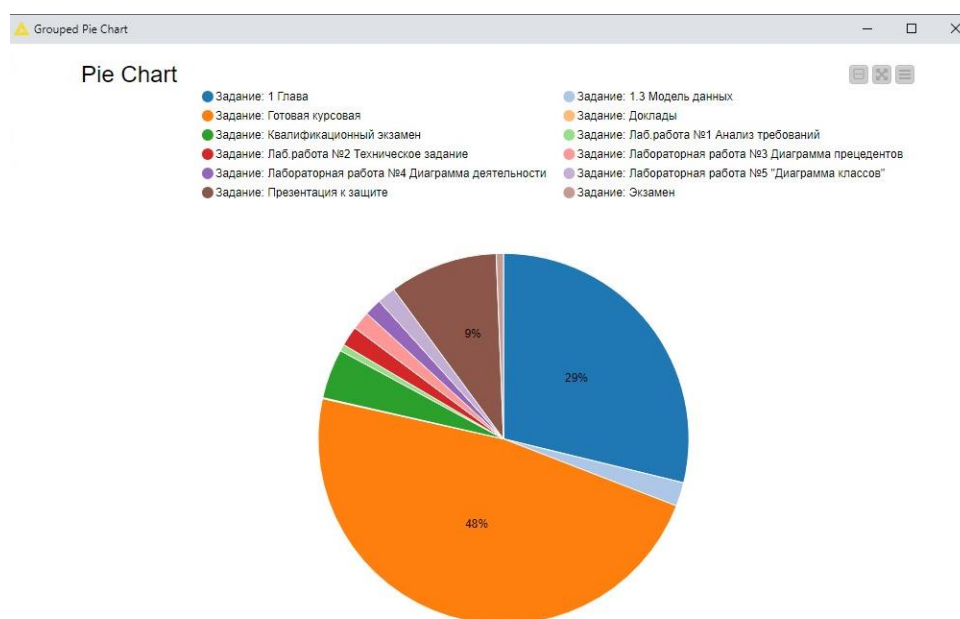


Рис. 2. Диаграмма распределения событий по компонентам

Стоит отметить, что платформа Kpmе позволяет производить более сложные расчеты. Попытаемся предсказать на основе выбранного ЦС результат экзамена за пройденный курс «Методы и средства проектирования ИС и Т» студентов.

Чтобы произвести данный анализ, понадобится элемент Progression Predictor – предсказывает реакцию с использованием регрессионной модели. Узел должен быть подключен к модели регрессионного узла и некоторым тестовым данным. Он может быть выполнен только в том случае, если тестовые данные содержат столбцы, используемые моделью учащегося. Этот узел добавляет новый столбец во входную таблицу, содержащую прогноз для каждой строки.

Статистика обучения будет проходить на основе элемента Linear Regression Learner – выполняет многомерную линейную регрессию, также необходимо указать независимые столбцы, они должны быть включены в регрессионную модель.

Так Pregression Predictor получает на вход модель Linear Regression Learner и выборку, на которой будет проходить обучение, данную схему можно наблюдать на рис. 1 [4].

Колонка Prediction (Экзамен) (рис. 3) отвечает за предсказанный результат полученных баллов на экзамене. Если мы сравним экспериментальное значение с фактическим, то можем сделать вывод, что данные различимы на допустимое значение погрешности. Если проводить данный анализ в середине учебного года, то появится возможность выявить студентов из группы, которым сложнее дается программа обучения, то есть студентов, находящихся в группе риска.

Row ID	S Полное имя пользователя	D Доклады	D Лаб.ра...	D Лаб.ра...	D Лабора...	D Лабора...	D Лабора...	D Количе...	D Prediction (Экзамен)	D Экзамен
Row2	Дровалев Юрий Владимирович	8	9	10	6	6	10	22	29.701	29
Row4	Карпенко Максим Константи...	7	10	6	8	9	7	28	41.929	30
Row6	Ковалев Никита Сергеевич	6	9	8	9	10	10	27	34.231	34
Row8	Перчиков Владислав Сергее...	8	8	9	6	7	6	24	32.273	35
Row10	Проценко Артем Олегович	6	8	7	7	9	9	26	31.378	32
Row12	Серов Владимир Александро...	6	6	8	6	10	8	21	34.499	30
Row14	Союченко Мария Анатольевна	10	10	10	8	7	7	23	34.758	32
Row15	Сухорукова Валентина Конс...	10	6	8	7	7	9	17	34.732	34
Row16	Швалева Татьяна Васильевна	10	6	10	6	9	8	31	30.523	29

Рис. 3. Pregression Predictor

Основываясь на проведенном анализе цифрового следа, можно предоставить список рекомендаций учащимся относительно их образовательной траектории, индивидуализации их профессиональной подготовки [3].

Подходы к анализу ЦС зависят от поставленных целей и выбранной конфигурации. К ЦС, собранному в виде текстовых данных, применим метод семантического анализа, а для числового формата применим метод статистического анализа.

Для визуализации итогов анализа ЦС целесообразно пользоваться инструментами интерактивной визуализации изменяющихся данных. Главный момент визуализации – это соответствие логике установленных задач разбора ЦС и интерпретация данных.

Интерпретация ЦС допускает исключение – неоднократный учет повторяющихся данных, а также не уникальных, неполных, в том числе недостоверных сведений, учет данных, не относящихся к исследуемым аспектам исследуемого субъекта, а также утрату информации о содержательной инициативности в исследуемых аспектах.

Таким образом, анализ и исследование ЦС в образовательном процессе является актуальным и перспективным направлением. К классифицирующим данным ЦС, характеризующим профессиональную и образовательную активность обучающегося,

демонстрирующим динамику компетентностного развития, могут относиться данные, оставляемые как самим обучающимся или группой участников образовательного процесса, так и средствами образовательных платформ и т. д.

Образовательная траектория, полученная в ходе анализа ЦС, определяет также характер практической подготовки – базы практики и индивидуальные практические задания определяются для студентов в соответствии с траекторией, которую они выбрали [3].

На основе проанализированного ЦС с платформы Moodle у преподавателя появляется дополнительный источник обратной связи, который отражает анализ вовлечённости, результативности элементов курса. Также результаты ЦС будут учитываться при проектировании онлайн-курса и его коррекции. С учетом полученных данных повысится качество обучения в рамках дисциплины.

#### Литература

1. Послание Президента Российской Федерации Федеральному собранию: [сайт]. – URL: <http://duma.gov.ru> (дата обращения: 03.12.2021). – Текст: электронный.

2. Гирин, В. А. Применение ресурсов онлайн-обучения для реализации индивидуальных образовательных траекторий студентов / В. А. Гирин, Е. А. Цвелик, Ю. А. Евдошкина // Сборник тезисов и докладов Всероссийской научно-практической молодежной конференции «Студенческая научная весна – 2021». – Москва: НИЯУ МИФИ; Волгоград: ВИТИ НИЯУ МИФИ. – С. 32-35.

3. Баранова, Е. В. Методы и инструменты для анализа цифрового следа студента при освоении образовательного маршрута / Е. В. Баранова, Г. В. Швецов // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 2(50). – С. 415-430.

4. KNIME Analytics Platform // Open for Innovation KNIME: [сайт]. – URL: [www.knime.com/knime-analytics-platform](http://www.knime.com/knime-analytics-platform) (дата обращения: 24.10.2021). – Текст: электронный.

5. Web service API functions // moodle: [сайт]. – URL: <https://docs.moodle.org> (дата обращения: 01.11.2021). – Текст: электронный.

### **Организация зоны комфорта при организации дистанционного обучения**

Голованова Юлия Александровна, студент направления  
«Педагогическое образование»;

Матрьюхина Светлана Владимировна, студент направления  
«Педагогическое образование»;

Пенькова Елена Сергеевна, студент направления  
«Педагогическое образование»;

Ходакова Нина Павловна, доктор педагогических наук,  
профессор департамента методики обучения

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
города Москвы «Московский городской педагогический университет», г. Москва

*В статье рассматривается организация дистанционного обучения, его преимущества и недостатки перед традиционными формами учебного процесса. Определение зоны психологического комфорта, дискомфорта обучающихся и необходимость их изучения. Особенности работы с обучающимися при деятельности в дистанционном обучении.*

Информационные технологии все больше развиваются в современном мире. Преимущество дистанционного обучения уже подтверждено педагогической практикой. Дистанционное обучение – образовательный процесс с применением совокупности телекоммуникационных технологий, имеющих целью предоставление возможности обучаемым освоить основной объём требуемой им информации без непосредственного контакта обучаемых и преподавателей в ходе процесса обучения; является как самостоятельной формой обучения, так и дополнением к другой более традиционной форме обучения. При дистанционном обучении надо обеспечить психологический комфорт слушателей.

Наладить невербальную связь между учеником и учителем затруднительно в дистанционном формате обучения. В таком случае учитель, конечно же, может включить камеру, одеться точно так, как в школе. Помимо того, важно уметь использовать коммуникационные способности учителя, чтобы его рассказ не превратился в схоластическую лекцию. Так ученикам будет легче воспринимать материал и чувствовать себя комфортно и безопасно. Но если ученики спокойно сидят дома, в своей зоне комфорта, то они так могут сильно расслабиться. Так что понизится их продуктивность и работоспособность. Не у многих учеников хорошая

самоорганизация, поэтому им кажется, что дома сложнее учиться. К сожалению, в этом и состоит недостаток дистанционного обучения. Но это не единственный недостаток...

Самый главный недостаток – это невозможность идентификации ученика в процессе контроля и получения знаний. Отсутствие прямого контакта между педагогом и обучающимся во время обучения затрудняет передачу эмоциональной и творческой атмосферы. Затрудняет работу необходимость использования не всем доступной компьютерной техники.

Из отрицательных сторон нельзя не указать затруднения в коммуникации со сверстниками. Ведь ученики при дистанционном обучении не получают возможности очного общения со своими одноклассниками. Тогда и процесс социализации сильно затрудняется.

При обучении дома педагогу сложно контролировать, чем занят ребёнок, слушает ли он урок или играет в телефон. Ещё одну трудность создаёт недостаточная подготовка обучающихся в России к использованию компьютерных технологий в дистанционном обучении. Есть риски для обучающихся в сети Интернет. Конечно, кроме недостатков есть и положительное влияние дистанционного образования, и его ярко выраженные преимущества в отличие от традиционного образования. Обратимся к положительным сторонам дистанционного образования.

Первое и самое главное преимущество дистанционного образования – это доступность. Обучаться можно из любой точки мира, если человек находится за городом или вообще уехал в другую страну. Возникает возможность преподнести меньшее количество материала, так как нецелесообразно каждому высылать учебник или делать для всех определенные печатные заготовки, которые принято использовать в очном обучении. Есть и иные достоинства.

Гибкость – в процессе дистанционного обучения можно показывать параллельно и презентацию, и фильм, одновременно проходя тесты и давая дополнительный материал.

Доступность – в процессе занятия ведётся видеозапись всего урока, даже если ученик пропустил или не запомнил что-то из материала, или ему просто нужно лучше подготовиться к уроку, он может сам посмотреть любой урок на выбранную тему.

Больше интерактивных и новых технологий – для изучения материала педагогом привлекается много разных интересных технологий игрофикации и интерактивного обучения для вовлечения ученика в образовательный процесс.

Конкретные знания – учащиеся могут найти любые доступные материалы в интернете, дополнительный материал по любой теме, данной учителем.

Комфортная обстановка – ученик занимается у себя дома в комфортных для нахождения условиях. Экономятся время на дорогу, усилия на сборы и дорогу, облегчается доступ к питанию, увеличивается время утреннего сна.

Дом – это безопасное место, зона комфорта для ребенка, поэтому ученик будет рад работать из дома. Ведь у него дома есть свобода действий. Нет этих школьных правил, таких как: не бегать, не кричать так громко, есть только в столовой и т. д. Дома все привычно и знакомо. Нет таких раздражителей, как шум или же неустойчивая парта в школе. Нет того навязчивого соседа по парте или вечно шумящих мальчишек, нет громко разговаривающих девочек или мальчишек, которые постоянно кидаются канцелярией. При этом нет и конфликтов с другими учениками, так как нет дискомфортных мест для возникновения конфликтов, таких как туалет, раздевалка и столовая. Это самые дискомфортные места для учеников, так как там они психически чувствуют себя уязвимыми. На этой почве очень хорошо разгораются конфликтные ситуации. И, как правило, они имеют негативные последствия. Поэтому дома намного безопаснее, ведь вероятность конфликта значительно понижена.

В то же время, если ученики спокойно сидят дома, в своей зоне комфорта, им сложнее сконцентрироваться на предмете обучения и настроиться на работу, в результате чего снижается их продуктивность и работоспособность. Не у многих учеников хорошая самоорганизация, поэтому часто им кажется, что дома сложнее учиться. Хотелось бы предложить несколько советов для повышения продуктивности дистанционного образования и создания зоны комфорта. Зона комфорта – это та ситуация, в которой приятно учиться и работать более продуктивно, это личный уровень позволения, право решать за себя.

Советы как повысить продуктивность учебной деятельности школьника:

1) самое главное – это правильно организовать рабочее место. На нем не должно быть ничего лишнего или того, что отвлекает ученика от занятий. Стоит отказаться от предметов домашнего обихода, сделать рабочий стол, как в учебном заведении;

2) следует собираться как на очную учёбу, одеваться в деловой или школьный костюм, в удобную рубашку, туфли;

3) следуйте своему расписанию. Создавайте список своих дел и целей на день, чтобы понимать, что вам более важно сделать в этот день. Можете спрашивать что-то у своих сверстников, если что-то вы не успеваете;

4) умейте делать паузы. Человеку свойственно уставать, и ему нужно своевременно сделать перерыв, чтобы не слишком устать и отдохнуть. Особенно хорошо выйти на свежий воздух и сменить обстановку.



Соблюдая советы по тому, как быть более продуктивным, стоит разместить вещи, которые вам приятны, даже если это вещи для занятий. Купить тетради, которые вам нравятся, маркеры для выделения, приятные картинки и мелочи для занятий. Организовать место для хранения. Уютные мелочи для хранения своих принадлежностей, различные корзинки, контейнеры. Более глобальное правило – это создание правильного цветотипа в помещении, которое будет оборудовано для рабочего пространства. Использовать более спокойные цвета и оттенки в гармоничном сочетании для работы сна и отдыха. Например, голубой, для спокойствия глаз, зелёный для внутреннего равновесия, светло-бежевый для уюта и расслабляющей обстановки. Использовать приятные ароматы для отдушки в комнате. Сейчас распространены диффузоры и различные ароматические вещи для создания приятной атмосферы для работы, учебы и отдыха. Стоит купить такие для дома и комфортного состояния при работе.

В заключение хотелось бы отметить, что если обеспечить зону комфортной обстановки для человека, то можно будет максимально усилить положительные стороны дистанционного обучения и компенсировать его недостатки.

#### Литература

1. Khodakova N. Distance Learning Of Students In The Modern World / N. Khodakova, N. Murtazina, S. Shukshina, A. Akpayeva // The Third Annual International Symposium «Education and City: Education and Quality of Living in the City». – Moscow, 2021. – С. 5012.

**Проектирование и моделирование умного дома  
на базе контроллера SIEMENS LOGO**

Гущеваров Максим Владимирович, студент специальности

«Управление в технических системах»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Построена и исследована модель сетевой инфраструктуры умного дома в программе Logo Soft Comfort.*

Наш современный мир невозможно представить без упрощения своей жизни, ведь прогресс не стоит на месте. С каждым годом в нашу жизнь приходят новые «умные вещи», и система «умный дом» не является исключением. Ведь приятно, когда приходишь домой, а чайник уже вскипел, включен любимый канал и в доме играет отличная музыка. Популярная концепция интернета вещей (internet of things, IoT) предполагает включение бытовых устройств в телекоммуникационную структуру дома, что облегчает контроль и управление приборами. Для организации сети управления и передачи данных используются проводные, а также беспроводные протоколы.

Цель работы: провести моделирование освещения умного дома в симуляторе Logo Soft Comfort и Cisco Packet Tracer.

Локальная сеть умного дома имеет двухуровневую структуру и состоит из трёх групп оборудования:

- сетевые и коммуникационные устройства: сервер приложений и хранения файлов (Server0); сетевое и коммутационное оборудование: точка доступа WiFi (Sweet\_Home), маршрутизатор (Router0), выполняющий роли шлюза, DHCP сервера, NAT, точка доступа для IoT устройств, модем;
- пользовательские устройства: ПК, ноутбуки, смартфоны, планшеты;
- IoT устройства.

Router0 образует первый уровень иерархии, на котором производится маршрутизация информационных потоков, подключены устройства второго уровня и

канал выхода в интернет (может использоваться прямое кабельное подключение, имеются ВОЛС порты, или через модем).

Второй, нижний уровень представлен двумя точками доступа, для пользовательских и IoT устройств.

Адресное пространство при помощи подсетей разделено на три подсети:

1. Основная подсеть, которой пользуются обитатели дома, MAC-адреса необходимых устройств зарегистрированы на DHCP сервере и получают статический ip-адрес.

2. Подсеть IoT устройств, маки также зарегистрированы и также получают статический ip-адрес.

3. Гостевая подсеть, раздаётся WiFi для посетителей дома, доступ к соседним подсетям ограничивается. Адреса выдаются динамически из заданного диапазона.

На Server0 расположено файловое хранилище, веб-сервер, программное обеспечение системы безопасности (ИНС), рис. 1.

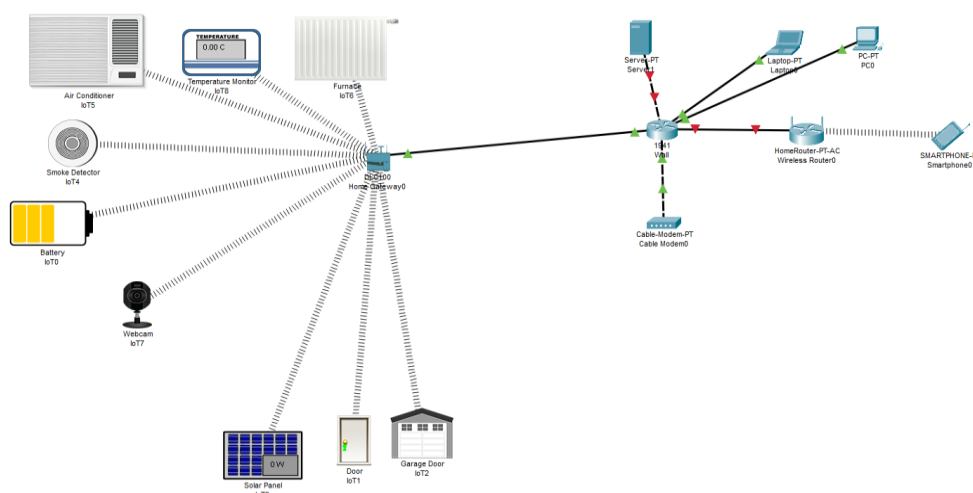


Рис. 1. Схема хостов умного дома

Основой умного дома является сеть IoT устройств, управление которыми основано на программируемом реле (ПР) Siemens Logo, настройка осуществлена в LOGO! Soft Comfort.

Точка доступа WLAN и ПР расположены в одной подсети: IP-адрес ведущего устройства LOGO! 192.168.1.10, IP-адрес WLAN 192.168.1.11. На ПР разблокирован встроенный веб-сервер для управления и программирования устройств через веб-интерфейс.

Для упрощения составления программы составим простой алгоритм. Если рассмотрим выходы (рис. 2), то можем наблюдать, что освещение включается в одном из трёх случаев. Первый случай, когда механически взаимодействуют с выключателем.

Второй случай, когда подают сигнал с устройства (PC, смартфон и т. п.). Третий случай, когда в доме активируют «тревожную кнопку». В этом случае в доме загорается все освещение.

Освещение составлено из блоков: входа, сетевого входа, логического элемента И, логического элемента ИЛИ, неравнозначности XOR, кнопки задержки, выхода в виде освещения.

Как мы можем наблюдать на данной схеме (рис. 2), у нас имеется 4 Входа. Следовательно, для первых трёх входов достаточно просто механического (Кнопка) или электронного (Контроллер) взаимодействия. Для наружного, внутреннего и для подсобного помещения.

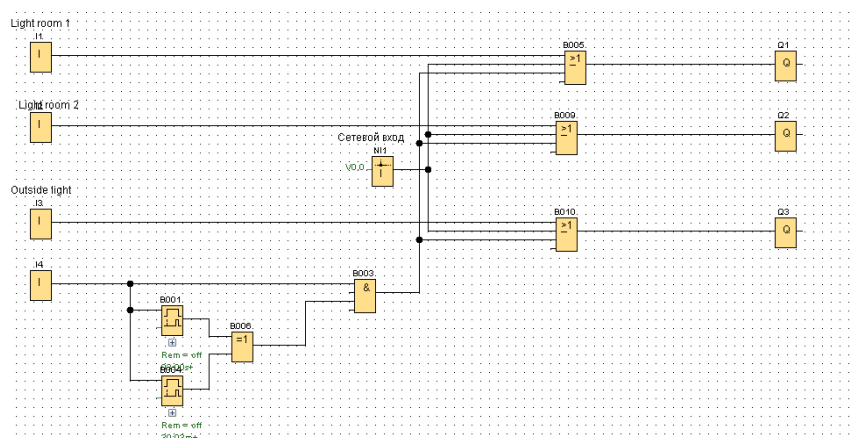


Рис. 2. Схема программы в среде Siemens LOGO

В ручном режиме можно управлять освещением кнопками или клавишами курсора через контроллер LOGO! и LOGO!TDE. Кроме этого, освещением можно управлять удаленно с помощью смартфона или PC. Режим паники активируется, если одна из кнопок освещения удерживается нажатой не менее 3 секунд. Включается все освещение. Режим паники отключается при повторном нажатии одной из кнопок освещения минимум на 3 секунды. Выключается все освещение. Режим паники автоматически отключается через 30 минут.

№	Оборудование	Модуль LOGO	Программный вход/выход
1.	Кнопка включения / выключения освещения в помещении 1 (встроенная тревожная кнопка)	Ведомое устройство I1	NI1 (сетевой вход 1)
2.	Кнопка включения / выключения освещения в помещении 2 (встроенная тревожная кнопка)	Ведомое устройство I2	NI2 (сетевой вход 2)
3.	Кнопка включения / выключения наружного освещения (встроенная тревожная кнопка)	Ведомое устройство I3	NI3 (сетевой вход 3)
4.	Центральный выключатель (встроенная тревожная кнопка)	Ведомое устройство I4	NI4 (сетевой вход 4)
5.	Освещение помещения 1	Ведомое устройство Q1	NQ1 (сетевой вход 1)
6.	Освещение помещения 2	Ведомое устройство Q2	NQ2 (сетевой вход 2)
7.	Наружное освещение	Ведомое устройство Q3	NQ3 (сетевой вход 3)

*Рис. 3. Используемые порты и подключённые устройства*

Функциональные блоки:

- включение освещения в помещении 1 – имя блока в программе - Light room 1;
- включение освещения в помещении 2 – имя блока в программе - Light room 1;
- включение наружного освещения – Имя блока в программе - Outside light.

Вывод: получилось провести моделирование освещения умного дома в симуляторе Logo Soft Comfort и Cisco Packet Tracer, а также выполнить его настройку и запустить программу в режиме симуляции.

#### Литература

1. Блог Энди Старикова: [сайт]. – URL: <https://caexpert.ru/laboratornaya-rabota-7-cisco-packet-tracer-dobavlenie-ustrojstv-iot-v-set.html> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
2. LOGO! Примеры применения. Управление умным домом с использованием коммуникации между двумя контроллерами: [сайт]. – URL: <https://www.siemens-pro.ru/articles/siemens-articles-121.html> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст: электронный.
3. Логическое реле Siemens Logo! Программирование в Logo Soft Comfort таймеры и сообщения: [сайт]. – URL: <https://cs-cs.net/logicheskie-rele-siemens-logo-programmirovanie-taumeru> (дата обращения: 18.12.2021). – Текст: электронный.

**Стимулирование конструкторской деятельности учащихся начальной школы на базе материала II Всероссийской интерактивной олимпиады «Lego world»**

Дмитриева Наталья Николаевна, студент направления

«Педагогическое образование»;

Селецкая Татьяна Сергеевна, студент направления

«Педагогическое образование»;

Ходакова Нина Павловна, доктор педагогических наук,

профессор департамента методики обучения

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет», г. Москва

*Статья описывает использование материала II Всероссийской интерактивной олимпиады «Lego world» при развитии конструкторской деятельности учащихся начальной школы.*

Современные социально-экономические условия привели к необходимости перестройки школьного образования, а также готовности каждого учителя перестраивать свои уроки с учетом запроса современного общества. Каждый думающий, опытный, творческий учитель, который определяет свою роль и место в этом сложном процессе, будет развиваться во всех сферах деятельности, не останавливаясь только на своем учебном предмете. Мы думаем, что с помощью Lego конструированием учитель может помочь заложить основы развития социально активной личности, которая способна самостоятельно, с высокой степенью свободы мышления выполнять задачи, которые ставит современное общество. Ведь обучающиеся начальной школы в период обучения на первой ступеньке образования должны самовыражаться, проявлять свои творческие способности, развиваться во всех сферах, пробовать себя в чем-то новом и понимать, что они могут применить на практике, а что поможет им в саморазвитии. В свою очередь преподаватель может предлагать возможные варианты реализации всех вышеперечисленных факторов в различных действиях, начиная от конкурсов на базе школы и заканчивая олимпиадами на различных уровнях. Использование Lego конструктора, который популярен у людей любого возраста, позволяет развивать у учащихся начальной школы умение пользоваться инструкциями (данное умение очень важно на всех этап обучения в школе и не только), схемами, формировать навыки работы с объемными объектами.

Именно в этот период учащиеся получают первичные навыки работы с системами автоматизированного проектирования (Например, Tinkercad, КОМПАС). Все вышеперечисленные процессы помогают реализовать одно из требований ФГОС, которое подразумевает, что выпускники начальной школы должны творчески подходить к анализу возникающих проблем, находить рациональные способы их решения [4].

В статье мы хотим рассказать о том, что Lego может быть не только как конструктор, применяемый во время внеурочной деятельности, но и как интерактивные задания, которые можно реализовать во время учебной деятельности на различных учебных предметах. В качестве яркого примера мы хотим привести задания, которые вошли во II Всероссийскую интерактивную олимпиаду «Lego world» [5]. Задания из олимпиады наглядно показывают, как при помощи частей или готовых фигурок Lego учащиеся могут легко ответить на вопросы различного характера. Например, из скольких элементов состоит объект (рис. 1).

**БЛОК «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ»**

*Познакомьтесь с информацией и выполните задания 16 и 17.*

**Деревянные машинки**

На уроках труда ученики 5-го класса делают деревянные машинки для воспитанников детского сада. На рисунке показан макет для сборки одной из таких машинок. Учитель поручил Мише составить список необходимых деталей для изготовления одной такой машинки. Вот что у Миши получилось:

Кузов

Детали кабины

Рама

Колесо

Ось



Вид детали	Форма и размеры (мм)	Количество (шт.)
Кузов	Параллелепипед длина – 75 ширина – 50 высота – 20	1
Кабина	Параллелепипед длина – 30 ширина – 30 высота – 20	2
Рама	Прямоугольник длина – 130 ширина – 50 высота – 2	1
Колесо	Круг диаметр – 20 толщина – 5	4
Ось	Цилиндр диаметр – 2 длина – 52	2

Выберите виды деталей, для описания формы которых Миша ошибочно использовал названия ПЛОСКИХ, а не ОБЪЁМНЫХ фигур.

- 1) Кузов
- 2) Кабина
- 3) Рама
- 4) Колесо
- 5) Ось

*Рис. 1. Задание олимпиады «Lego world»*

Похожие задания встречаются и в диагностических работах МЦКО (рис. 2) [2].



Рис. 2. Диагностика МЦКО

В отличие от предыдущего задания работа ведется на понимание понятия плоских и объемных фигур. По личным наблюдениям в период прохождения практики в роли наблюдателя МЦКО по математической грамотности мы замечали, что задания, содержащие в себе соотношение повернутого объекта с его двухмерным изображением, приводит учащихся к замешательству. Этим примером мы хотим показать, что первичные навыки работы с Lego могут облегчить решение таких заданий в период обучения в средней школе. Но похожие задания могут встречаться и в начальной школе, например, в олимпиаде «Кенгуру» встречаются задания с определением положения объекта относительно других в пространстве в заданиях для 2 класса [1]. Кроме этого присутствуют задания по восстановлению сборки автомобиля (рис. 3), такое задание позволяет учащимся развивать логическое мышление по восстановлению последовательности действий, которые могут встречаться не только в математике, литературном чтении, но и в русском языке при обучении в начальной школе.

17 Детали деревянных машинок ученики планируют выпилить из пяти видов заготовок для моделирования. Они представлены в таблице 1.

Таблица 1

Виды заготовок для моделирования		
№	Внешний вид	Описание
1		Диаметр сечения: 2 см Длина: 200 см
2		Ширина и высота: 3 см и 3 см Длина: 200 см
3		Ширина и высота: 5 см и 2 см Длина: 200 см

4		Ширина листа: 100 см Толщина листа: 2 мм Длина листа: 100 см
5		Диаметр: 2 мм Длина: 140 см

Занесите в таблицу 2 номера заготовок, которые могут быть использованы для изготовления указанных деталей из Мишинского списка.

Таблица 2

Деталь	Кузов	Кабина	Рама	Колесо	Ось
Заготовка					

Рис. 3. Пример задания из олимпиады «Кенгуру»



Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что Lego можно использовать не только как конструктор во время внеурочного занятия для создания новых моделей, но и использовать элементы конструирования во многих печатных, интерактивных заданиях. Ведь это входит в наглядно-действенное мышление при работе с конструктором либо конкретно-предметное при работе с заданиями из олимпиад. Кроме этого, применяя Lego конструктор, можно создать различные виды и формы урока. Например, практические работы по математике при изучении темы «периметр фигуры», когда учащиеся смогут не только запомнить формулу, но и поработать с реальной фигурой, которая будет выполнена с помощью Lego. Заканчивая статью, хочется с уверенностью сказать, что благодаря Lego можно повысить не только интерес учащихся к учебе, но и повысить уровень и качество знаний [3].

#### Литература

1. Задачи международного конкурса «Кенгуру»: [сайт]. – URL: [https://old.mathkang.ru/files/K/2014/kenguru\\_2014\\_class\\_2.pdf](https://old.mathkang.ru/files/K/2014/kenguru_2014_class_2.pdf) (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
2. Тренировочное тестирование // Московский центр качества образования: [сайт]. – URL: <http://demo.mcko.ru/test/> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
3. Тормахова, Н. В. Лего-конструирование – предметно игровая среда развития и обучения ребенка / Н. В. Тормахова // Эксперимент и инновации в школе. – 2012. – № 5. – С. 26-27: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lego-konstruirovanie-predmetno-igrovaya-sreda-razvitiya-i-obucheniya-rebenka> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
4. Федеральный Государственный образовательный стандарт начального общего образования. Министерство образования и науки Российской Федерации. Москва, 2009.
5. II Всероссийская интерактивная интеллектуально-познавательная олимпиада «Lego world» // Пора роста: [сайт]. – URL: <https://porarosta.ru/meropriyatie/interaktivnaja-olimpiada-lego-world/> (дата обращения: 18.11.2021). – Текст: электронный.

### **Перспектива развития локальных сетей в 21 веке**

Елкина Юлия Сергеевна, студент направления «Управление качеством»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В данной статье исследуется классификация локальных сетей. Также в работе показаны особенности локальной компьютерной сети: структура, назначение, техническая поддержка.*

Это одна из оригинальных категорий сетей и одна из самых простых. Сети LAN соединяют компьютеры вместе на относительно небольших расстояниях, например в пределах одного здания или небольшой группы зданий. Дома также часто имеют сети LAN, особенно если в доме более одного устройства. Часто они не содержат более одной подсети и обычно контролируются одним администратором. Для работы им не обязательно подключаться к Интернету, хотя это возможно. Подключение к локальной сети (LAN) – это очень безопасное соединение, потому что только подключенные к нему компьютеры могут передавать данные между собой, и внешние компьютеры не могут вмешиваться в него. Поэтому он считается самым надежным и безопасным. Самое короткое подключение к локальной сети – это соединение двух компьютеров вместе. Также соединение по локальной сети может быть самым большим, это зависит от коммутатора, маршрутизатора. Чем больше маршрутизаторов или коммутаторов, тем к большему количеству компьютеров можно подключиться [3].

Исходя из вышесказанного, можно задать вопрос. Насколько велика площадь LAN? Локальная сеть создается путем объединения двух или более устройств. Некоторые устройства, такие как сканеры, принтеры, постоянно подключены к локальной сети, и, хотя некоторые устройства временно подключены, например компьютеры, ноутбуки, мобильные телефоны, их можно подключать и отключать в любое время. И эти два типа устройств объединяются, образуя локальную сеть, и площадь этой локальной сети определяется тем, сколько устройств вы хотите подключить и в каком количестве областей (рис. 1).



*Рис. 1. Компьютерная сеть*

История локальных сетей – LAN.

Впервые в 1960-х годах в некоторых крупных университетах было установлено больше компьютеров, и между этими компьютерами возникла потребность в скорости интернета. Многие методы использовались между 1970 и 1973 годами. Затем, в течение 1973 и 1974 годов, компания XEROX PARC разработала Ethernet. Впервые он был использован в коммерческих целях в банке Chase Manhattan в Нью-Йорке. Таким образом, можно сказать, что Нью-Йорк – первый город, который впервые начал использовать локальную сеть в коммерческих целях. В 1979 году в Европейском парламенте состоялось электронное голосование, в котором были задействованы сотни микропроцессоров, это было первой установкой локальной сети через Ethernet. Прошло время, и, постепенно улучшаясь, LAN получил широкое распространение сегодня [1].

Далее можно рассмотреть разновидности локальной сети. В основном LAN рассматривается в двух типах:

- LAN с кабелем.
- Беспроводная локальная сеть (WLAN).

LAN с кабелем: он подключен с помощью сетевого кабеля, например, с одним компьютером, другой компьютер также подключен к тому же кабелю и с тем же принтером, сканером, мышью, клавиатурой и т. д.

Беспроводная локальная сеть (WLAN) соединяет два или более компьютеров с помощью связи. Область этой сети ограничена, например, в таких областях, как школа, дом, компьютерная лаборатория, здание или офис.

Последним пунктом можно рассмотреть компоненты, используемые в LAN. Сетевая операционная система: семейство программ, которые работают как на клиенте,

так и на сервере по сети. Это может быть либо отдельная загруженная программа (LANtastic), либо часть операционной системы (Microsoft).

Серверы – компьютеры, которые совместно используют свои ресурсы (жесткие диски, подключенные периферийные устройства, цепь связи) с клиентами и другими серверами.

Уязвимости серверных компонентов имеются как в коде приложения, так и в механизмах защиты приложений. К последним относятся недостатки в реализации двухфакторной аутентификации. Если на сервер один за другим отправляются два идентичных запроса с минимальным интервалом между ними, одноразовые пароли (OTP) отправляются на устройство пользователя как в виде push-уведомлений, так и посредством SMS на связанный номер телефона. Злоумышленник может перехватывать SMS-сообщения и выдавать себя за законного пользователя, например, путем очистки банковского счета пользователя. Нет необходимости отправлять одноразовые пароли дважды как в SMS-сообщениях, так и в push-уведомлениях. Вместо этого лучше использовать пароли дважды как в SMS-сообщениях, так и в push-уведомлениях. Вместо этого использовать способ доставки пароля, выбранный пользователем [4].

Сетевые периферийные устройства: периферийное оборудование содержит специализированные процессоры для запуска программного обеспечения сетевого сервера. Их можно подключить к компьютеру или напрямую к локальной сети.

Исходя из данной информации, можно сделать вывод, что локальные сети просто необходимы в использовании. Сложно представить современный мир без участия вычислительных машин, они введены во все отрасли промышленности, науки и образования [3].

Также локальные сети взаимосвязаны с облачными сетями. Облачные сети – это тип ИТ-инфраструктуры, в которой некоторые или все сетевые возможности и ресурсы организации размещаются на публичной или частной облачной платформе, управляются внутри компании или поставщиком услуг и доступны по запросу.

Компании могут либо использовать локальные облачные сетевые ресурсы для создания частной облачной сети, либо использовать облачные сетевые ресурсы в общедоступном облаке, либо гибридную облачную комбинацию обоих. Облачные сети обеспечивают связь между приложениями и рабочими нагрузками, распределенными по всем вариантам облаков, облачным сервисам, локальным центрам обработки данных и периферийным сетям. Поскольку большинство взаимодействий приложений исходят или завершаются за пределами собственной сети организации, облачная сеть становится новым ядром предприятия. Проектирование и обслуживание облачной сети

для обеспечения максимальной гибкости, производительности, безопасности и операционной эффективности жизненно важно для любой организации [2].

Неотъемлемой частью локальных сетей являются контейнеры Linux. И они созданы, чтобы упростить обеспечение единообразия, поскольку разработчики и системные администраторы переносят код из сред разработки в производственную среду быстрым и воспроизводимым способом. В некотором смысле контейнеры ведут себя как виртуальная машина. Для внешнего мира они могут выглядеть как их собственная целостная система. Но, в отличие от виртуальной машины, контейнеры не создают целую виртуальную операционную систему, не должны встраивать всю операционную систему, а только отдельные компоненты, необходимые для работы. Это дает значительный прирост производительности и уменьшает размер приложения. Кроме того, они работают намного быстрее, поскольку в отличие от традиционной виртуализации, процесс по сути выполняется изначально на своем хосте, только с дополнительным уровнем защиты вокруг него. Контейнеры Linux содержат приложения таким образом, чтобы изолировать их от хост-системы, в которой они работают. Контейнеры позволяют разработчику упаковать приложение со всеми необходимыми ему частями, такими как библиотеки и другие зависимости, и отправить все это как один пакет.

Развитие компьютерных сетей в будущем станет результатом слияния физического и цифрового миров благодаря взрывному росту беспроводных сенсорных сетей во всем, от транспортных средств до плащей. Объекты смогут идентифицировать и находить друг друга, а также «общаться между собой» с помощью передовых радиointерфейсов. Самоорганизующиеся сети, обеспечивающие повышенные скорости передачи данных для мобильных и умных телефонов, станут более распространенными. Люди смогут занимать пропускную способность или подключаться к сетям «общего доступа», если они окажутся вне зоны покрытия. Фиксированные сетевые среды и отношения, определяющие современную инфраструктуру, будут развиваться в специальные отношения с большей гибкостью и автономией для удовлетворения потребностей и бюджетов пользователей на ходу [1].

Технологи не останавливаются на достигнутом даже несмотря на то, что мобильные сети 4G LTE не достигают многих частей мира (и не будут достигать в течение многих лет), телекоммуникационная индустрия усердно работает над разработкой технологии сотовой связи следующего поколения 5G. 5G настроен на резкое увеличение скорости мобильных соединений. Но насколько быстро потребители должны ожидать, что эти соединения будут работать и когда они смогут купить

устройства 5G, может быть неизвестно, пока не будут установлены отраслевые технические стандарты. Однако, как и в то время, когда 4G только разрабатывался, компании не ждут, чтобы рекламировать свои усилия в области 5G. Исследователи продолжают тестировать прототипы версий того, что может стать частью стандартных сетей 5G. В то время как отчеты об этих тестах будут демонстрировать максимальную скорость передачи данных во много гигабит в секунду (Гбит/с), потребители должны быть также заинтересованы в обещании улучшения покрытия сигнала с помощью 5G.

#### Литература

1. Новиков, Ю. В. / НОУ «ИНТУИТ»: [сайт]. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/57/57/info> (дата обращения: 16.11.2021). – Текст: электронный.
2. Александер Берестов / ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И УМНЫЙ ДОМ В CISCO PACKET TRACER 7: [сайт]. – URL: <http://arekusander.blogspot.com/2017/12/cisco-packet-tracer-7.html> (дата обращения: 18.10.2021). – Текст: электронный.
3. Блог Степана Петрова / DNS КЛУБ: [сайт]. – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-280-marshrutizatoryi/44996-chto-takoe-mesh-i-kak-eto-rabotaet/> (дата обращения: 17.10.2021). – Текст: электронный.
4. Александр Токмаков / Компьюти: [сайт]. – URL: <https://computy.ru/blog/vidy-lokalnyx-setej/> (дата обращения: 18.10.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.946

#### **Облачные технологии в образовании**

Забродин Максим Дмитриевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*В статье представлен анализ применения облачных технологий в образовании. Приведены возможности облачных сервисов в организации учебной деятельности студентов.*

В настоящее время идет процесс цифровизации системы образования. Активно внедряются такие современные информационные технологии, как искусственный интеллект, автоматизированные обучающие системы, технология дополненной реальности и другие [1-6]. Особое внимание стали уделять использованию онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения [7, 8, 10, 11]. Причем концепция облачных систем охватывает все больше и больше различных типов услуг и успешно используется в образовании, медицине, логистике, банковской сфере, бизнесе.

Сегодня активный пользователь не ограничивается лишь одним гаджетом – у каждого есть смартфон, ноутбук, стационарный компьютер или планшет. В любой момент может понадобиться доступ к какому-то файлу, а носить с собой накопители памяти не всегда представляется возможным и по большей мере доставляет некоторые неудобства. Та же ситуация возникает, когда необходимо синхронизировать информацию на рабочем и домашнем персональном компьютере, вносить поправки в документы, редактировать файлы.

Облачные технологии – это распределенная обработка данных, в которой доступ к компьютерным программам, вычислительным и другим мощностям пользователь получает как онлайн-сервис – в режиме реального времени [9-11]. Также имеется в виду доступ к виртуальным хранилищам из любой точки мира. Для этого необходимо любое устройство с возможностью подключаться к интернету. Наглядный пример – электронная почта. Если почтовый клиент установлен на компьютер, то хранящиеся данные пользуются памятью ПК. Если пользователь использует почту через браузер, то это – облачный сервис.

Простейший пример применения облачных технологий в личных целях – облачные сервисы, предлагаемые компанией Google. После установки Google Drive пользователь получает возможность использовать облачное хранилище для своих данных, что позволяет ему отказаться от старых способов хранения информации на дисках и всякого рода внешних накопителях. Google Doc или Word Online от Яндекс Диск – полноценные редакторы, предлагающие возможность работать с документами разных форматов.

Облачная сеть состоит из узлов хранения информации, которые называются дата-центрами [8, 9]. Это целые здания, огромная площадь, заполненная огромными шкафами с серверным оборудованием. Они расположены по всему миру и связаны между собой интернетом. Строят и обслуживают оборудование облачных сервисов облачные провайдеры. Они же распределяют ресурсы серверов на другие виртуальные

машины и сдают их в аренду. Облачные сервисы подходят для любого бизнеса – от индивидуального предприятия до госструктур и международных корпораций.

Во время пандемии многим организациям пришлось перейти на удаленный формат работы и, чтобы не потерять в работоспособности, стали пользоваться облачными сервисами. Огромное и сложное производство работало на классических офлайн-программах. Когда началась пандемия, сотрудники не имели возможности пользоваться корпоративным оборудованием, не имели к ним доступа, из-за чего работа была приостановлена. Спасти ситуацию помогло быстрое внедрение облачных программ с удаленным доступом.

Проведем анализ преимуществ и недостатков облачных технологий, результаты чего представлены в табл. 1.

Таблица 1

Преимущества и недостатки облачных технологий

Облачные технологии	
Преимущества	Недостатки
Доступность – облака доступны всем и везде, где есть Интернет, и с любого устройства, где есть браузер	Постоянное соединение с сетью – для получения доступа к услугам «облака» необходимо постоянное соединение с сетью Интернет. Однако в наше время это не такой и большой недостаток, особенно с приходом технологий сотовой связи 3G и 4G
Надежность – специально оборудованные ЦОД имеют дополнительные источники питания, охрану, профессиональных работников, регулярное резервирование данных, высокую пропускную способность интернет-канала, высокая устойчивость к DDOS атакам	Надежность – потерянная информация из облачного хранилища не подлежит восстановлению
Большие вычислительные мощности – можно использовать все ее вычислительные способности, заплатив только за фактическое время использования	Программное обеспечение – есть ограничения по ПО, которое можно разворачивать на «облаках» и предоставлять его пользователю
Низкая стоимость – снижение расходов на обслуживание виртуальной инфраструктуры, оплата лишь фактического использования ресурсов	Конфиденциальность – в настоящее время нет технологий, которые бы гарантировали полную конфиденциальность хранимых данных
Гибкость – неограниченность вычислительных ресурсов (память, процессор, диски), виртуализация	Дороговизна оборудования – для построения собственного облачного сервиса необходимо выделить огромные материальные ресурсы
Безопасность – облачные сервисы имеют достаточно высокую безопасность при должном ее обеспечении	Безопасность – облачные технологии сами по себе являются достаточно надежной системой, однако не исчезает шанс проникновения злоумышленника и если такое произойдет, то он получит доступ к огромной базе данных

Таким образом, облачные технологии – это не только ожидающее нас будущее, это уже наше настоящее. В нашей обычной жизни мы не обращаем особого внимания



на настоящие облака, но это не отменяет того факта, что они существуют. Конечно, обычному пользователю пока сложно в полной мере оценить весь их потенциал, но то, что эта технология все более и более популяризируется, становится частью нашей жизни, видно не вооруженным глазом. За счет «облаков» в образовательной сфере возможно автоматизировать деятельность участников образовательного процесса:

1. Совместная работа над документами. На современном этапе цифровизации образования очень актуальным является использование облачных технологий. Например, образовательная программа или годовой план. Такой масштабный документ создается силами администрации и преподавателей, ответственных за какие-либо направления. Каждый отвечает за какую-либо часть документа, но имеет доступ к информации и в других блоках, открыта возможность редактировать.

Другой пример – документ-таблица, который должен заполнить каждый куратор группы информацией о своей группе. При попытке работы с такими документами в локальной сети возникает следующая проблема – одновременно с одним и тем же документом работать на разных компьютерах нельзя. Появляется несколько копий одного и того же документа, которые потом надо объединить. Для совместной работы в облачных технологиях необходимо создать или поместить документ в облачное хранилище и предоставить доступ к нему тем, кому потребуется.

2. Совместная проектная работа обучающихся. Обучающиеся получают темы проектов и разделяются по группам. В группах распределяют обязанности. Затем руководитель группы создает документ и предоставляет доступ к нему остальным участникам. Обучающиеся работают над проектом дома или в вузе, наполняя документы содержанием. По окончании работы предоставляется доступ преподавателю, который может прокомментировать какие-либо участки документа, чтобы обучающиеся имели возможность откорректировать его содержание до защиты.

Также очень важно то, что при оценивании участия в создании проекта преподаватель может отследить все произошедшие с документом изменения. На основе этих изменений можно определить участие каждого участника группы, то, какой вклад он все в работу, проект.

3. Дистанционное обучение. Преподаватель дает задание обучающимся через информационно-образовательную среду. Это может быть любое задание. Обучающийся должен будет создать свой отчет по заданию. У преподавателя есть доступ к документам, к отчетам.

Таким образом, онлайн-сервисы предоставляют возможность организовать совместную деятельность преподавателя и обучающихся, позволяют осуществлять

контроль и самоконтроль. Использование онлайн-сервисов позволяет создать уникальную информационно-образовательную среду, соответствующую требованиям ФГОС, организовать учебный процесс, направленный на формирование у обучающихся компетенций и получение высоких результатов учебной деятельности.

#### Литература

1. Рябенков, Р. А. Искусственный интеллект и его потенциал / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 229-233.
2. Рябенков, Р.А. Машинное обучение / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 224-228.
3. Рябенков, Р. А. Глубокое обучение / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 229-233.
4. Виштак, О. В. Использование техники дополненной реальности в обучении студентов технических направлений / О. В. Виштак, М. В. Фролов / Сборник трудов научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – Т. I. – С. 58-59.
5. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry / O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] // Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – Procedia Computer Science». – 2020 – V. 169. – Pp. 430-434.
6. Key Aspects of The Implementation Of An Automated System Module For Assessing The Quality Of Academic Software Products / O. Vishtak, V. Zemskov, I. Mikheev [et al.] // Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – Procedia Computer Science. – 2020. – V. 169. – Pp. 423-429.
7. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их

приложения». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 47-50.

8. Облачные технологии в образовании: [сайт]. – URL: <https://www.art-talant.org/publikacii/27648-oblachnye-tehnologii-v-obrazovanii/> (дата обращения: 14.12.2021). – Текст: электронный.

9. Облачные технологии: [сайт]. – URL: <https://qwizz.ru/облачные-технологии/> (дата обращения: 14.12.2021). – Текст: электронный.

10. Виштак, Н. М. Облачные технологии хранения данных в современном образовании / Н. М. Виштак, Р. В. Ефремов, В. В. Беляева / Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 155-161.

11. Рябенков, Р. А. Облачные вычисления / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 293-297.

УДК 004.942

### **Система требований для разработки приложения контроля результатов вузовского образовательного процесса**

Качков Михаил Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

*Статья посвящена рассмотрению системы требований для разработки приложения контроля результатов вузовского образовательного процесса. Основное внимание уделено изучению перспективности и актуальности использования подобного программного решения в качестве инструмента для надежного и качественного контроля успеваемости студентов. В данной исследовательской работе практическая значимость использования информационных средств рассмотрена с точки зрения удобства и возможности использования в дистанционном формате, а также применения их в качестве средств для обеспечения*

*образовательной деятельности в условиях рисков распространения коронавирусной инфекции. В результате написания статьи сделаны выводы касательно эффективности разработки данных средств, необходимых для осуществления контроля результатов обучения студентов.*

Одним из перспективных направлений развития современного образовательного процесса является организация учебного процесса путем создания обширной информационно-коммуникационной среды, способной вместить в себя все функции, необходимые для поддержания необходимого уровня обучения. Практическими примерами таких систем являются различные сервисы по онлайн-образованию, а также web-приложения, включающие в себя разнообразные виды образовательных программ, например web-квесты или платформы с тестами. Применение различных приложений в области образования положительно сказывается на общей деятельности как преподавателя, так и студента [3]. Они позволяют осуществлять несколько другой уровень связи между студентом и преподавателем, недоступный в обычной жизни.

В условиях опасности распространения коронавирусной инфекции большинство высших и средних образовательных заведений вынуждены выстраивать свое обучение посредством различных дистанционных технологий. Об этом свидетельствует распоряжение Министерства просвещения РФ от 18 мая 2020 года N P-44 «Об утверждении методических рекомендаций для внедрения в основные общеобразовательные программы современных цифровых технологий» [5]. Согласно данному распоряжению, цифровая информационная среда является совокупностью условий, необходимых для реализации образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающегося. В связи с этим все практические, лекционные и даже лабораторные занятия перенесены в онлайн-среду [2].

Контроль успеваемости в условиях дистанционного, и не только, обучения является одним из главных компонентов учебного процесса, и от его устройства и организации на всех этапах зависит качество знаний обучающихся. На данный момент во многих образовательных учреждениях отсутствуют специализированные средства для обеспечения контроля успеваемости студентов. Поэтому преподаватели вынуждены сами придумывать или использовать существующие программные средства, которые способны хотя бы минимально обеспечить необходимым функционалом, для создания средств учёта успеваемости (Microsoft Excel, почтовые сервисы, социальные сети и другие) [1].

Требуется разработать универсальную информационную систему контроля

результатов вузовского образовательного процесса, способную подстраиваться под конкретный учебный план и процесс и выстраивать необходимую среду, в которой учитывать успеваемость студентов покажется лёгкой задачей. До этого уже разрабатывались различные системы учёта успеваемости студентов, однако данные работы не учитывали особенности обучения в современных условиях; проблемы «системы контроля успеваемости учащихся» в современных условиях в области информатики, вычислительной техники и информационных технологий заключаются в: 1) обеспечении обратной связи между учителем и учащимся; 2) своевременном выявлении пробелов; 3) корректировке учебных процедур согласно результатам обратной связи; 4) итоговой оценке результатов.

Поэтому предлагается разработать web-приложение, которое позволит решить проблемы обеспечения более высокого качества образования и научных исследований в вузе. Web-приложение обеспечит функционал для создания таблиц успеваемости, которые позволят фиксировать информацию о выполнении студентами тех или иных работ. Количество и тип работ указываются преподавателем при создании такой таблицы. Преподаватель сможет менять статус работы у каждого студента, указывая дату сдачи работы, а также количество баллов, которое он получил за неё. Данные таблицы успеваемости имеют возможность просматривать как преподаватель, так и студент, которому открыты таблицы, связанные с его предметами и группой.

Для обеспечения обратной связи необходимо реализовать функционал, в котором преподаватель и студент смогут обмениваться различными файлами и сообщениями. Это позволит создать самодостаточную среду, в которой можно будет уместить весь документооборот между различными участниками образовательного процесса.

Для такой системы требуется качественно спроектировать базу данных для хранения всех видов сущностей, необходимых для обеспечения работы данного приложения. Модель должна содержать сущности, их поля, тип данных каждого поля, а также взаимосвязи между этими сущностями. Диаграмма согласно методологии IDEF1X представлена на рис. 1 [6].

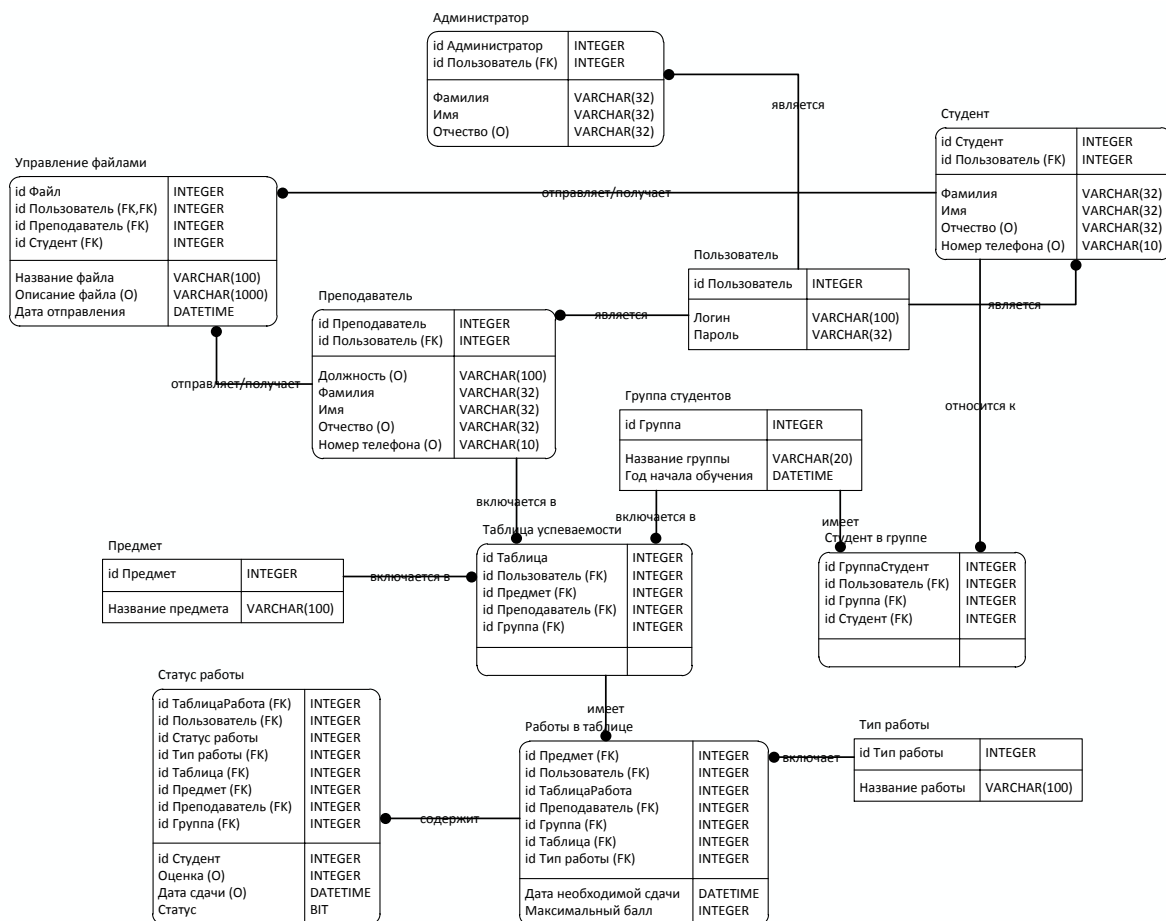


Рис. 1. Физическая модель представления базы данных

Данная схема включает в себя поля, необходимые для создания таблиц успеваемости и обеспечения работы над ней. Также в ней отображены связи, которые показывают отношение каждой сущности к другим. Описаны поля каждой сущности и типы данных, необходимых для создания качественной системы.

Планируется, что преподаватель, пройдя авторизацию в системе, может создать таблицу успеваемости, указав по какому предмету эта таблица строится, группу студентов, обучающихся данному предмету, количество работ разного типа, примеры которых содержатся в сущности «Тип работы», указав для каждой дату необходимой сдачи и количество максимальных баллов, которые можно получить за эту работу. После всего этого формируется таблица, в которой сверху указываются типы работ, необходимых к выполнению, слева указывается список студентов, и на пересечении столбцов и строк находится запись сущности «Статус работы», которая содержит в себе всю информацию по определенной работе конкретного студента и может быть в дальнейшем изменена преподавателем.

Актуальность проблемы заключается в создании качественного и достойного дистанционного образования, но в условиях значительных рисков, связанных как с

пандемией, так и с периодически возникающими проблемами и сложностями в работе коммуникационных систем и программного обеспечения, разработка таких информационно-образовательных продуктов является одним из перспективных направлений создания программного обеспечения [2, 3]. Интенсивное внедрение дистанционных технологий контроля успеваемости студентов в значительной мере решает существующие проблемы дистанционного обучения и отвечает запросам современного учебного процесса [4]. Предлагаемое web-приложение не потребует высокой технической оснащенности учебного заведения или особых программных продуктов пользователя. Система требований, которая необходима для разработки приложения контроля результатов вузовского образовательного процесса, находит ответ в качественном проектировании разрабатываемой системы посредством различных методологий и в смежных инструментах моделирования.

#### Литература

1. Абрамян, Г. В. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика-исследования и инновации. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 91-95.
2. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3.
3. Гречушкина, Н. В. Факторы интеграции онлайн-курсов в образовательную систему вуза / Н. В. Гречушкина // Сборник трудов конференции «Электронное обучение в непрерывном образовании». – Рязань, 2018. – С. 16-23.
4. Войт, Н. Н. Разработка программного обеспечения оценки действий обучаемых / Н. Н. Войт. – Ульяновск: УлГТУ, 2019. – С. 151-159.
5. Распоряжение Минпросвещения России от 18.05.2020 N P-44: сайт / Законы, кодексы и нормативно-правовые акты российской федерации. – Москва, 2021. – URL: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-minprosveshchenija-rossii-ot-18052020-n-r-44-ob-utverzhdanii/> (дата обращения: 9.12.2021). – Текст: электронный.
6. Основы методологии IDEF1X: сайт / Корпоративный менеджмент. – Москва, 2021. – URL: <https://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef1x.shtml> (дата обращения: 9.12.2021). – Текст: электронный.

## **Проектирование программного обеспечения с использованием методологии Agile**

Качков Михаил Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

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

*В настоящее время для повышения эффективности разработки, освоения и эксплуатации специалистами программного обеспечения активно внедряются новые методологии. Так, гибкая методология разработки программного обеспечения Agile позволяет вести разработку программного продукта с момента появления идеи до ее реализации. В статье показан результат функционального моделирования IDEF0, описывающий процессы разработки программного обеспечения с помощью методологии Agile.*

В настоящее время для повышения эффективности разработки, освоения и эксплуатации специалистами программного обеспечения в различных областях, в том числе на предприятиях атомной отрасли, активно внедряются методы интеграции специальных технологий и курсов, направленных на развитие качественных характеристик в области менеджмента и контроля над разработкой проекта.

Проектирование информационных продуктов различной направленности становится намного эффективнее и выгоднее при использовании современных методик. Так, гибкая методология разработки программного обеспечения Agile позволяет вести разработку продукта практически сразу с момента появления идеи, без предварительной проработки каждого шага проектирования программного обеспечения. Это значительно сокращает траты на начальном этапе и позволяет обезопасить заказчика от того, что продукт, разрабатываемый командой разработчиков, не устареет за время его создания [1]. При этом достигаются следующие цели: эффективное распределение ресурсов компании; первые результаты доступны уже на начальном этапе разработки; минимизация рисков при проектировании программных продуктов.

В представленной работе показана особенность проектирования программного обеспечения для предприятий атомной отрасли с помощью гибкой методологии Agile с



использованием средства функционального моделирования IDEF0, предназначенного для формализации и описания бизнес-процессов.

При проектировании информационно-технического продукта прорабатываются спринты (шаги), которые содержат задачи, необходимые к выполнению за определенный срок времени, будь то месяц или день, в зависимости от сложности и трудоемкости данной задачи. Для этого команде необходим лидер, который занимается проведением команды через все задачи согласно дорожной карте, согласованной с руководителем проекта. Основной задачей лидера команды является наблюдение и корректировка поведения разработчиков с целью получить готовый продукт. За лидером команды также стоит ответственность за выбором людей, готовых выполнять все задачи, поставленные перед ними [2].

Для более четкого понимания, как взаимодействуют роли в команде между собой, чтобы достигнуть конечной цели – произвести готовое программное обеспечение, необходимо воспользоваться методологией функционального моделирования IDEF0 [3]. Для этого построена контекстная диаграмма, представленная на рис. 1.

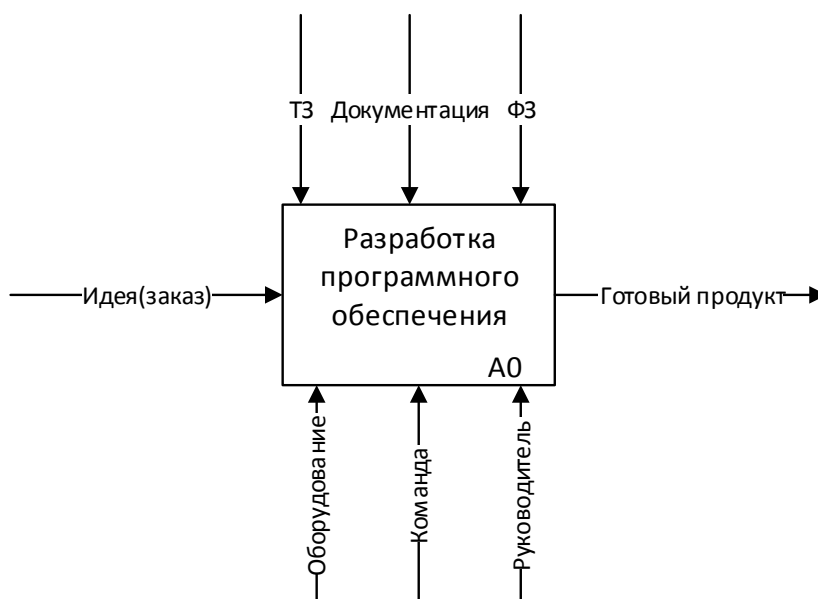


Рис. 1. Контекстная диаграмма

Контекстная диаграмма отражает то, как выглядит проект на начальном этапе: есть некоторая идея или заказ и примерное понимание того, что должно считаться готовым продуктом. Над проектом работает команда и руководитель проектов согласно технической документации на рабочем оборудовании.

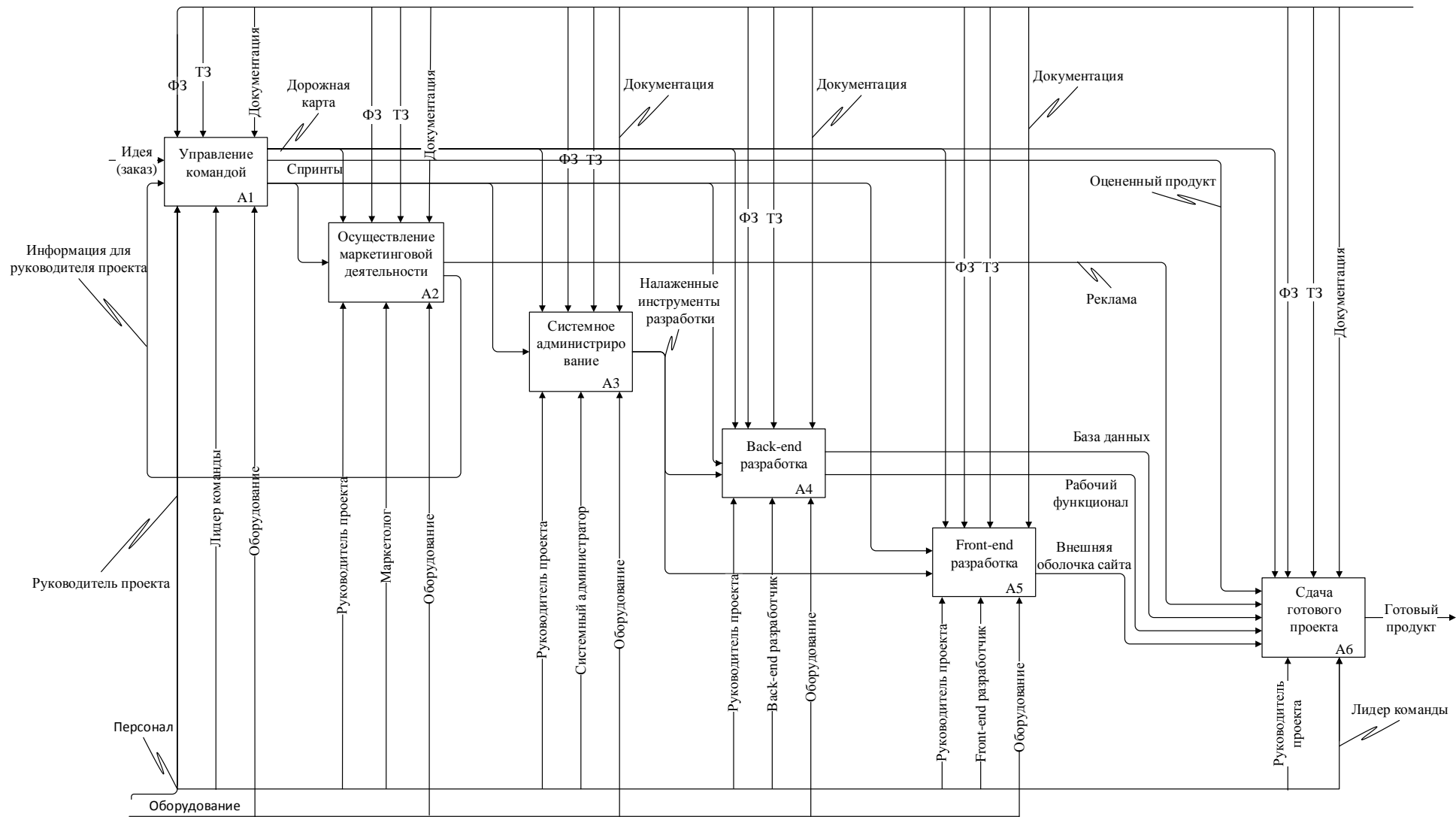


Рис. 2. Декомпозиция A0

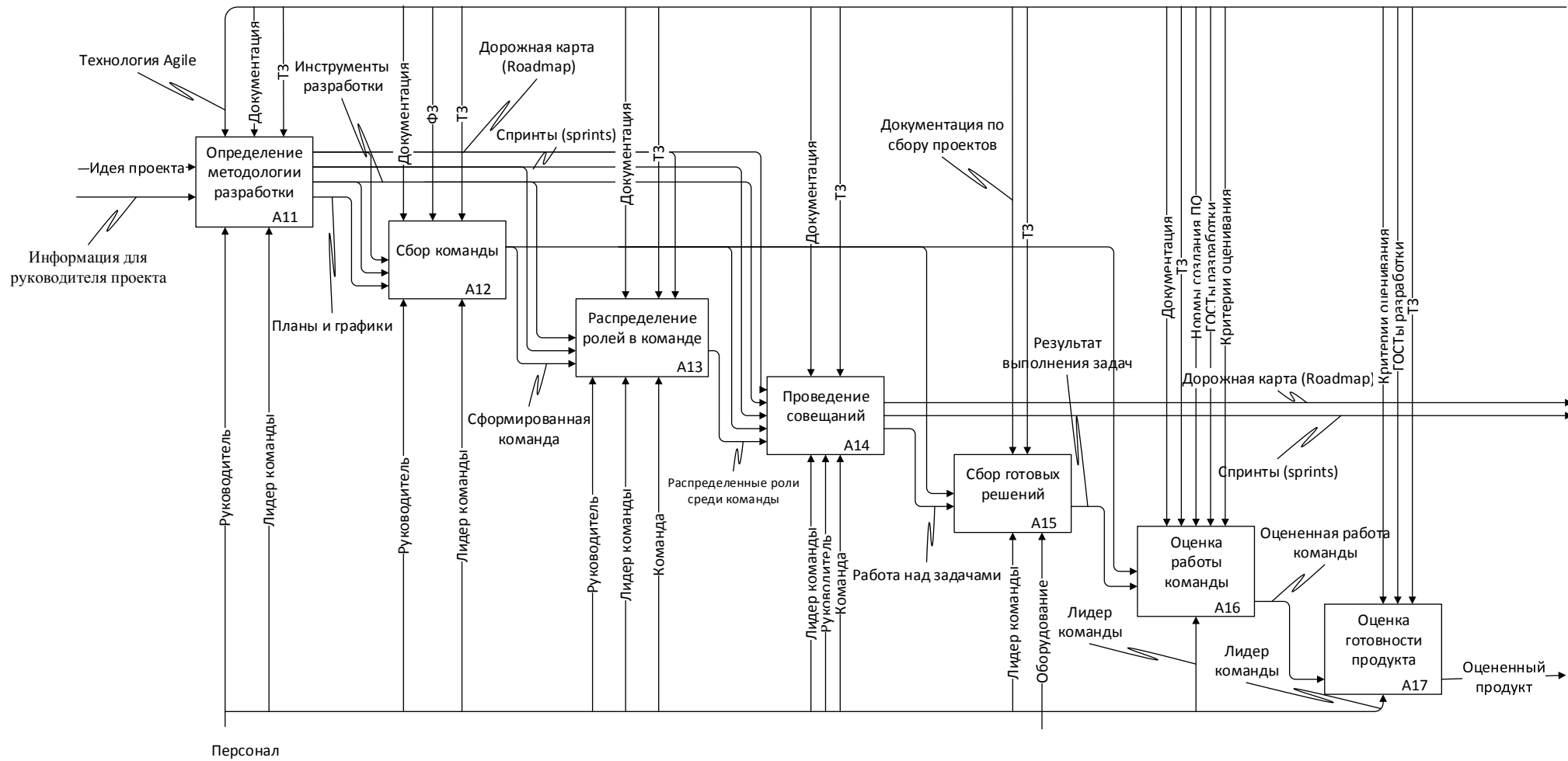


Рис. 3. Декомпозиция блока A1

Необходимо совершить декомпозицию блока А0 на командные роли, чтобы сформировать более четкую схему работы в команде над разрабатываемым программным продуктом. Декомпозиция блока А0 представлена на рис. 2. Далее происходит декомпозиция блока А1, для того чтобы подробнее раскрыть роль лидера команды, так как она является наиболее важной в планировании этапов разработки. Данная декомпозиция представлена на рис. 3.

Применение методологии Agile следует проводить в следующем порядке:

1. Выбрать время, на которое рассчитаны все спринты проекта – то есть время, за которое необходимо выполнить все задачи, перечисленные в данном спринте.

2. Согласно дорожной карте и успеху предыдущих спринтов, заполняется следующий список задач, которые необходимо выполнить за определенное время. Если задача подразумевает длительное время для ее выполнения, она декомпозируется на более простые.

3. В начале рабочего дня проводится планерка – собрание всех участников проекта для того, чтобы понять, насколько участники команды понимают поставленные перед ними задачи. Раздаются задачи, и составляется понимание у каждого участника команды о том, как выполнить задачу и что необходимо получить в конце рабочего дня.

4. В течение рабочего дня команда задает вопросы лидеру команды, если возникают какие-либо трудности или непонимание задачи.

5. В конце рабочего дня подводятся итоги, на которых команда демонстрирует результат своей работы. Если задача выполнена неправильно или не до конца, необходимо разобраться, что стало причиной невыполнения, подобрать возможные методы устранения причины неисполнения и отправить на доработку после основного времени, если задача не может быть отложена на следующий день. Если задача потребовала более широких знаний, чем предполагалось, задача может уйти в журнал заданий (backlog) и вернуться позднее.

6. В течение календарного месяца необходимо оценить полученные навыки команды с помощью системы тестирования. На основе результатов делаются выводы о работе команды [2].

Таким образом, благодаря постепенному выполнению задач, команда небольшими шагами продвигается к конечной цели. Не требуется долгосрочное планирование, которое предполагает расписать всю последовательность действий до достижения результата, что обходится очень дорого и не всегда эффективно.

Результатов от внедрения гибкой методологии Agile в разработку программных продуктов различных областей не придется ждать долго. Такой подход к созданию программного обеспечения способен не только контролировать процесс разработки на каждом этапе, но и получать разные версии финального продукта, что позволяет заниматься

тестированием уже на этапе разработки, а не после получения полностью готового продукта. Внедрение гибкой методологии положительно отразится на экономии ресурсов компании и позволит запускать сразу несколько проектов, выбирая из них более выгодные и конкурентоспособные. Различные компании уже внедрили гибкую методологию в свою разработку, что сделало их более мобильными на рынке, и это выгодно отличает их от конкурентов.

#### Литература

1. Гибкая методология разработки: [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 4.09.2021). – Текст: электронный.
2. Гибкая методология разработки программного обеспечения: учебное пособие. – 2-е изд. – Москва: ИНТУИТ, 2016. – 153 с.: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/100590> (дата обращения: 04.12.2021). – Текст: электронный.
3. Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем: технология автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум: учебное пособие / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 156 с.: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/133477> (дата обращения: 4.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.93

#### **Интеллектуальная обработка изображений и видео**

Коновалов Эльдар Наилевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*В данной статье рассмотрена технология компьютерного зрения. Описаны преимущества использования данной технологии, типичный состав системы компьютерного зрения, а также некоторые методы интеллектуальной обработки изображений и видео.*

Одним из ключевых направлений искусственного интеллекта является компьютерное зрение. Компьютерное зрение (Computer Vision, CV) – это область искусственного

интеллекта, связанная с анализом изображений и видео [1]. Данная область также включает в себя некоторый набор методов, которые позволяют компьютерам распознавать и извлекать необходимую информацию из увиденного.

Компьютерное зрение как научная дисциплина относится к теории и технологии создания интеллектуальных систем, которые извлекают информацию из изображений. Видеоматериал может иметь множество форм и источников, например, изображение может быть получено с камер уличного наблюдения или сканера медицинского типа, снимающего трёхмерные данные.

В настоящее время компьютерное зрение стало очень активно использоваться во многих отраслях человеческой деятельности, что отражает актуальность использования этой технологии. К примеру, системы CV используют в автомобилестроении для считывания маркировок комплектующих и как средство контроля качества. При производстве фармацевтики требуется строжайший контроль над процессом производства, что успешно делают системы компьютерного зрения. При изготовлении микроэлектроники CV системы успешно применяют для контроля расположения кремниевых пластин, а также других элементов.

Применение CV систем позволяет усовершенствовать практически каждое производство и несёт в себе следующие экономические эффекты [3]:

- снижение затрат. Большое количество предприятий до сих пор используют ручную проверку качества изделий, что приводит к высоким затратам на оплату труда. Системы CV при их правильной интеграции могут контролировать качество изделий лучше и быстрее по сравнению с обычным работником;

- операционные преимущества. Есть возможность значительно повысить темпы производства, а также общую производительность труда за счёт сниженного времени на проверку и сортировку изделий при высоконагруженном производстве. Помимо этого, компьютерное зрение позволит многократно снизить количество остановок производственных линий, часто вызываемых из-за заранее не выявленных несоответствий производимых изделий эталону;

- сбор данных и отслеживание параметров. Системы CV позволяют провести сбор данных и интегрировать данные в программные решения систем управления производственными процессами MES. Благодаря сбору данных и последующей их интеграции в программные системы управления производственными процессами можно получить полное понимание процесса производства, что облегчит его дальнейший анализ и выработку решений по его улучшению. Подобные улучшения можно отслеживать отдельно, а также учесть их вклад при оценке общей эффективности внедрений CV систем;

– повышение качества. Благодаря применению CV систем за пределы производственных линий будет выходить только продукт, который строго соответствует заранее определённым параметрам качества. Чаще всего именно это преимущество и является ключевым при выборе в пользу CV систем. Мнение общества и конкретного клиента трудно оценить в строгих терминах экономической эффективности, но с точки зрения маркетинга это очень важный пункт;

– снижение непродуктивных затрат. Многие производители заранее закладывают некоторое количество потерь в стоимость конечного продукта. Это связано с тем фактом, что нехватка в таре нескольких процентов продукта приведёт к полной блокировке тары на этапе контроля качества. Поэтому, чтобы этого избежать, производители готовы превысить некоторый порог используемого количества продукта, чтобы гарантированно не отправлять тару в отбраковку. Применение CV систем позволит многократно снизить порог излишнего объёма продукции, что приведёт к снижению непроизводственных затрат;

– повышение безопасности. Параметр, который зачастую является одним из ключевых при выборе в пользу использования CV систем. CV системы позволяют полностью убрать оператора из зон, несущих опасность здоровью, и тем самым повысить безопасность персонала и сократить затраты на оплату труда, например снизить потенциальные финансовые потери при выплате компенсаций и страховок.

Одним из направлений искусственного интеллекта, основанном на методах компьютерного зрения, является видеоаналитика, используемая чаще всего в видеонаблюдении и других сферах безопасности [3].

Кроме того, в настоящее время перспективным направлением использования методов интеллектуальной обработки изображений и видео являются компьютерные обучающие системы [4].

Как правило, CV системы состоят из фото- или видеокамеры, компьютера, на котором установлено программное обеспечение, занимающееся обработкой и анализом изображений. Система оптики в свою очередь проецирует изображение на сенсорную матрицу. Преобразованием изображения в цифровой образ занимается сенсорная матрица, а затем полученный образ отправляется в процессор для проведения анализа.

В большинстве случаев CV системы работают в условиях естественного освещения, но также есть возможность работать в диапазонах, невидимых для глаза человека.

Системы CV в простых системах обработки, как правило, занимаются получением качественной и количественной информации из различных изображений. Параметры могут отличаться в зависимости от задачи, но, как правило, это: характер движения и направления, цвет, размер, переход контраста в районе пикселя изображения, из чего получают набор

некоторых характерных черт. На основе полученных черт проводится анализ с последующим извлечением всей полезной информации.

Система обработки изображений CV может использовать такие методы, как нейросети, системы глубокого и машинного обучения. Эти методы позволяют имитировать процессы распознавания и последующего анализа, которыми пользуется человек [5].

Метод контурного анализа. Контур объекта – это некоторая кривая, которая соответствует границе объекта на графическом материале. При использовании этого метода анализируется не всё изображение выбранного объекта, а только контур, что позволяет значительно снизить сложность алгоритмов и вычислений.

Один из самых распространённых методов распознавания в системах CV – это поиск с использованием шаблонов, призванный определить, есть ли искомый объект на изображении и если есть, то где он.

Метод SLAM – это метод, позволяющий одновременно локализовать объект и построить карту в неизвестном пространстве. Этот метод часто применяется для ориентации транспорта в пространстве.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что CV системы прочно вошли в инструментарий сегодняшнего дня. Использование компьютерного зрения позволяет значительно увеличить эффективность работы во многих областях деятельности, связанных с обработкой изображения и видео, распознаванием образов.

#### Литература

1. Что такое компьютерное зрение и где его применяют: [сайт]. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f1f007e9a794756fafbfa83> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
2. Компьютерное зрение: технологии, рынок, перспективы: [сайт]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютерное\\_зрение:\\_технологии,\\_рынок,\\_перспективы](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютерное_зрение:_технологии,_рынок,_перспективы) (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
3. Штырова, И. А. Применение технологии распознавания образов для предотвращения террористических актов / И. А. Штырова, Д. С. Дружин // Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций». – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – С. 118-121.



4. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry / O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] // Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically «Inspired Cognitive Architectures Procedia Computer Science». – ВІСА, 2019. – Рр. 430-434.

5. Рябенков, Р. А. Искусственный интеллект и его потенциал / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 229-233.

УДК 373.1

**Влияние цифровизации образования на развитие  
учебно-познавательных компетенций обучающихся**

<sup>1</sup>Куликова Елена Геннадьевна, учитель;

<sup>2</sup>Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

<sup>1</sup>Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Основная общеобразовательная школа села Быков Отрог»

Балаковского района Саратовской области;

<sup>2</sup>Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

*Основной задачей цифровизации образования является создание условий для развития познавательной деятельности обучающихся, индивидуализации обучения с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося. Внедрение цифровых технологий в образовательный процесс способствует формированию учебно-познавательных компетенций обучающихся.*

В основе дальнейшего развития общества на современном этапе лежит цифровая трансформация, предполагающая перевод значимой информации в цифровую форму для обеспечения ее эффективного использования в разных областях человеческой деятельности. Данный процесс не может не затронуть сферу образования, так как именно образование в условиях цифровизации играет важную роль в формировании новых коммуникативных и познавательных возможностей человека.

Современные цифровые технологии позволяют создавать множество различных моделей образовательных процессов, сочетающих виртуальный и реальный компоненты обучения. Одним из наиболее распространенных методов, позволяющих создать универсальное образовательное пространство, является смешанное обучение.

Под смешанным обучением понимается образовательная технология, совмещающая три обязательных компонента [1]:

- контактные занятия обучающихся с преподавателем;
- дистанционные, в том числе онлайн, коммуникации преподавателя и обучающихся;
- самостоятельную работу обучающихся, организованную преподавателем.

Внедрение смешанного обучения позволяет решить такие педагогические задачи, как:

- повышение учебной мотивации;
- повышение учебных результатов;
- помощь отстающим ученикам;
- развитие успевающих учеников.

При этом дистанционные занятия не должны ограничиваться предоставлением обучающимся теоретического материала, они должны иметь практическую направленность, предусматривать работу обучающихся в группах, выполнение проектов. Основной целью данного этапа обучения является применение знаний и навыков в новых, практических ситуациях, развитие коммуникативных компетенций.

Этап самостоятельной работы позволяет дать каждому обучающемуся возможность развивать навыки самостоятельной работы, личную ответственность. На этом этапе важно повысить мотивацию к обучению, научить ребенка учиться, развить у него самоорганизацию.

Контактные занятия обучающихся с преподавателем позволяют предоставить каждому обучающемуся эффективную обратную связь.

Применение электронных образовательных ресурсов на любом этапе смешанного обучения дает положительный обучающий и развивающий эффект за счет интерактивности, разнообразия форм представления и содержания учебных материалов [2]. Использование технологий виртуальной и дополненной реальности позволяет проводить эксперименты, моделировать различные процессы и ситуации, что позволяет повысить заинтересованность обучающихся, а следовательно, и их активность в процессе обучения [3].

Соответственно, для более активного вовлечения обучающихся в образовательный процесс новые образовательные технологии должны базироваться на доминировании игровых методов, моделировании, активном межличностном общении. Использование различных компьютерных тренажеров, виртуальных лабораторных работ, интерактивных

видео или заданий позволяет не только повысить познавательную активность обучающихся, но и развить у них исследовательские навыки, системное и критическое мышление [4]. Методы геймификации основаны на использовании в качестве средств обучения компьютерных игр, наибольшую популярность в настоящее время получили веб-квесты [5].

Для разработки интерактивных заданий и работы с ними в режиме онлайн может быть использован, например, Online Test Pad – многофункциональный веб-сервис для создания опросников, кроссвордов, логических игр и комплексных заданий.

Для организации групповой работы обучающихся в настоящее время существует множество инструментов, таких как сервисы для интерактивных опросов, облачные документы и таблицы для совместной работы, совместные доски, ментальные карты, планировщики задач. Так, например, Google Jamboard предоставляет возможность создавать до 20 фреймов, что позволяет выполнить быструю и наглядную фиксацию идей. Сервис Trello используется для управления проектами в режиме онлайн.

Для создания обучающего видео, образовательных скринкастов могут быть использованы такие веб-сервисы, как: Genially, Miro, LucidChart, Crello, Canva, Biteable, Data gif maker, YouTube.

Методы проблемного обучения (аналитические дискуссии, дебаты, кейс-технология, мозговой штурм) с успехом могут быть реализованы с использованием Mentimeter, AhaSlides, Learningapps, Google Jamboard, Google Forms, Microsoft Forms, Slack, Miro, LucidChart, Crello, Canva и др.

Кроме того, первоочередная задача цифровизации образования – индивидуализация обучения. Одним из проектов стратегии цифровой трансформации образования является создание сервиса «Цифровой помощник ученика», позволяющий в зависимости от интеллектуальных способностей, потребностей и интересов обучающегося выстраивать индивидуальный план обучения, а также управлять образовательной траекторией. Обучение становится доступным также и для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

На цифровые технологии также планируется возложить основную работу по проверке полученных обучающимися знаний. Использование экспертных систем искусственного интеллекта позволит эффективно выявлять проблемы и корректировать траекторию обучения. Это позволяет говорить о создании модели «образование для каждого», позволяющей на основе цифровых технологий индивидуализировать обучение с учетом запросов конкретного обучающегося [6].

Таким образом, цифровизация позволяет создать эффективную образовательную среду, способствующую повышению качества знаний, развитию самостоятельного мышления, творческих и коммуникативных способностей обучающихся, формированию

готовности к применению теоретических знаний на практике за счет перехода к деятельностному обучению с сочетанием различных форм и методов обучения, учитывающих индивидуальные способности и потребности обучающихся.

#### Литература

1. Дауленбаева, Т. Инновационные технологии как фактор активизации познавательной деятельности обучающихся / Т. Дауленбаева, Н. П. Ходакова, Н. М. Виштак // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 77-78.

2. Виштак, О. В. Использование электронных образовательных ресурсов в учебном процессе / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Вестник современных исследований. – 2017. – № 11-1(14). – С. 107-109.

3. Штырова, И. А. Формирование познавательной активности учащихся в условиях реализации ФГОС посредством цифровых образовательных ресурсов / И. А. Штырова, Е. Г. Куликова // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 213-216.

4. Виштак, Н. М. Интерактивные технологии как основа диалогового обучения / Н. М. Виштак, Е. А. Яковлева // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Проблемы развития регионов в условиях модернизации экономики, общества и образования». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 35-39.

5. Виштак, О. В. Компьютерные игры как эффективный инструмент обучения / О. В. Виштак, Р. Р. Мамедов // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 166-172.

6. Зенков, А. Р. Цифровизация образования: направления, возможности, риски / А. Р. Зенков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: проблемы высшего образования. – 2020. – № 1. – С. 52-55.

**Эффективность онлайн-лекций в формировании компетенций студентов  
при изучении химии на первом курсе**

Кучук Жанна Семеновна, кандидат химических наук,

доцент кафедры «Общая химия»;

Сигин Всеволод Владимирович, магистрант

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Национальный исследовательский

ядерный университет «МИФИ», г. Москва

*В работе изложен опыт дистанционного преподавания курса химии с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в обучении по химии – одной из естественнонаучных дисциплин образовательной программы бакалавриата и специалитета инженерно-физического профиля.*

Формирование компетенций, то есть способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области, рассматриваются как главные целевые установки в реализации ФГОС высшего образования [1].

Фундаментальные знания складываются из математических, физических, химических, биологических теорий и законов. Химия как наука о составе, внутреннем строении и превращениях вещества, а также о механизмах этих превращений является их важнейшей составляющей. Современный уровень развития технологий нуждается в специалистах, владеющих основами химического мышления.

Обучение по курсу «Общая химия» в НИЯУ МИФИ начинается в первом семестре. Дисциплина «Общая химия» является общеобразовательной для инженерно-физических специальностей и направлений.

Формирование необходимых компетенций по владению языком химии реализуется с использованием разработанных кафедрой методик, сочетающих лекции, семинары, тестирования в оффлайн- и онлайн-формате [2].

В период пандемии ИКТ (информационно-коммуникационные технологии) по существу является одной из основных систем, которая позволяет в образовательном процессе сочетать дистанционный и традиционный очный формат по любой учебной дисциплине, в том числе и по химии. Онлайн-формат лекций становится основным в сложившихся условиях, и оценка его эффективности приобретает большое значение.

Выделяют четыре этапа усвоения: ознакомление с учебным материалом; осмысление; запоминание; применение на практике.

Результатом усвоения материала будут приобретенные знания, умения и навыки.

Основой усвоения знаний является активная мыслительная деятельность учащихся, направляемая преподавателем, а лекция – ведущее звено всего курса обучения. Лекция (лат. lectio – чтение) – устное систематическое и последовательное изложение материала по какой-либо проблеме, методу, теме, вопросу и т. д. (wikipedia). Умение лектора вызвать заинтересованность студентов важно в освоении изучаемой дисциплины. Именно устное изложение материала является основой для последующего использования таких форм учебных занятий, как семинары и лабораторные работы.

Главной задачей преподавателя должно быть изменение мышления студентов, формирование у них компетенций, используемых для выбора стратегии их профессионального развития [3].

Лекция призвана вызывать у студентов размышления, подсказывать направление самостоятельной работы мысли, побуждать к действию, быть школой научного мышления. Лекция позволяет раскрыть основные понятия и проблематику изучаемой области науки, дать студентам представление о сути предмета, проследить взаимосвязь с другими смежными дисциплинами, быть школой научного мышления.

При традиционном процессе обучения преподаватель имеет необходимую для обучения обратную связь сразу же, реагирует на нее, имеет возможность делать на глазах студентов этот материал более доступным [3].

В настоящее время большое значение приобретает внедрение информационных технологий при обучении. Особенность дистанционного обучения – учить, не имея прямого контакта преподавателя со студентами. Онлайн-лекции позволяют с использованием ИКТ технологий представить материал максимально наглядно, что способствует лучшему усвоению информации.

Новые информационно-коммуникационные технологии дают студентам возможности: записывать лекции, возвращаться к учебному материалу, самостоятельно расширять временные рамки изучения дисциплин учебного плана, на которые отводится строго определенное число лекционных часов.

Работа с видеолекциями формирует у большинства студентов неоднозначное отношение к новым технологиям.

В работе с электронными лекционными материалами можно выделить такие группы обучающихся: студенты, которые переносят свой опыт просмотра видео из домашних условий в аудиторию; студенты имеют высокую мотивацию к получению знаний; они внимательно слушают видеолекцию, делают записи; студенты, которые трудно

воспринимают информацию с экрана; студенты, которые будут повторно работать с этой лекцией в удобное время.

Недостатки онлайн-формата лекций:

- отсутствие обратной связи,
- разная степень вовлеченности в работу студентов.

Специалисты в области дидактики приходят к мнению, что ведение конспекта обязательно для всех обучающихся, так как при этом они активно, а не созерцательно изучают материал.

Конспектирование – возможность систематизировать знания и запомнить самую важную информацию. Написание конспекта позволяет выделить смысловые части, зафиксировать ключевые идеи, выявить закономерности и систематизировать информацию.

Во время онлайн-лекции студенты обычно записывают информацию механически, без осмысления, откладывая ее усвоение до момента востребования. Ведение конспекта при дистанционной форме сводится либо к тезисам лекции, либо к фиксации всей приводимой информации при повторном просмотре видеозаписи лекции.

Лекционное занятие представляет собой живое общение преподавателя со студентами, но в дистанционном формате личность лектора как фактор нивелируется, продолжительность лекции не ограничивается, отсутствует перерыв, следовательно, для студентов существует возможность отвлекаться и не участвовать в полноценном процессе. Присутствие на лекции формализовано.

В настоящее время наблюдается, с одной стороны, избыток, а с другой – недостаток качественной структурированной информации, поэтому у студентов создается иллюзия доступности информации, что сильно снижает их мотивацию к обучению.

Таким образом, при дистанционном обучении теряется преемственность передачи знаний, а преподаватель выполняет функцию посредника.

Максимальной эффективности лекций можно добиться при сочетании традиционных способов подачи материала и представления части учебных материалов в электронном виде, расширяя наглядность и объем информации. Но для студентов первого курса преобладающее значение имеет формирование навыков обучения, в котором необходима непосредственная обратная связь «студент - преподаватель».

#### Литература

1. Шихов, Ю. А. Мониторинг качества подготовки специалистов / Ю. А. Шихов // Высшее образование сегодня. – 2006. – №2. – С.54-55.

2. Информационно-коммуникационные технологии в курсе химии: дидактический подход / Е. А. Ананьева, В. И. Петров, Н. А. Шербина, О. А. Наговицына // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 408.

3. Лекция о лекции: учебное пособие / Н. М. Колычев, В. В. Семченко, Г. Г. Левкин, Е. В. Сосновская. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 102 с.

УДК 004.946

### **Применение VR-технологий в практике повышения квалификации сотрудников атомной отрасли**

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

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

*Статья посвящена комплексному исследованию перспективы применения технологий виртуальной реальности, которые направлены на автоматизацию и решение текущих задач атомной отрасли и повышение эффективности привычных процессов. Целью исследовательской работы является определение необходимости внедрения передовых информационных технологий для обучения работников атомной отрасли. Для достижения этой цели в статье детально рассмотрены новейшие разработки в области виртуальной реальности, заточенные на применение в атомной отрасли, а также дан ответ на вопрос касательно положительных изменений в качестве обучения сотрудников посредством применения новых IT-технологий. На основании анализа темы исследовательской работы сделан вывод о повышении качества подготовки персонала АЭС при использовании виртуальных технологий для организации процесса обучения.*

Виртуальная реальность (VR) – это симуляции, созданные посредством шлемов виртуальной реальности. Виртуальная реальность позволяет полностью погрузиться в цифровой мир. На российском рынке это достаточно новая технология, именно этим можно обосновать сравнительно небольшой вклад российских разработок в мировой рынок VR-технологий. Однако за последние несколько лет этот показатель значительно вырос. Согласно отчету «Российский рынок дополненной и виртуальной реальности»,



подготовленному аналитическим агентством «ТМТ Консалтинг» совместно с компанией Huawei, в пятилетней перспективе рынок VR/AR-технологий будет расти в среднем на 37 % в год. В результате к 2025 году объем рынка увеличится в 5 раз и будет составлять 7 млрд руб. Наглядно перспективы увеличения объема российского рынка виртуальной и дополненной реальности представлены на рис. 1 [1].

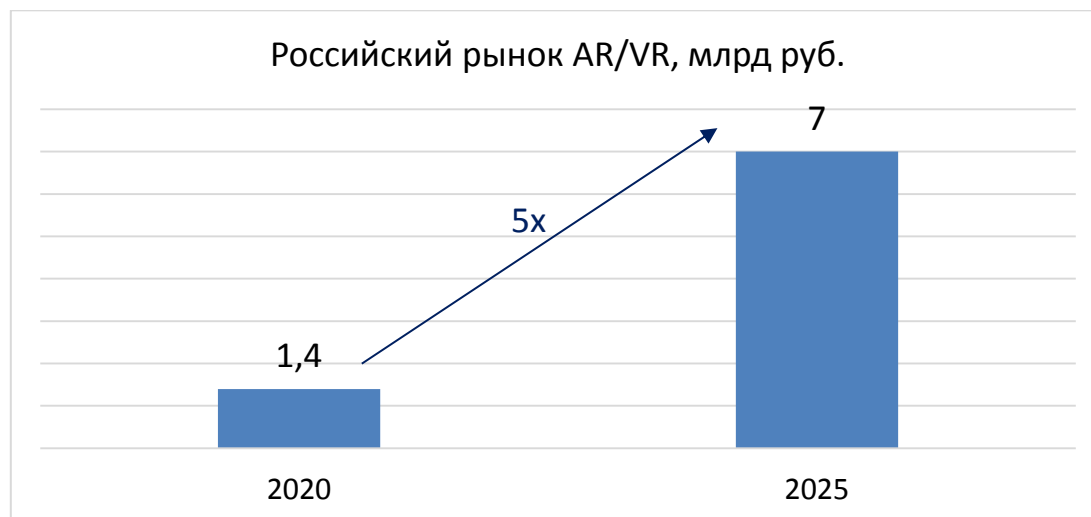


Рис. 1. Гистограмма динамики развития рынка VR/AR-технологий в России

Коммерческие организации являются основными силами, формирующими спрос на решения в области виртуальной и дополненной реальности. Большая часть проектов в этой сфере направлена на применение на промышленных предприятиях и компаниях топливно-энергетического комплекса. AR/VR-технологии в России в первую очередь ориентированы на поддержку массового обучения по развитию soft skills (надпрофессиональных навыков, которые помогают решать повседневные задачи и коммуницировать с другими людьми): тренажеры и стимуляторы для обучения специалистов по оборудованию (операторов, ремонтников), пилотов, цифровые инструкции и так далее.

Атомная отрасль – одна из областей отечественной промышленности, где начинает активно применяться практика внедрения технологий виртуальной реальности для организации производственной деятельности. Прежде всего, упомянутые технологии помогают наиболее эффективно организовать процесс обучения сотрудников атомных станций и повышения их квалификации. Использование технологий виртуальной реальности способствуют повышению эффективности подачи материалов на практических тренингах. VR-технологии дают возможность смоделировать такие ситуации, которые сложно реализовать в реальной жизни. Это позволяет понять, как сотрудник будет реагировать в критических ситуациях и какие действия предпримет для решения возникшей проблемы. Помимо этого, появляется возможность смоделировать ситуации, позволяющие оценить уровень компетенции персонала, вновь принятых работников или молодых специалистов.

Для более подробного ознакомления с направлениями развития виртуальной реальности в области атомной отрасли необходимо рассмотреть конкретные разработки, применяющиеся на практике уже сейчас.

Высшая инженеринговая школа Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ МИФИ) совместно с АО «Инжиниринговая компания «АСЭ» и российской компанией-разработчиком VR Concept представили возможность переноса информационных моделей зданий и сооружений в мир виртуальной реальности. Такое решение позволяет практически мгновенно создать интерактивные прототипы в цифровом мире без дополнительного программирования на основе моделей, созданных посредством применения различных систем автоматического проектирования. Разработка способствует существенному повышению качества обучения сотрудников и безопасности их взаимодействия со сложными технологическими объектами [2].

Казанский федеральный университет предлагает на практике применять разработки научно-исследовательской лаборатории Digital Media Lab. В частности, это внедрение виртуальных лабораторий, представляющих из себя симуляторы в цифровой реальности. Данное решение предоставляет человеку возможность обучиться основам анализов, проводимых в реальных исследовательских лабораториях. Такой формат обучения позволит существенно сократить затраты на оборудование и реагенты, а также заметно ускорить процесс подготовки специалистов. Разработки в этой области могут применяться для обучения сотрудников атомных станций с помощью VR-тренажеров.

Еще одной разработкой лаборатории Digital Media Lab. является трехмерная модель женщины с носимыми устройствами, которая демонстрирует возможности сбора информации о когнитивно-эмоциональном состоянии человека. Датчики на модели служат для сбора таких показателей, как температура тела, пульс и так далее. После обработки полученной информации о состоянии человека можно сделать вывод об успешности прохождения тренинга на виртуальных тренажерах, тем самым оценить эффективность обучения с применением VR-технологий [3].

На базе Высшей инженеринговой школы (ВИШ) НИЯУ МИФИ создан класс коллективной виртуальной реальности для обучения специалистов атомной отрасли. Класс виртуальной реальности состоит из 20 VR Ready компьютеров и шлемов HTC VIVE. Цифровой двойник реактивного двигателя на основе CAD-модели демонстрирует возможности практического использования программного обеспечения VR Concept для удаленной работы с инженерными 3D-моделями в виртуальной реальности.

VR Concept представляет собой технологию, применение которой позволяет осуществить быструю загрузку инженерных моделей из различных CAD-систем в

виртуальную среду и работать с ними, как с параметрическими моделями, то есть выполнять сборку и разборку и изменять различные параметры. После загрузки прототипов без применения сложных алгоритмов преподаватель в дальнейшем может использовать модели в виртуальной реальности в качестве учебного пособия. Фактически появляется возможность проводить виртуальные экскурсии на реальные инженерно-точные сооружения [3, 4]. Реализация удаленной работы в виртуальной реальности с различными сложными инженерными моделями и возможность рассмотреть их мельчайшие детали существенно сокращает время утверждения проектов и внесения в них изменений.

«Атомэнергоремонт» является головной ремонтной организацией атомно-энергетической отрасли России, которая активно внедряет технологии виртуальной реальности для организации процесса обучения персонала. Специально разработанное приложение вкпе с комплектом виртуальной реальности с очками Vive Pro создает возможность выполнять тренировочные задачи с моделями оборудования. Сотрудники могут рассмотреть оборудование со всех возможных сторон и выполнить необходимые ремонтные работы [5].

АО «Концерн Росэнергоатом» находится в процессе активного перенесения обучения сотрудников в виртуальную реальность. Команда IT-компании КРОК разработала пилотный проект прототипа виртуального тренажера для обучения персонала. Моделью для создания VR-тренажера послужило электротехническое оборудование КРУ-10 кВ, которое используется на АЭС. Успешное тестирование проекта прошло на Ленинградской атомной станции и продемонстрировало высокую эффективность применения виртуальной реальности для обучения сотрудников «Росатома».

На данный момент процесс обучения электротехнического персонала станции состоит в прохождении практики на реальном оборудовании в рамках производственного процесса. Требования безопасности труда на атомных станциях очень строгие. С этим связана длительность обучения (почти год) под наблюдением специалиста цеха. Процесс обучения не предполагает самостоятельной работы персонала в течение всего времени. Виртуальный тренажер, имитирующий работу реального оборудования, позволяет оптимизировать систему обучения как с точки зрения временных затрат, так и с точки зрения возможности отработки множества различных ситуаций.

В ходе обучения с применением VR-технологий сотрудники смогут отрабатывать действия на электротехническом оборудовании по заранее определенным сценариям. В случае ошибки работник станции сможет увидеть последствия тех или иных действий, так как виртуальная реальность обеспечивает визуализацию этих процессов. После прохождения

обучения и успешной сдачи экзаменов сотрудник может сразу приступить к непосредственному выполнению своих обязанностей.

Помимо наглядности последствий ошибок и максимальной приближенности к реальным условиям работы атомных установок применение виртуальной реальности экономически выгодно. Для десяти станций разработка виртуального тренажера обойдется в пять раз дешевле проектирования его физического аналога.

В связи с постоянным обновлением и усовершенствованием инфраструктуры и оборудования промышленных предприятий физические тренажеры быстро устаревают. Их виртуальные аналоги позволяют быстро адаптироваться к изменяющимся условиям. Таким образом, процесс масштабирования виртуальных тренажеров намного проще [6].

Основными достоинствами применения виртуальной реальности в процессе обучения персонала атомных станций следует выделить высокую скорость адаптации к изменяющимся условиям, возможность внедрения новых сценариев работы с оборудованием и отработки действий в нештатных ситуациях [6-8].

В планах «Росатома» в области виртуальной и дополненной реальности стоит создание большой экосистемы на платформе «VR/AR в промышленности». Это дает широкие возможности для оптимизации промышленных процессов. Госкорпорация планирует отработать такой платформенный подход, который позволил бы объединить большое количество поставщиков информации, сервисов и услуг с одной стороны и потребителей – с другой. Внедрение передовых инструментов для цифрового моделирования и проектирования способствует значительному развитию отрасли и цифровой трансформации предприятий.

Ведущим направлением цифровизации концерна является разработка и апробация методик для управления и развития персонала, так как перед цифровыми аналогами стоит задача обучить несколько тысяч человек для работы на новых российских и зарубежных станциях. Отсюда вытекает необходимость применения передовых информационных технологий.

Успешная реализация пилотных проектов позволит принять решение об унифицированном функционале виртуального тренажера, который будет модифицироваться в соответствии с потребностями каждой из российских АЭС.

#### Литература

1. Российский рынок AR/VR: [сайт]. – URL: <https://www.content-review.com/articles/52101/> (дата обращения: 03.12.2021). – Текст: электронный.

2. «Цифровые сезоны» в формате виртуальной реальности: [сайт]. – URL: [https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosatom-vpervye-provel-tsifrovye-sezony-v-formate-virtualnoy-realnosti/?sphrase\\_id=1475262](https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosatom-vpervye-provel-tsifrovye-sezony-v-formate-virtualnoy-realnosti/?sphrase_id=1475262) (дата обращения: 03.12.2021). – Текст: электронный.
3. Платформа Росатома виртуальной и дополненной реальности: [сайт]. – URL: <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=213903> (дата обращения: 04.12.2021). – Текст: электронный.
4. Атомная отрасль: обучение в виртуальной реальности: [сайт]. – URL: <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/208057/2020-07-13/2020-w29/specialistov> (дата обращения: 04.12.2021). – Текст: электронный.
5. Атомэнергоремонт: обучение сотрудников в виртуальной реальности: [сайт]. – URL: <https://holographica.space/news/atomenergoremont-23090/> (дата обращения: 05.12.2021). – Текст: электронный.
6. Внедрение обучения на основе виртуальной реальности: [сайт]. – URL: <https://www.croc.ru/media-center-ru/press-releases-ru/croc-immersive-technologies-help-rosenergoatom-implement-virtual-reality-training/> (дата обращения: 05.12.2021). – Текст: электронный.
7. Виштак, О. В. Использование технологии виртуальной реальности для подготовки персонала атомной станции / О. В. Виштак, М. В. Фролов // В книге: Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2017. – Обнинск, 2018. – С. 104-106.
8. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry / O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] // Procedia Computer Science. – 2020. – Pp. 430-434.

УДК 004.021

### **Доказательство парадоксов средствами языка высокого уровня**

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*Исследовательская работа посвящена одному из самых интересных и необычных парадоксов в области математической статистики и теории вероятности – парадоксу*

*Монти Холла. Особое внимание в работе акцентируется на способах доказательства задачи Монти Холла различными методами. На основе изучения теоретической информации разработан способ доказательства гипотезы парадокса средствами языка программирования Python.*

В теории вероятностей отмечается наличие большого числа различных парадоксов. Одним из наиболее популярных в последнее время стал парадокс Монти Холла. Прежде чем перейти к детальному разбору сущности парадокса и методов доказательств одной из существующих гипотез, следует разобраться с определением понятия «теория вероятностей». Теория вероятностей – это раздел математики, который занимается изучением закономерности случайных явлений, событий и величин, их свойств и операций над ними. Методы теории вероятности – основа для математической статистики. В чем же заключается суть парадокса Монти Холла?

На американском телевидении особую популярность имела программа «Let's Make a Deal». Ведущий Монти Холл (в честь которого парадокс получил такое название) предлагал игроку на выбор три двери: за одной из них находился ценный приз - автомобиль, за двумя другими – что-то не особо желательное, например, козел. Игрок делал свой выбор, остановившись на одной из дверей. Ведущий для создания интриги открывал одну из оставшихся двух дверей, показав человеку козла, и предлагал на выбор два варианта: игрок мог изменить свой первоначальный выбор либо остаться верным своему решению. Какой выбор является наиболее выгодным, желательным? Какое решение принесет человеку успех? В этих вопросах и заключается задача Монти Холла.

Одним из первых защитников гипотезы о выигрышности смены выбора на фоне противоположного варианта была американская журналистка, женщина с самым высоким IQ в мире – Мэрилин вос Савант. На нее обрушился шквал критики от многих математиков мира. Сейчас существует достаточно много способов, доказывающих в конечном итоге правоту журналистки. Рассмотрим основные из них. Перед тем как перейти к расчету вероятностей посредством применения формулы Байеса, необходимо определиться с несколькими обозначениями. Пусть  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  – автомобиль находится за дверьми 1, 2, 3 соответственно. Тогда справедливо утверждение, что вероятности нахождения автомобиля за каждой из дверей равны:  $P(B_1) = P(B_2) = P(B_3) = 1/3$ .

Однако теперь необходимо принять решение – сменить выбор или нет. Рассмотрим такой случай: игрок выбрал дверь 1, ведущий открыл дверь 3, за которой находится козлик. Что же теперь делать?

Обозначим событие «ведущий открыл дверь 3» за  $A$ . Теперь перед нами встает вопрос – за какой из двух оставшихся дверей может находиться автомобиль? Чтобы воспользоваться формулой Байеса для математического расчета вероятностей, необходимо знать несколько

величин. Необходимо рассчитать условные вероятности  $P(A|B1)$ ,  $P(A|B2)$ ,  $P(A|B3)$ , то есть чему равна вероятность того, что автомобиль находится за дверьми 1, 2, 3 соответственно при условии, что ведущий открыл дверь 3. Ведущий с равными вероятностями может открыть дверь 2 и 3, таким образом,  $P(A|B1) = 1/2$ . Если автомобиль находится за дверью 2, с какой вероятностью ведущий откроет третью дверь? Она будет равна 1, потому что ведущий не может открыть дверь, за которой автомобиль. И наконец,  $P(A|B3) = 0$ , потому что ведущий не станет открывать дверь 3, за которой условно находится ценный приз.

С этими знаниями можно приступить к расчету формулы Байеса:

$$P(B1|A) = \frac{P(A|B1)P(B1)}{P(A|B1)P(B1)+P(A|B2)P(B2)+P(A|B3)P(B3)} = \frac{(\frac{1}{2}) * (\frac{1}{3})}{(\frac{1}{2}) * (\frac{1}{3}) + 1 * (\frac{1}{3}) + 0 * (\frac{1}{3})} = \frac{1}{3} \quad \text{— стратегия «не$$

менять выбор»;

$$P(B2|A) = \frac{P(A|B2)P(B2)}{P(A|B1)P(B1)+P(A|B2)P(B2)+P(A|B3)P(B3)} = \frac{1 * (\frac{1}{3})}{(\frac{1}{2}) * (\frac{1}{3}) + 1 * (\frac{1}{3}) + 0 * (\frac{1}{3})} = \frac{2}{3} \quad \text{— стратегия$$

«сменить выбор».

Таким образом, смена первоначального выбора удваивает шансы выиграть [1].

Задачу Монти Холла можно решить методом рассмотрения всех возможных вариантов. Существует  $n!$  различных способов расположить  $n$  объектов. Таким образом,  $3! = 3 * 2 * 1 = 6$  вариантов. Для анализа обозначим козлов буквами K1, K2, а автомобиль – буквой А. В табл. 1 представлены все варианты событий.

Таблица 1

Все возможные случаи

Дверь 1	Дверь 2	Дверь 3
K1	K2	А
K2	K1	А
K1	А	K2
K2	А	K1
А	K1	K2
А	K2	K1

Проведем анализ шести возможных вариантов, поставив основной вопрос: «Нужно ли менять первоначальный выбор?» при условии, что игрок выбрал третью дверь.

1. В первом случае игроку нет необходимости менять свой выбор, так как за третьей дверью находится автомобиль. Ответ – «Нет».

2. Второй вариант аналогичен первому. Ответ – «Нет».

3. Игроку необходимо изменить выбор с третьей двери на вторую. Ответ – «Да».

4. Четвертый случай похож на третий. Ответ – «Да».

5. Автомобиль находится за первой дверью, поэтому целесообразнее изменить выбор.

Ответ – «Да».

б. Аналогичный пятому случай. Ответ – «Да».

Подсчитав количество утвердительных (4) и отрицательных (2) ответов, приходим к выводу, что со счетом 2 к 1 выигрывает предложение сменить первоначальное решение.

Другими словами, с вероятностью  $2/3$  игрок получит ценный приз, если изменит выбор двери, повысив тем самым свои шансы выиграть в два раза [2].

На основе изучения теоретической информации и нескольких способов доказательства парадокса Монти Холла разработан метод демонстрации наглядной работы рассматриваемого феномена.

Анализ языков программирования позволил остановиться на применении наиболее оптимального средства для решения данной задачи. В процессе изучения материала возникла идея геймификации доказательства и создания некоего прототипа игры «Сделай ставку» с применением языка C#. Для достоверности доказательств необходимо проводить большое количество испытаний – «открывания» дверей, как в телевизионной игре. Однако такой способ не позволяет быстро провести большое количество испытаний, так как от пользователя требовалось бы самостоятельно выбирать двери. Именно поэтому от данного метода было принято решение отказаться.

Язык Python в настоящее время является наиболее востребованным как язык программирования высокого уровня [3]. Используя его средства, создана программа, в результате которой расчет вероятности проводился среди 10000 испытаний. Большое количество опытов проводится с целью более точно рассчитать искомую вероятность.

Программа представляет собой описание двух функций, обрабатывающих противоположные события, – случай, когда игрок отказывается менять свой первоначальный выбор, и случай, когда игрок все-таки передумал и принял решение выбрать другую дверь. От пользователя не требуется самостоятельно обрабатывать выбор дверей все 10000 раз, так как значения выбора генерируются рандомно.

В теле каждой функции создается первоначальный массив дверей, включающий 3 элемента «двери», и вспомогательный, который представляет собой копию основного. Путем случайного генерирования определяются дверь, за которой находится машина, и дверь, на которую падает первоначальный выбор игрока.

В теле функции, обрабатывающей смену выбора игрока, из вспомогательного массива поочередно удаляются сгенерированные элементы. Среди оставшихся элементов выбирается дверь, которую откроет ведущий. Она не должна совпадать с номерами дверей первоначального выбора и той, за которой находится машина. Удалив в дальнейшем элементы двери, которую открыл ведущий, и двери, которую игрок первоначально выбрал, мы определяем окончательное решение игрока. Функция возвращает 1, если дверь, за



которой находится машина, совпадает с дверью, которую игрок выбрал после отказа от первоначального выбора, и возвращает 0 в противном случае.

Функция, обрабатывающая ситуацию, когда игрок отказался менять первоначальный выбор, работает по немного отличающемуся алгоритму. В данном случае функция возвращает 1, если дверь, за которой находится ценный приз, совпадает с дверью, на которую первоначально пал выбор игрока, и возвращает 0 в противном случае.

Последовательным вызовом обеих функций происходит обработка 10000 случаев, возникающих в процессе игры. Случаи победы игрока в каждом из двух вариантов суммируются и переводятся в проценты.

Исходный код программы на языке программирования Python представлен ниже:

```
import random
# определение функции, когда игрок меняет первоначальный выбор
def choice_changing():
    all_doors = set([1, 2, 3])
    possible_doors = all_doors.copy()
    car = random.randint(1, 3)
    first_choice = random.randint(1, 3)
    try:
        possible_doors.remove(car)
        possible_doors.remove(first_choice)
    except:
        pass
    #какую дверь откроет ведущий
    choice = random.randint(1, len(possible_doors))
    for i in range(choice):
        open = possible_doors.pop()
    all_doors.remove(open)
    all_doors.remove(first_choice)
    choice = all_doors.pop()
    if car == choice:
        return 1
    else:
        return 0
# определение функции, когда игрок не меняет первоначальный выбор
def choice_not_changing():
```

```

all_doors = set([1, 2, 3])
possible_doors = all_doors.copy()
car = random.randint(1, 3)
first_choice= random.randint(1, 3)
try:
    possible_doors.remove(car)
    possible_doors.remove(first_choice)
except:
    pass
#какую дверь откроет ведущий
choice = random.randint(1, len(possible_doors))
for i in range(choice):
    open = possible_doors.pop()
if car == first_choice:
    return 1
else:
    return 0

# вероятность выигрыша, когда игрок не меняет первоначальный выбор
a = 0
for i in range(10000):
    a+=choice_not_changing()
print('Выигрыш при отсутствии смены выбора: ', end=' ')
print(a, '/10000', sep=",", end=' => ')
print(float(a)/100, end='%')
print('\n')
# вероятность выигрыша при смене выбора
a = 0
for i in range(10000):
    a+=choice_changing()
print('Выигрыш при смене выбора: ', end=' ')
print(a, '/10000', sep=",", end=' => ')
print(float(a)/100, end='%')

```

Результаты вычислений выводятся на экран. На рис. 1 проиллюстрировано выполнение программы.

Выигрыш при отсутствии смены выбора: 3350/10000 => 33.5%

Выигрыш при смене выбора: 6786/10000 => 67.86%

*Рис. 1. Расчет вероятностей парадокса Монти Холла*

Запуская программу несколько раз, можно заметить, что величина выигрыша в случаях смены первоначального выбора и отказа от возможности поменять решение меняется, однако приближается к вероятностям  $1/3$  и  $2/3$  соответственно.

Подводя итог размышлениям, можно сделать вывод о справедливости гипотезы касательно увеличения вероятности выигрыша при смене первоначального выбора. Вокруг парадокса Монти Холла и по сей день разгораются споры. Однако благодаря различным способам доказательств можно убедиться в справедливости выдвинутой гипотезы. Средствами языков программирования, в частности Python, можно достаточно наглядно продемонстрировать правильность утверждений. Использование методов программирования позволяет увеличить достоверность рассуждений благодаря проведению большого числа опытов.

#### Литература

1. Берендс, Э. Математические пятиминутки / Э. Берендс. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 379 с.
2. Кранц, С. Изменчивая природа математического доказательства. Доказать нельзя проверить / С. Кранц. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 323 с.
3. Смирнов, А. Р. Python как ведущий язык программирования / А. Р. Смирнов, Ф. Х. Достанбекова, О. В. Виштак // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 252-256.

**Разработка модели информационной системы  
для организации самостоятельной работы обучающихся**

Масленникова Ксения Витальевна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*Повышение эффективности самостоятельной работы обучающихся является актуальным вопросом на всех уровнях образования в связи с развитием дистанционных образовательных технологий. Соответственно, необходима разработка информационных систем, обеспечивающих обучающимся доступ к электронным образовательным ресурсам, а также контроль выполнения работы со стороны преподавателей. В статье рассматриваются вопросы построения объектно-ориентированной модели web-ресурса, предназначенного для эффективной организации самостоятельной работы обучающихся.*

Наличие у образовательного учреждения электронной информационно-образовательной среды является одним из важнейших факторов, позволяющих повысить качество образования и эффективность деятельности образовательного учреждения. При этом в настоящее время в процессе обучения все большее внимание уделяется самостоятельной работе обучающихся, для эффективной организации которой необходимо наличие электронных образовательных ресурсов [1, 2]. Особенно актуальным становится использование электронных образовательных ресурсов для организации дистанционного обучения в связи с пандемией covid-19. Кроме того, использование дистанционных форм обучения дает обучающимся возможность получить необходимые учебные материалы в любое время, а также выстроить индивидуальную траекторию обучения [3].

Основным назначением разрабатываемой информационной системы является предоставление пользователям доступа к электронным учебно-методическим материалам для внеаудиторной самостоятельной работы, а также возможности отслеживать результаты выполнения работы.

Разрабатываемая информационная система полезна как обучающимся, так и преподавателям.

Основные функции информационной системы:

– авторизация пользователей;

- добавление файлов;
- удаление файлов;
- скачивание файлов;
- просмотр файлов;
- закрепление предметов за преподавателем;
- формирование списков групп обучающихся;
- предоставление доступа обучающимся к изучаемым дисциплинам;
- управление пользователями.

Доступ к разрабатываемой информационной системе должны иметь три группы пользователей с разными правами доступа:

- администратор – использует систему для управления пользователями (добавление, удаление и редактирование), а также для назначения предметов преподавателям;
- преподаватель – использует систему для выгрузки учебных материалов и скачивания отчетов обучающихся;
- обучающийся – использует систему для скачивания учебных материалов и загрузки собственных отчетов.

Важным этапом разработки информационной системы является построение ее модели. Использование объектно-ориентированного подхода позволяет выполнить моделирование структуры и поведения информационной системы, которая декомпозируется на отдельные взаимосвязанные модули, реагирующие на события извне [3, 4]. Объединенные вместе данные модули позволяют в полной мере описать систему.

Сформулировать общие требования к функциональному поведению проектируемой системы, а также определить общие границы и контекст моделируемой области на начальных этапах проектирования системы позволяет диаграмма вариантов использования, представленная на рис. 1. Выделены три актора – администратор, преподаватель, студент. Каждый вариант использования описывает законченный сценарий взаимодействия актора с информационной системой. Из данной диаграммы видно, что для совершения какого-либо действия в информационной системе необходимо авторизоваться. Администратор имеет доступ ко всем функциям системы. Преподаватель или студент может только добавлять, редактировать и скачивать информацию.

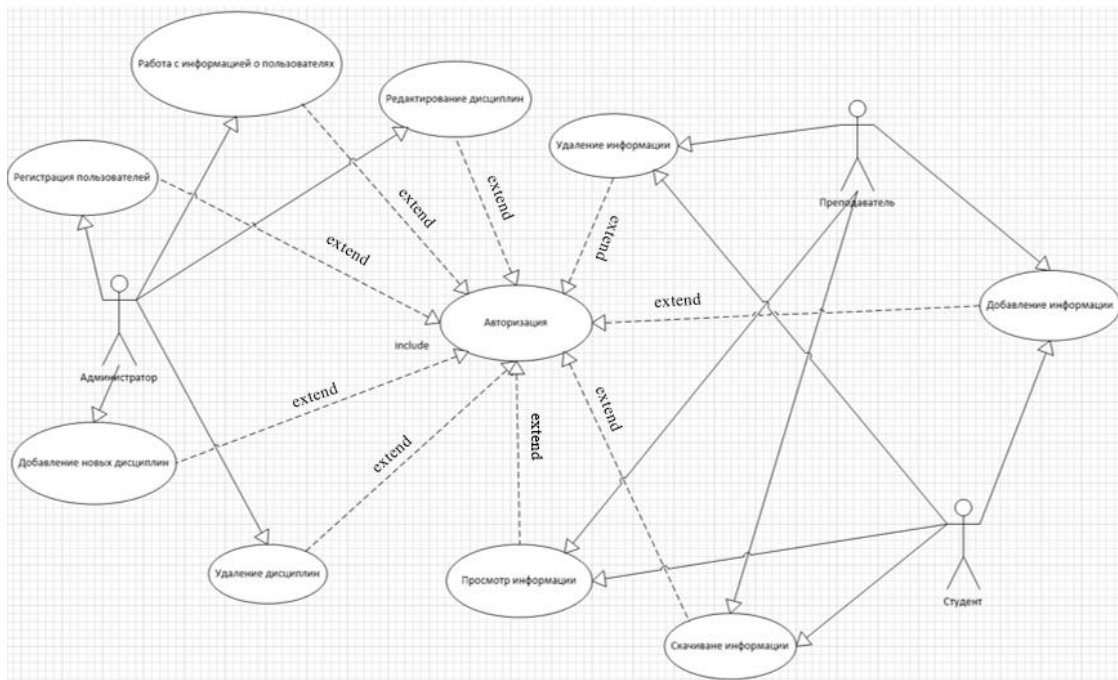


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

На основе выделенных сценариев с помощью диаграмм последовательности, представленных на рис. 2, 3, моделируется поведение объектов системы.

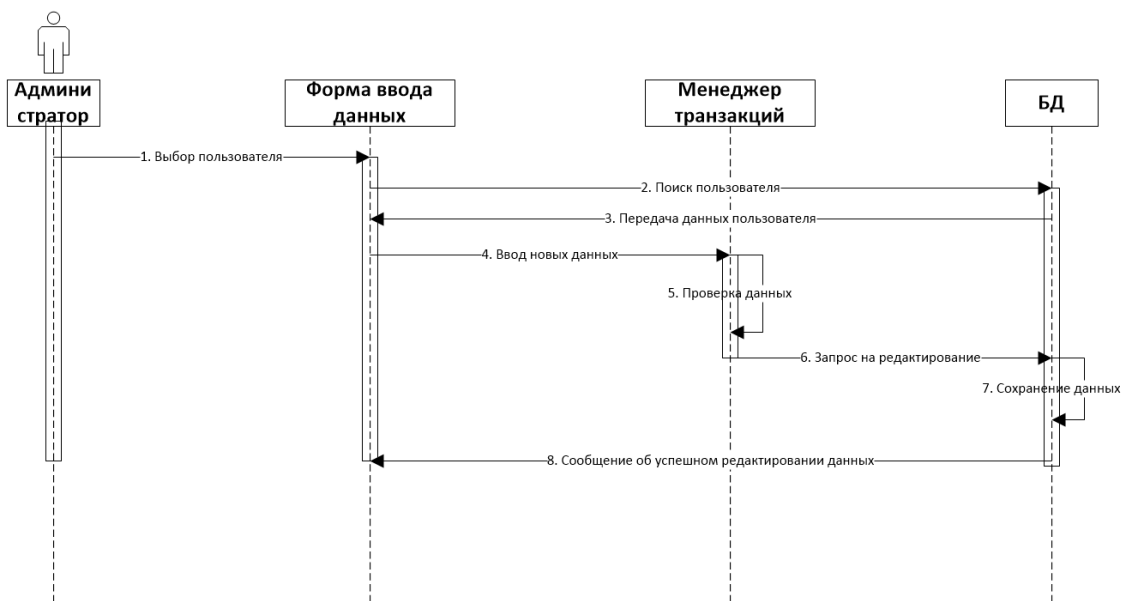


Рис. 2. Диаграмма последовательности редактирования информации о пользователе

Администратор вводит данные пользователя, информацию о котором хочет изменить, в форму. Затем данные передаются в базу данных, и происходит поиск нужного пользователя. Если пользователь найден, то его данные передаются в форму для дальнейшего редактирования. После того как администратор изменил данные и отправил их, происходит проверка введенных данных на правильность. Если данные введены корректно, то в базу данных отправляется запрос на редактирование пользователя. После сохранения

информации из базы данных приходит ответ о сохранении новых данных.

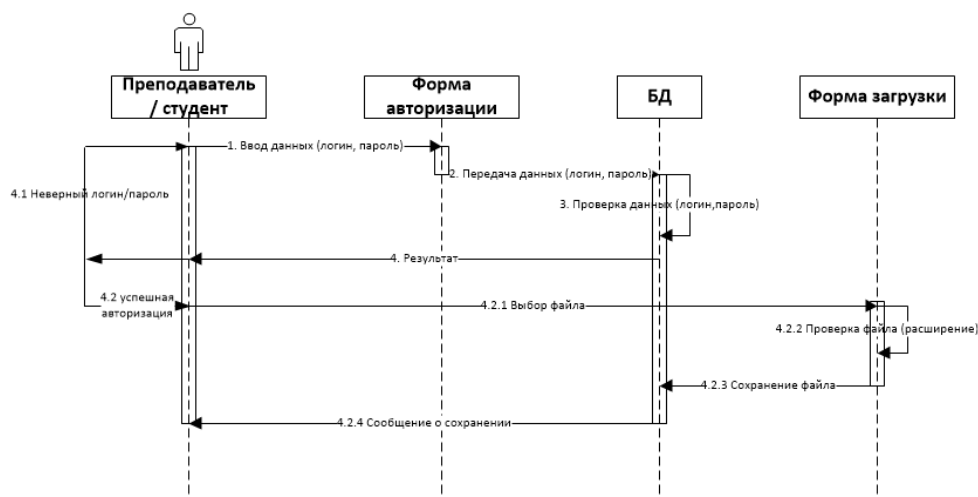


Рис. 3. Диаграмма последовательности загрузки файла в систему

Преподаватель или студент авторизуется в системе. Если авторизация прошла успешно, то пользователь переходит в форму загрузки и выбирает нужный файл. После выбора файла идет его проверка на соответствие требованиям. Если все хорошо, то файл сохраняется в базе данных, а пользователю приходит сообщение об успешном сохранении файла.

На основе разработанной модели можно сделать вывод, что реализация информационной системы для организации самостоятельной работы обучающихся предполагает разработку web-приложения, архитектура которого должна содержать три модуля с различными интерфейсами: модуль обучающегося, модуль преподавателя и модуль администратора.

### Литература

1. Виштак, О. В. Электронные образовательные ресурсы как базовый компонент информационно-образовательной среды / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – Т. 1. – С. 142-146.

2. Виштак, Н. М. Современные электронные образовательные ресурсы в системе дополнительного образования / Н. М. Виштак, Ю. А. Кох // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Проблемы развития регионов в условиях модернизации экономики, общества и образования». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 39-42.

3. Амирбекова, Р. Х. Использование информационных технологий в процессе формирования профессионального мастерства студентов // Р. Х. Амирбекова, Н. П. Ходакова, Н. М. Виштак // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 69-70.

4. Федяшина, О. И. К вопросу проектирования программного модуля поддержки деятельности организации / О. И. Федяшина, Г. В. Очкур // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 254-260.

5. Виштак, О. В. Использование объектно-ориентированного подхода к проектированию образовательного web-квеста / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные образовательные Web-технологии в реализации личностного потенциала обучающихся». – Арзамас, 2020. – С. 241-245.

УДК 004.9

### **Разработка веб-приложения «Сервисный центр» для образовательных учреждений**

Мельников Никита Сергеевич, магистрант;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В статье обзревается разработка веб-приложения «Сервисный центр», которое позволит оптимизировать трудовой процесс отделов автоматизации в образовательных учреждениях.*

Цель работы: разработать веб-приложение для образовательных учреждений.

Каждое образовательное учреждение во время процедуры информатизации производит закупки оборудования. Увеличивается количество задач, исполняемых в отделах автоматизации данных учреждений. Необходимо программное обеспечение, благодаря



которому возможно вести учёт оборудования, а также производить действия, связанные с отчётностью.

Современные тенденции создания веб-приложений накладывают ряд условий, которых необходимо придерживаться при проектировании и разработке веб-приложения. Одним из таких условий при разработке серверной части является применение модели MVC.

MVC (Model-View-Controller – Модель-Вид-Контроллер) – это один из видов конструктивных шаблонов, который задает способ построения архитектуры приложения, зоны влияния и взаимодействие каждой из частей.

История данного шаблона начинается в 1979 году, когда еще не существовало концепций создания веб-приложения. Основная идея, которая лежит в основе данного шаблона, это четкое разделение ответственности за различный функционал. Данный шаблон делится на три основных раздела, каждый из которых отвечает за свои специфические задачи.

Контроллер занимается обработкой HTTP запросов. Его главная задача – осуществлять взаимодействие с необходимыми ресурсами и компонентами, которые необходимы для выполнения задач, поставленных пользователем.

Модель представляет данные приложения, соответствующие набору заданных правил. Модель не зависит от того, в каком виде данные будут представлены пользователю и остается неизменной.

Вид (Представление) задает способ представления данных, которые получены из модели.

Веб-приложение включает в себя следующие функциональные возможности:

1. Ввод логина и пароля.
2. Различные права у пользователей (admin и manager).
3. Регистрация нового пользователя.

Данная часть приложения позволяет вводить следующую информацию:

- a. Вход:
  - логин, вводится пользователем;
  - пароль, вводится пользователем;
- b. Регистрация пользователя:
  - имя, вводится пользователем;
  - логин, вводится пользователем;
  - электронный адрес (email), вводится пользователем;
  - пароль, вводится пользователем.
4. Информация и заявки.

Данная часть приложения позволяет выводить следующую информацию:

- c. Количество оборудования и количество сотрудников.
- d. Таблица заявок:
  - id заявок;
  - представитель, выводится «Логин» представителя из БД;
  - электронный адрес (email), выводится из БД.
- e. Редактирование заявки:
  - удаление заявки, выбирается сотрудником.
- 5. Редактирование аккаунтов (только для пользователей с правами администратора):
  - имя, вводится пользователем;
  - логин, вводится пользователем;
  - электронный адрес (email), вводится пользователем;
  - пароль, вводится пользователем;
  - удаление пользователя.
- б. Ввод заметок для общей информации.

Данная часть приложения позволяет выводить следующую информацию:

- f. Вывод заметок:
  - шапка заметок;
  - содержание заметок;
  - редактирование заметок, вводится пользователем.

Для реализации будут использованы следующие ресурсы, языки и фреймворки:

база данных MySQL, фреймворк Spring MVC, язык программирования PHP, язык программирования Java, фреймворк Bootstrap, фреймворк React JS, фреймворк Angular.

Создание клиентской части.

В данном разделе будет разобрана клиентская часть, которая будет визуально демонстрировать функции разрабатываемого веб-приложения.

Клиентская часть веб-приложения создана на языке HTML с применением стилей CSS.

В клиентской части веб-приложения создано два контейнера на основе фреймворка «Bootstrap», они служат для отображения внешнего интерфейса, благодаря которому пользователи смогут проходить регистрацию для последующего входа (рис. 1).

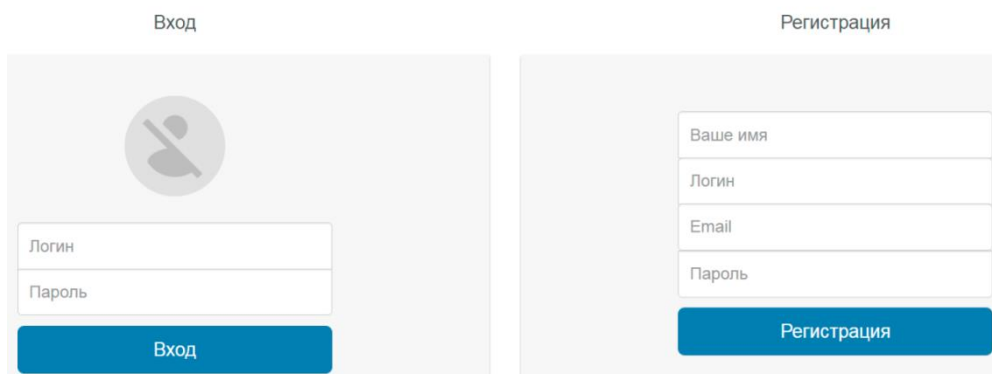


Рис. 1. Отображение контейнеров «Вход» и «Регистрация» на главной странице

Редактирование таблицы role в базе данных позволяет назначить пользователя администратором или менеджером (рис. 2). Администратор имеет право создавать пользователей с административными правами, а также удалять пользователей и изменять их данные.

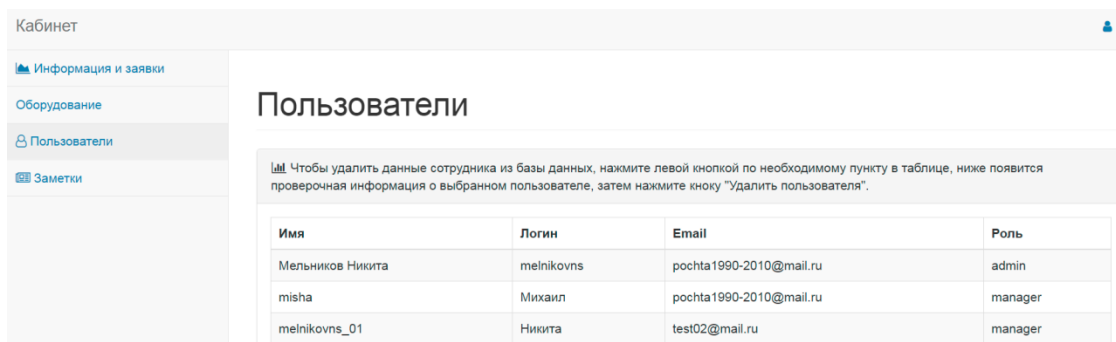


Рис. 2. Страница «Пользователи», которая доступна при входе в учётную запись администратора

Все оформленные через базу данных заявки находятся на странице «Информация и заявки» в специальной таблице. Для контроля общей закупки на странице отображается статистика – сколько всего пользователей и сколько всего оборудования в учреждении на данный момент. На рис. 3 представлен пример вывода данной информации.

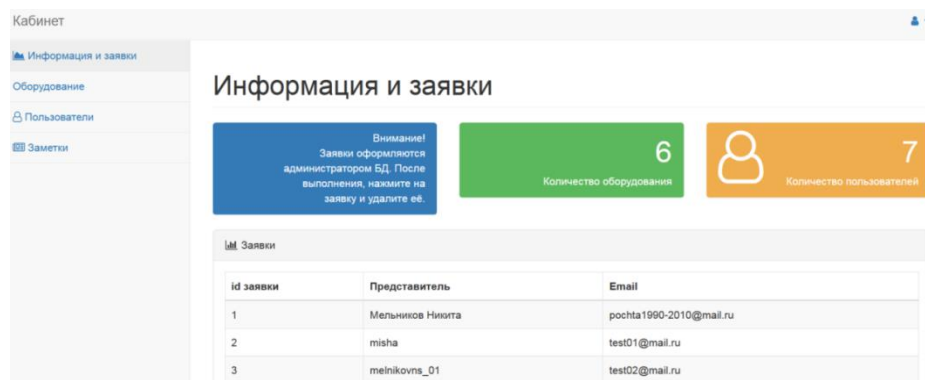


Рис. 3. Страница «Информация и заявки»

Выводы: разработано веб-приложение «Сервисный центр» для образовательных учреждений. Данное приложение позволит оптимизировать трудовой процесс отделов автоматизации в образовательных учреждениях.

#### Литература

1. Wiki-учебник по веб-технологиям: сайт / PHP. – URL: <https://www.webmasterwiki.ru/PHP> (дата обращения: 16.12.2021). – Текст: электронный.
2. Metanit.com: сайт / Руководство по языку программирования Java. – URL: <https://metanit.com/java/tutorial/> (дата обращения: 16.12.2021). – Текст: электронный.
3. Proselyte Software Engineering: сайт / Руководство по Spring. Spring MVC Framework (основы). – URL: <https://proselyte.net/tutorials/spring-tutorial-full-version/spring-mvc-framework/> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.
4. Итшеф: сайт / Учебник по Bootstrap. – URL: <https://itchief.ru/bootstrap/> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.
5. Wiki-учебник по веб-технологиям: сайт / MySQL. – URL: <https://www.webmasterwiki.ru/MySQL> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 519.1

#### **Алгоритм решения несимметричной задачи о назначении с ограничениями**

Миргородская Екатерина Евгеньевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Системотехника и управление в технических системах»;

Спивак Анна Евгеньевна, аспирант кафедры  
«Системотехника и управление в технических системах»;

Аль-Карави Раад Джоудах Салман, аспирант кафедры  
«Системотехника и управление в технических системах»;

Ефимова Елена Сергеевна, магистрант кафедры  
«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В статье рассматривается алгоритм решения несимметричной задачи о назначении, реализующий альтернативу венгерскому методу и методу Мака. Предлагаемый алгоритм основан на переборе всех подстановок из  $n$  элементов, что дает конкурентное*

преимущество только при небольших их значениях. Для решения проблемы несимметричности задачи применяется введение двух масочных векторов, выделяющих фиктивные элементы в каждом из исходных множеств. Таким образом, алгоритм естественным образом позволяет снять проблемы, не только связанные с несимметрией задачи, но и с ограничениями, накладываемыми на назначения.

Задача о назначении [1, 2] является одной из часто востребованных при оптимизации дискретных систем. В частности, она используется в задачах управления персоналом [3], задачах управления кафедрой вуза, при выборе направления научной работы студентов [4, 5], оптимизации структуры системы электроснабжения на базе микрогрид [6], оптимизации технологического процесса роботизированной сборки [7, 8].

Классическая формулировка этой задачи имеет следующий вид.

Пусть имеется два множества:  $A$  – множество «претендентов» и  $B$  – множество «вакансий» с одинаковым числом элементов  $N$ . Рассматриваются взаимно-однозначные отображения (назначения) этих множеств друг на друга, причем известны «штрафы», накладываемые за назначение каждого «претендента»  $a_i \in A$  на каждую «вакансию»  $b_j \in B$ , равные  $r_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, N}$ . Необходимо найти среди всех таких биекций такую, для которой сумма штрафов была бы минимальной.

Обозначим через  $f$  функцию, соответствующую требуемому взаимно-однозначному отображению, т. е.

$$j = f(i), \quad (1)$$

если «претендент»  $a_i \in A$  назначается на «вакансию»  $b_j \in B$  (или коротко  $a_i \rightarrow b_j$ ). Тогда минимальность суммарного штрафа выражается условием

$$\sum_{i=1}^N r_{i, f(i)} = \min. \quad (2)$$

Данная задача сформулирована как симметричная, т.е. оба множества имеют одинаковое число элементов. Поэтому ее можно представить в изоморфном виде как задачу поиска подстановки из  $N$  элементов [9]

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & i & \dots & n \\ f(1) & f(2) & \dots & f(i) & \dots & f(n) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

для которой сумма (2) принимает минимальное значение, где  $f$  – функция (1) из определения задачи о назначении, данной выше.

Среди методов решения задачи о назначении наиболее известны венгерский метод [10] и метод Мака [2]. Оба метода основаны на теореме Кёнига, согласно которой прибавление одного и того же числа к элементам какого-либо столбца (или строки) матрицы штрафов  $R = \{r_{ij}\}$  не меняет функцию оптимального назначения  $f$ .

Эти методы применимы непосредственно к симметричным задачам, в которых число элементов во множествах  $A$  и  $B$  одинаково. На практике, однако, встречаются задачи, в которых это условие не выполняется, например число «претендентов» оказывается больше числа «вакансий».

В этом случае приходится уравнивать число элементов в множествах, добавляя в множество с меньшим числом элементов требуемое число фиктивных элементов. Для того чтобы исключить из конечного решения вхождение фиктивных элементов, в матрице штрафов соответствующие «штрафы» получают достаточно большие значения  $M$ , значительно превосходящие «штрафы», накладываемые на пары, состоящие из реальных элементов. Из оптимальных планов, полученных в рассматриваемых методах, пары, содержащие фиктивные элементы, распознанные по их большим вкладам в общее значения штрафа, удаляются.

Аналогичный приём применяется в задачах, в которых необходимо избежать нежелательных значений. Для этого соответствующее значение штрафа, накладываемого на нежелательную пару, получает указанное большое значение  $M$ , что исключает её вхождение в оптимальное решение.

Однако существуют задачи, в которых ограничения на допустимые назначения имеют более сложный характер. Пусть, например, каждая из двух пар возможных назначений  $(a_i \rightarrow b_j)$  и  $(a_k \rightarrow b_m)$  допустима в отдельности, но их совместное присутствие в оптимальном плане недопустимо.

В этом случае назначение для этих пар штрафов в размере указанного числа  $M$  не может быть использовано, т. к. заранее неизвестно, войдут ли эти назначения в оптимальное решение по отдельности (что допустимо) или совместно.

Таким образом, для задач с такими или более сложными ограничениями указанные популярные методы неприменимы.

В настоящей статье рассматривается алгоритм, реализующий естественную альтернативу обсуждаемым выше методам, основанным на переборе всех подстановок из  $n$  элементов. Такой метод конкурентоспособен только при небольших значениях  $n$ . Для доступных компьютеров метод перебора перестановок (МПП) можно рекомендовать для  $n \leq 8$ , что для многих задач оптимизации оказывается достаточным.

Преимущество МПП состоит в том, что он естественным образом позволяет снять проблемы, связанные как с несимметрией задачи, так с ограничениями, накладываемыми на назначения.

Для решения проблемы неравенства числа элементов во множествах  $A$  и  $B$  применим приём, основанный на введении двух масочных векторов, выделяющих фиктивные элементы в каждом из этих множеств.

Для множества  $A$  введём вектор с координатами  $g_i, i = \overline{1, n}$  такими, что

$$g_i = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } a_i \text{ реальный;} \\ 0, & \text{если элемент } a_i \text{ фиктивный.} \end{cases}$$

Для множества  $B$  вводим аналогичный вектор  $q_i, i = \overline{1, n}$

$$q_i = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } b_i \text{ реальный;} \\ 0, & \text{если элемент } b_i \text{ фиктивный.} \end{cases}$$

Смысл введения этих векторов состоит в следующем. Очевидно, что при расчёте суммарного штрафа слагаемое  $r_{i, f(i)}$  должно учитываться тогда и только тогда, когда оба элемента  $a_i$  и  $b_{f(i)}$  являются реальными. Поэтому для несимметричного случая формула (2) должна быть записана в виде

$$\sum_{i=1}^N g_i \cdot q_{f(i)} \cdot r_{i, f(i)} = \min. \quad (3)$$

Существенно, что такой приём применим и в таких задачах, в которых фиктивные элементы присутствуют в обоих множествах  $A$  и  $B$ . Подобные ситуации возникают при последовательных назначениях между одними и теми же множествами. При применении указанного приёма оказывается возможным использовать те же множества подстановок во всех этих задачах при последовательном убывании элементов из  $A$  и  $B$ .

Наличие ограничений, накладываемых на назначения в оптимальном решении, целесообразно учитывать в процессе перебора с помощью проверки истинности предикатов, определенных на множестве подстановок из  $n$  элементов. Каждому ограничению ставится в соответствие предикат, множество истинности которого совпадает с множеством подстановок, допустимых с точки зрения рассматриваемого ограничения.

Так, рассмотренному ранее ограничению, запрещающему одновременное присутствие в оптимальном решении назначений  $a_{i_1} \rightarrow b_{j_1}$  и  $a_{i_2} \rightarrow b_{j_2}$ , можно сопоставить предикат:

$$Cond(p_k) = (f^k(i_1) \neq j_1) \vee (f^k(i_2) \neq j_2). \quad (4)$$

где  $p_k$  – текущая подстановка,  $f^k$  – функция назначения, соответствующая подстановке  $p_k$ .

Наиболее известным ограничением, накладываемым на решения задачи о назначениях, является требование отсутствия в перестановках циклов длины, меньшей  $n$ , которое используется при решении задачи о коммивояжере методом ветвей и границ [1]. В

этом случае при конструировании соответствующего предиката используются степени подстановок [9].

В том случае, когда в задаче имеются несколько ограничений, при поиске допустимой оптимальной в смысле (1) подстановки используется конъюнкция предикатов всех частных ограничений. Именно такой предикат используется в блок-схеме предлагаемого алгоритма, приведенного на рис. 1.

На рис. 1 используются следующие обозначения:  $n_1 = n!$ ;  $p_k$  –  $k$ -я подстановка;  $f^k$  – функция назначения, соответствующая подстановке  $p_k$ ;  $g_i$  –  $i$ -я координата масочного вектора множества  $A$ ;  $q_{f^k(i)}$  –  $i$ -я координата масочного вектора множества  $B$ .

При реализации алгоритма расчёт суммы (1) производится только для тех подстановок, которые удовлетворяют этому универсальному предикату. Поэтому поиск минимума суммарного штрафа среди этих подстановок приводит к оптимальному решению.

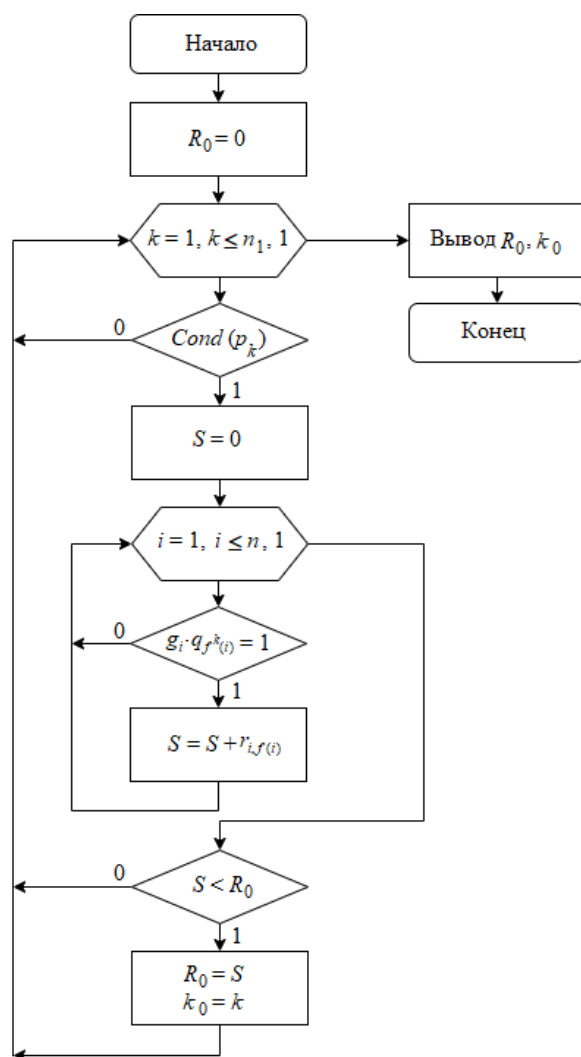


Рис. 1. Блок-схема алгоритма



Содержание алгоритма рис. 1 состоит в проверке перебираемых в цикле по  $k$  всех подстановок из  $n$  элементов.

Алгоритм выполняет перебор в цикле по  $k$  всех подстановок из  $n$  элементов, отбор тех из них, которые входят во множество истинности универсального предиката  $Cond$ , расчёта суммарного штрафа для каждого из отобранных  $k$  и определения минимального значения штрафа  $R_0$  и номера  $k_0$  соответствующей подстановки.

Для применения алгоритма необходимо располагать массивом из всех  $n!$  подстановок из  $n$  элементов. Для указанных выше значений  $n \leq 8$  такие массивы для широкодоступных компьютеров могут быть получены с помощью известных, например рекурсивных, алгоритмов.

### Литература

1. Wagner, H. M. Principles of operations research: with applications to managerial decisions / H. M. Wagner. – N.J.: Prentice-Hall, 1975. – 1039 p.
2. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди; пер. с англ. О. В. Шихеевой; под ред. В. А. Волынского. – Москва: Радио и связь, 1988. – 128 с.
3. Процедуры многокритериального выбора в управлении персоналом / Е. Е. Миргородская, Н. П. Митяшин, Ю. Б. Томашевский [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2019. – № 2. – С. 66-76.
4. Насырова, А. Р. Автоматизированная система выбора направления научно-производственной работы студента / А. Р. Насырова, Н. П. Митяшин // Сборник трудов XXVI Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях. – Саратов: СГТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 195-197.
5. Многокритериальные задачи выбора в системе управления кафедрой / Е. Е. Миргородская, Н. П. Митяшин, Ю. Б. Томашевский [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2020. – № 1(84). – С. 26-33.
6. A technique for multicriteria structural optimization of a complex energy system based on decomposition and aggregation / E. Mirgorodskaya, N. Mityashin, Y. Tomashevskiy [et al.] // Studies in Systems, Decision and Control. – 2021. – V. 337. – Pp. 194-208.
7. Промышленные роботы на основе линейных шаговых электродвигателей с магнитовоздушным подвесом / А. Ф. Резчиков, Н. П. Митяшин, Б. М. Кузьмиченко, В. Н. Пятницин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2003. – № 1. – С. 7-14.
8. Оптимизационные задачи для универсального сборочного комплекса на основе линейного электромагнитного привода / Б. М. Кузьмиченко, Ю. Б. Томашевский,

Н. П. Митяшин, Р. В. Карпук // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 59. – С. 203-210.

9. Кузнецов, О. П. Дискретная математика для инженера: учебник / О. П. Кузнецов. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург, Москва; Краснодар: Лань, 2009. – 400 с.

10. Цирель, С. В. Венгерский способ / С. В. Цирель. – Москва: УРСС, 2007. – 120 с.

УДК 004.4

**Структура интерактивного обучающего приложения  
на основе концепции исполнителя Робот**

Михайлов Владислав Александрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*В статье представлен сравнительный анализ возможностей и особенностей трех интерактивных обучающих систем. Рассмотрены преимущества и недостатки интерактивных обучающих систем. Рассмотрена структура интерактивного обучающего приложения.*

При использовании интерактивных технологий обучение строится на взаимодействии обучающегося и образовательной среды, что способствует активизации участия каждого в учебном процессе, эффективному усвоению учебного материала, осуществлению обратной связи, развитию у обучающихся самостоятельности [1-4]. Основным принципом интерактивных технологий – интерактивная диалогизация, которая предполагает взаимодействие пользователей с программной системой. При этом предполагается обмен командами текстовых запросов и ответов (приглашений) и реализация более развитых средств диалога, таких как возможность задать вопросы произвольной формы, с помощью «ключевого» слова, в виде ограниченного набора символов. При этом обеспечивается возможность выбора вариантов содержания учебного материала, режима работы.

Используя интерактивную технологию, обучающийся становится полноценным участником процесса обучения, где его опыт – основной источник учебного знания. Преподаватель не дает готовые знания, а направляет и мотивирует участников на их

самостоятельный поиск. В отличие от традиционного обучения, интерактивное обучение меняет взаимодействие преподавателя и обучающегося: активность преподавателя уступает место активности обучающегося, задача педагога – создать условия для своей инициативы преподавателя. Преподаватель отказывается от роли помощника в работе, одного из источников информации [1-6].

При разработке интерактивной обучающей системы проводится анализ процессов, что даст возможность спроектировать ее структуру. Контекстная диаграмма функции «Проведение интерактивного обучения» для типового интерактивного обучающего приложения и ее декомпозиция в нотации IDEF0 приведена на рис. 1.



Рис. 1. Контекстная диаграмма функции «Проведение интерактивного обучения»

На данной диаграмме входами являются данные о преподавателе, данные о курсе и данные о студенте, выходами – отчеты о работе системы для преподавателя и администратора и сообщения о результате прохождения курса для студента, механизмами – сама система и ее администратор, а управляющими воздействиями – правила работы с системой и соответствующие студенту, преподавателю и администратору соответственно права доступа.

На диаграмме декомпозиции появляются следующие блоки. Блок «создание учебного курса» определяет процесс создания и оформления учебного материала преподавателем и использует данные о преподавателе и данные о курсе, на выходе получается предварительно готовый учебный курс. Блок «Работа библиотеки учебных курсов» представляет процесс дооформления и внесения готового курса в базу данных обучающей системы преподавателем со всеми необходимыми данными и модерацией администратора. Блок «Обучение студента» описывает процесс обращения студента к системе для получения соответствующего учебного курса, его прохождения и поддержки обратной связи как с

системой посредством оповещения отчета назад в библиотеку, так и с преподавателем; сам студент также получает сообщения о своих успехах.

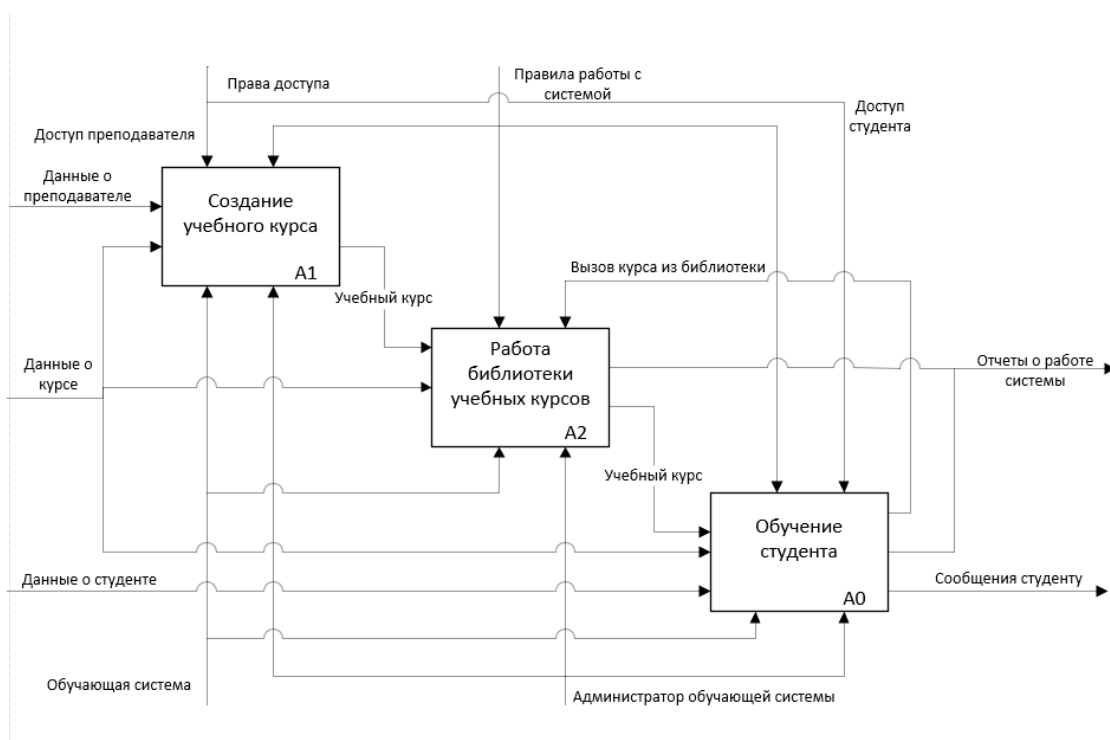


Рис. 2. Декомпозиция функции «Проведение интерактивного обучения»

Для формирования системы требований интерактивной обучающей системы проведем сравнительный анализ возможностей и особенностей трех интерактивных обучающих систем: «Системы проверки знаний», «Тестер» и «Test Office Pro». Ниже представлены результаты анализа в формате сводной таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ систем интерактивного обучения

Критерий оценки	«Системы проверки знаний»	«Тестер»	«Test Office Pro»
Разработчик	Институт регионального моделирования и анализа (IRMALtd)	Нардюжев В.И.	SunRav, Sofwar
Возможность обучения	Не предполагает предоставление теоретических сведений	Не предполагает предоставление теоретических сведений	Не предполагает предоставление теоретических сведений
Возможность тестирования	Тестирование в автоматическом режиме	Тестирование в автоматическом режиме	Тестирование в автоматическом режиме
Наличие статистической обработки данных	Необходимо специальное программное обеспечение	Необходимо специальное программное обеспечение	Необходимо специальное программное обеспечение

Защищенность от несанкционированного доступа	Безопасность обеспечивается парольной защитой	Данные теста сохраняются в отдельном закрытом файле	Все тесты и результаты тестирования шифруются методом стойкой криптографии
Удобство добавления и форматирования материала	Готовый и отформатированный материал легко добавляется	Готовый и отформатированный материал легко добавляется из MS Word. Форматирование внутри программы не поддерживается	Готовый и отформатированный материал легко добавляется
Достоинства	Идентификация обучающихся; распределение обучающихся по группам; фиксация результатов тестирования	Настройка параметров теста; заданные трудности тестового задания	Настройка параметров теста; интеграция тестов в электронные учебники; наличие реакции на действия тестируемого
Недостатки	Доступность данных теста; сохранение данных в текстовом формате	Отсутствие обработки статистической информации по наполняемости тестовых заданий	Относительно небольшое количество типов вариантов ответов теста
Специальные знания	Не требуются	Не требуются	Не требуются

Таким образом, в сравнении с проанализированными системами интерактивного обучения у разрабатываемой системы имеются как достоинства, среди которых встроенная система первичного обучения, так и недостатки, например сложность добавления нового обучающего контента.

В настоящее время наблюдается стремительное развитие IT-сферы, что обуславливает растущую потребность в специалистах в области программирования [7, 8]. Соответственно, актуальность в образовательных средствах обучения программированию неоспорима. Разрабатываемое приложение, основанное на игровых технологиях, ориентировано на вовлеченность ребят, обучающихся в Центре дополнительного образования компьютерных технологий, в мир технологий, на привлечение одаренных школьников в технические вузы на обучение по IT-направлениям.

Разрабатываемое приложение состоит из следующих элементов:

1. Реализация движения игрового персонажа – совокупность программных средств, реализующих перемещение игрового персонажа по клеткам игрового поля. Данные средства

ориентированы на максимальное переиспользование программных модулей и доступны из любого другого модуля. Сам модуль инкапсулирован и защищен от изменений логики.

2. Система игровых меню и интерфейс – совокупность программных и графических средств, реализующих взаимодействие пользователя с приложением, ориентирована на максимальное удобство освоения и пользования, интуитивно понятна и приятна восприятию.

3. Система интерпретации игрового псевдокода – совокупность программных модулей, проводящих синтаксический анализ и преобразование введенного пользователем псевдокода для решения задачи, поставленной на уровень. Система производит первичное разбиение строки на инструкции, распознает их и интерпретирует в определенные действия в игровом мире с помощью нестандартного и усложненного двусвязного списка.

4. Система случайной генерации уровней – совокупность программных средств, отвечающих за создание уникальных, но остающихся в рамках поставленной на уровень задачи игровых пространств. Система ориентирована на максимально допустимое в рамках соответствующей концепции уровня вариативности соответствие шаблону.

5. Игровая графика – совокупность графических материалов (ассетов), обеспечивающих визуальный опыт пользователя от приложения, ориентирована на соответствие общему цельному визуальному стилю игры и улучшение впечатлений пользователя, что обеспечивает лучшую вовлеченность.

Основной функцией игры является обучение основам программирования в игровой форме с соревновательным элементом. Суть игрового процесса заключается в написании плана действий для игрового персонажа, находящегося на состоящем из квадратной сетки с отдельными непроходимыми клетками уровне. По сути, этот план – программа, решающая поставленную на уровень задачу, обычно связанную с подсчетом числа свободных клеток по определенному критерию. На данный момент предполагаем наличие трех основных игровых режимов, не считая обучающих: подсчет ширины прохода на уровне, подсчет площади свободных клеток и подсчет длины стены непроходимых клеток неправильной формы.

Разработка и внедрение интерактивного обучающего приложения на основе концепции «Исполнителя Робот» позволит разнообразить и улучшить процесс обучения учащихся основным концепциям программирования через игровую форму подачи занятия. Увлечательность процесса обеспечивается игровым подходом и соответствующей ему визуальной составляющей. Таким образом, данное приложение представляет собой неплохую альтернативу ставшим классическими средствам обучения программированию, таким как Scratch или Кумир, и позволит разнообразить учебный процесс.

## Литература

1. Интерактивные методы обучения в образовательных учреждениях высшего профессионального образования: Академия ФСИН России: [сайт]. – URL: [http://apu-fsin.ru/service/omumr/material\\_orm.html](http://apu-fsin.ru/service/omumr/material_orm.html) (дата обращения: 14.12.2021). – Текст: электронный.
2. Виштак, Н. М., Интерактивные технологии как основа диалогового обучения / Н. М. Виштак, Е. А. Яковлева // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Проблемы развития регионов в условиях модернизации экономики, общества и образования». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 35-39.
3. Большаков, А. А. Методика и алгоритмы управления интерактивной компьютерной обучающей системой для подготовки персонала атомной станции / А. А. Большаков, О. В. Виштак, Д. А. Фролов. – Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6-2. – С. 234-240.
4. Большаков, А. А. Формирование модели учебного курса интерактивной компьютерной обучающей системы на основе нечеткой когнитивной карты / А. А. Большаков, О. В. Виштак, Д. А. Фролов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 2. – С. 92-99.
5. Панина, Т. С. Современные способы активизации обучения / Т. С. Панина, Л. Н. Вавилова. – 4-е изд., стер. – М.: 2008. – 176 с.
6. Штырова, И. А. Интерактивное Web-приложение по информатике / И. А. Штырова // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития». – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2016. – С. 258-261.
7. Виштак, О. В. Подготовка к профессии программиста как синтез искусства и науки / О. В. Виштак, М. А. Кулагин, И. В. Михеев // Материалы научной конференции с международным участием. Неделя науки. – СПб, 2016. – С. 16-18.
8. Виштак, О. В. Межпредметная интеграция при изучении специальных дисциплин подготовки бакалавров в области IT-технологий / О. В. Виштак, А. Н. Токарев. – Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2014. – № Т 20. – С. 4836-4840.
9. Сравнительный анализ программных средств создания электронных образовательных ресурсов в образовательных учреждениях: [сайт]. – URL: <https://e-koncept.ru/2015/85818.htm> (дата обращения: 14.12.2021). – Текст: электронный.

### **Процессоры, гибридная технология**

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Денисов Иван Владимирович, студент направления

«Информационные системы и технологии»

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

*В статье представлен обзор новой гибридной технологии ядер Intel. Рассмотрены преимущества и недостатки подобной технологии.*

С каждым годом все больше и больше идет развитие технологий, и процессоры не стали исключением, они также подвергаются влиянию всеобщего развития технологий, и в первую очередь за счет улучшения технологического процесса изготовления, то есть уменьшения размеров полупроводников: чуть более 40 лет назад он составлял 3000 нм, а теперь 10 нм (это уже почти стандарт разница в 300 раз); но процессоры становятся лучше не только за счет техпроцесса, но и за счет внедрения новых технологий и изменения архитектуры процессоров. Новое поколение процессоров Intel использует новую комбинированную технологию построения ядер, сочетающую в себе производительные ядра и энергоэффективные. Alder Lake – название нового семейства процессоров фирмы Intel 12-го поколения. Чипы на этой микроархитектуре изготавливаются на технологическом процессе Intel 7 (10 нм). Это первые настольные процессоры Intel на 10-нм техпроцессе. Процессоры используют «гибридную» технологию Intel Hybrid, сочетая в себе «большие» Golden Cove (производительные) и «малые» Gracemont (энергоэффективные) ядра: в специфических тяжёлых задачах задействованы производительные «большие» ядра, а энергоэффективные «малые» ядра используются для базовых фоновых задач. В табл. 1 представлены основные характеристики процессоров.

В табл. 1 представлена достаточно подробная информация о характеристиках процессоров нового поколения без видеочипа и с разблокированным множителем (на данный момент только с ним и поступают в продажу). Проанализировав эти данные, следует отметить, что у процессоров есть два типа ядер: P-ядра и E-ядра, производительные и энергоэффективные соответственно. В скобках указано количество потоков, которые указывают, что у производительных ядер имеется технология-функция многопоточности, а у



энергоэффективных ее нет. Еще следует указать на разницу в частотах у Р-ядер и Е-ядер: у энергоэффективных она немногим меньше, так как они созданы для дополнения мощности процессора и работы с фоновыми задачами.

Таблица 1

Линия процессоров серий Интел 12 поколения

Серия	Модель	Ядра		Частота		Частота в Turbo boost		Цена
		Р	Е	Р	Е	Р	Е	
i9	12900kf	8(16)	8(8)	3.2	2.4	5.1	3.9	565 \$
i7	12700kf	8(16)	4(4)	3.7	2.7	4.9	3.8	385 \$
i5	12600kf	6(12)	4(4)	3.8	2.8	4.9	3.6	265 \$

Технология Intel® Thread Director позволяет управлять рабочей нагрузкой на необходимое ядро в нужный момент времени. Она определяет приоритет и управляет распределением рабочих нагрузок, направляя задачи в самый оптимальный поток. Эта новая функция работает по умолчанию вместе с операционной системой, обеспечивая интеллектуальное распределение рабочих нагрузок [1, 2].

Для использования всех возможностей технологии Intel® Thread Director следует выбрать специальный процессор Intel® Core™ 12-го поколения для настольных ПК вместе с ОС Windows 10/11.

Р-ядра содержат по 2 логических процессора и предназначены для работы с однопоточными и малопоточными процессами. По сравнению с прошлым 11 поколением они демонстрируют прирост в 19 % по числу исполняемых инструкций за такт. Е-ядра в свою очередь оптимизированы для масштабирования многопоточных нагрузок и минимизации прерываний от диспетчера задач. Они не поддерживают Hyper-Threading и по сути собирают на себя фоновые процессы. Такая компоновка вкупе с увеличением объема кэш-памяти третьего и второго уровней позволила Intel повысить общую многопоточную производительность процессоров в среднем в полтора раза (либо снизить их энергопотребление до 4 раз [3, 4].

Достоинства и недостатки Intel Hybrid. Как у и любых других новых радикальных технологий, есть свои плюсы и минус. Данная технология действительно сделала большой прорыв, ведь до этого повышение производительных мощностей процессоров происходило за счет изменения технологического процесса производства полупроводников, то есть уменьшения их размеров, но здесь речь идёт о кардинальных изменениях структуры самого

процессора; мало того что вместе с производительными ядрами смогли внедрить и энергоэффективные ядра, более дешевые и меньше выделяющие теплоту, тем самым повысив производительность, так еще эти самые энергоядра должны выполнять иные задачи, отличные от производительных ядер, хотя следует отметить, что они могут выполнять и одинаковые задачи при высоких нагрузках требовательных приложений, поэтому охарактеризуем эти плюсы и минусы (табл. 2).

Таблица 2

Достоинства и недостатки нового поколения процессоров

Достоинства	Недостатки
Переход на новый техпроцесс 10 нм	Необходима новая версия Windows 10/11
Улучшение производительности	Плохая обратная совместимость
Повышена многозадачность	Новый сокет LGA 1700
Увеличение общего числа потоков	
Фоновые задачи полностью на E-ядрах	

#### Достоинства:

- новый технологический процесс означает снижение тепловыделения за счет уменьшения размеров полупроводников и соответственно позволяет больше поместить их в процессор, тем самым повышая его мощность;

- ранее уже было сказано, что растет производительность; это прямое следствие увеличение ядер: ранее их было 6 у 11 поколения core i5, теперь их 10 (6 обычных и 4 энергоэффективных), что само собой означает повышение производительности;

- использование в дополнение E-ядер позволит процессору снизить нагрузку на P-ядра, повышая производительность по сравнению с предыдущими поколениями;

- так как ядер стало больше за счет появления дополнительных E-ядер, то и потоков соответственно стало больше, тем самым увеличивается процессор, он может легче обрабатывать параллельные потоки данных;

- технология Thread Direkt самостоятельно организует работу процессора и заставит E-ядра заниматься фоновыми задачами, а P-ядра – сильно требовательными программами, позволяя работать, не тратя усилия на внешние приложения.

#### Недостатки:

- процессор наиболее эффективно раскрывает себя на Windows 11, и на 10 он тоже будет хорошо отрабатывать свои ядра; новая технология очень сильно изменила процессор, поэтому на устаревших версиях ОС она будет работать не очень хорошо, Microsoft очень невыгодно заморачиваться с обновлением для старых версий;

– скорее всего, старые программы, которые не получают поддержку от разработчиков в виде обновлений, не будут запускаться или же будут плохо работать с этим процессором, так как не смогут понять, как распределить нагрузку на процессор, поскольку E-ядра имеют другую архитектуру.

– для внедрений подобных технологий пришлось создать новый сокет LGA 1700, хотя еще недавно вышел LGA 1200, и вот уже нужно менять еще одну материнскую плату при переходе на процессоры нового поколения.

Рекомендации по выбору. На данный момент Intel представила только производительные версии процессоров линейки i5 i7 и i9, бюджетный i3 они пока так и не показали, кроме того, все они с разблокированным множителем, на что указывает буква К после номера модели, то есть они предназначены для тех, кто будет разгонять эти процессоры, а также, соответственно, ставить на них мощные системы охлаждения. Пока что Intel не начали выпуск обычных моделей (i5-12400) без индекса К, они более дешевые и требуют не такие сильные системы охлаждения.

Процессор Intel Core i3 – отличный вариант для офисного или для бюджетного домашнего компьютера. При наличии видеокарты соответствующего уровня на компьютере с процессором Intel Core i3 вполне можно играть в компьютерные игры.

Процессор Intel Core i5 подойдет для мощного рабочего или игрового компьютера. Современный Intel Core i5 без проблем справится с любой видеокартой, поэтому на компьютере с таким процессором можно играть в любые игры даже на максимальных настройках.

Процессор Intel Core i7 – вариант для тех, кто точно знает, зачем ему такая производительность. Компьютер с таким процессором подойдет, например, для монтирования видео или проведения игровых стримов.

Линейка i9 – это вершина потребительского сегмента Intel, представляющая собой пик того, что Intel может делать как на настольных компьютерах, так и на ноутбуках, в то время как i7 занимает нишу более скромного по цене движка для создания профессионального контента и надежного драйвера для игр[1-5].

Заключение. Новая технология Intel Hybrid существенно поменяла архитектуру процессора, введя в его конструкцию разный тип ядер: производительные и энергосберегающие, что позволило в свою очередь заметно повысить производительность и многозадачность, незначительно увеличивая тепловыделение и цену процессора; если бы, допустим, вместо E-ядер были бы обычные, это бы значительно увеличило цену и тепловыделение, и поэтому бы пришлось использовать более мощные системы охлаждения или снижать частоты ядер, что по итогу не дало бы такого повышения производительности.

## Литература

1. Alder Lake Материал из Википедии: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Alder\\_Lake](https://ru.wikipedia.org/wiki/Alder_Lake) (дата обращения: 30.11.2021). – Текст: электронный.
2. Intel представила 12-е поколение процессоров Core – с поддержкой интерфейса PCIe 5.0 и памяти DDR5: [сайт]. – URL: <https://dtf.ru/hard/918048-intel-predstavila-12-e-pokolenie-processorov-core-s-podderzhkoy-interfeysa-pcie-5-0-i-pamyati-ddr5?ref=dtf.ru> (дата обращения: 30.11.2021). – Текст: электронный.
3. Семейство процессоров Intel® Core™ 12-го поколения: [сайт]. – URL: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/products/docs/processors/core/12th-gen-processors.html> (дата обращения: 30.11.2021). – Текст: электронный.
4. Процессоры Intel Core i3, i5 и i7: в чем разница и что лучше? [сайт]. – URL: <https://comp-security.net/процессоры-intel-core-i3-i5-и-i7-в-чем-разница/#:~:text=Разница%20в%20количестве%20ядер%2C%20потоков%2C,Core%20i3%2C%20i5%20и%20i7> (дата обращения: 30.11.2021). – Текст: электронный.
5. Разница между Core i7 и Core i9: [сайт]. – URL: <https://raznisa.ru/raznica-mezhdu-core-i7-i-core-i9/> (дата обращения: 30.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.4

### **Технология многопоточности процессора**

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Суворов Виктор Максимович, студент направления

«Информационные системы и технологии»

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

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

*В статье рассмотрен и проанализирован принцип работы процессорных ядер и многопоточности процессора. Рассмотрены способы увеличения производительности и сферы применения многопоточных процессоров.*

Многопоточность рассматривается как свойство платформы или приложения, состоящее в том, что процесс, порождённый в операционной системе, может состоять из нескольких потоков, выполняющихся «параллельно», то есть без предписанного порядка во

времени. При выполнении некоторых задач такое разделение может достичь более эффективного использования ресурсов вычислительной машины.

Большинство процессоров в наше время (если рассматривать настольные варианты) имеют от 4 до 12 вычислительных ядер. У каждого ядра есть свой поток, который позволяет системе взаимодействовать с ядром. В свою очередь, поток – это всего лишь набор инструкций для ядра, к которому этот поток и идёт. Он не выполняет никаких логических или математических функций, он является проводником между программой и ядром процессора. Если посмотреть на характеристики процессоров, то можно увидеть, что, например, у процессора «Intel Core I5 11600» 6 ядер, но 12 потоков.

Это говорит о том, что данный процессор совместим с технологией компании «Intel» под названием «Hyper-threading» (гиперпоточность). Данная технология имеет программное начало, из чего следует, что второй поток всего лишь разгружает ядро процессора, направляя инструкции в соседнее с ним ядро.

Таким образом, можно добиться прироста производительности в приложениях, которые не используют многопоточную систему и нагружают лишь одно ядро, игнорируя существование остальных. В приложениях, которые делались с учётом многопоточности системы, всё немного по-другому. Такие приложения сразу работают с несколькими потоками процессора, благодаря чему нагрузка на процессор распределяется, что положительно влияет на производительность системы.

Способов увеличить производительность процессора очень много. Если взглянуть со стороны производителя, то первое, что приходит на ум – это увеличение количества ядер, что очень сильно увеличит скорость обработки информации. Ведь двенадцатиядерный процессор без «гиперпоточности», то есть имеющий всего 12 потоков, будет иметь большую производительность, чем аналогичный шестиядерный процессор, но с включённым «гиперпотоком».

В таком случае, не стоит забывать о тепловыделении и энергопотреблении процессора, ведь чем больше ядер, тем больше источников тепла и потребителей электроэнергии. Так же нужно уложиться в определённый размер процессора, так как производители систем охлаждения не могут с каждым новым поколением процессоров изменять производственные линии под новый размер процессора, что на этапе старта продаж может вылиться в многомиллионные убытки компании-производителя процессоров. Увеличить количество ядер, уменьшить тепловыделение и сохранить неизменным размер процессора позволит только изменение техпроцесса.

Например, корпорация «Intel» очень долгое время производила процессоры на 14 нм техпроцессе и перешли на 10 нм только в 2021 году, с выходом 12 поколения, когда их

конкуренты из «AMD» перешли на 12 нм ещё в 2018 г. с выходом архитектуры «ZEN+», а в 2019 появились процессоры с архитектурой «ZEN-2», которые создавались на техпроцессе уже 7 нм. Но вопрос о том, вносят ли изменения техпроцесса реальный толк, остаётся открытым. Рассмотрим определение техпроцесса более детально. Техпроцесс в процессоре – это размер резисторов в кремниевом кристалле. Чем их больше, тем более производительный окажется процессор.

При сохранении того же количества ядер, что и на предыдущем поколении, но при изменении техпроцесса с 14 нм до 7 нм ядра станут более производительными, что положительно скажется на производительности процессора.

При переходе с одного техпроцесса на другой меняется и архитектура, и у инженеров не всегда получается сделать процессор на новом техпроцессе в разы мощней предыдущего. Для освоения нового техпроцесса требуется огромное количество времени и средств. Скорее всего, именно поэтому «Intel» не стремились угнаться за «AMD», пока полностью не раскрыли архитектуру на 14 нм техпроцессе.

Сейчас в обиход входят высокопроизводительные и энергоэффективные ядра с разной частотой и назначением. Первые обрабатывают сложные задачи, вторые – лёгкие. Также энергоэффективные ядра могут снимать часть нагрузки с высокопроизводительных, если та слишком велика. И всё это управляется высокоинтеллектуальной технологией распределения нагрузок. Такая технология является частью драйвера для процессора. Следовательно, следующий способ повышения производительности – программный. К нему относится и технология, которая описывалась выше – «Hyper-Threading» от «Intel». У «AMD» в свою очередь до сих пор нет подобной технологии, хотя что-то подобное они запатентовали ещё в далёком 2015 году. Также к нему можно отнести и высокоинтеллектуальную технологию распределения нагрузок от «Intel».

Но никто не запрещает и пользователю ускорять работу процессора. Самое важное место в таком ускорении занимает оперативная память. Чем она быстрее, тем быстрее и обмен данных с процессором. Тут стоит углубиться в том, как процессор использует память. В самом процессоре есть так называемый «Кэш». Он поделён на уровни:

1. «L1» – Самый быстрый кэш, но его объём очень мал.
2. «L2» – Средний по скорости, но имеющий больший объём, чем «L1».
3. «L3» – Самый медленный, но самый большой кэш.

Также существовали процессоры с «L4» кэшем, такие как 4-5 поколение процессоров «Intel». В данной статье упоминаются «L2» и «L3» как медленные кэши, но их скорость записи начинается от нескольких гигабайт в секунду. И чтобы процессор мог выдать свою

полную мощность, требуется оперативная память, которая сможет выдать примерно такой же результат, а иногда и выше.

Далее приведены результаты тестов двух разных систем в программе Cinebench R23 в режиме CPU Multicore, которые были получены для выявления влияния частоты памяти и количества потоков на скорость работы процессора:

Первая система:

Процессор: Intel core I5-11600 (6 ядер, 6-12 потоков, частота 4.5 ГГц).

Оперативная память: 16 Гб стандарта DDR4 (Частота и тайминги будут меняться в ходе теста из-за XMP профиля).

Вторая система:

Процессор: Intel core I7-4770К (4 ядра, 4-8 потоков, частота 4.2 ГГц).

Оперативная память: 16 Гб стандарта DDR3 (Частота и тайминги будут меняться в ходе теста из-за XMP профиля).

Начальные условия: частота процессора изменяться в ходе тестов не будет, так как в первой системе это невозможно.

В табл. 1 представлены результаты тестов систем в программе Cinebench R23.

Таблица 1

Результаты тестов систем в программе Cinebench R23 в режиме CPU Multicore

Процессор	Частота оперативной памяти По BIOS (МГц)	Потоки	Результат (pts)
I5-11600	3000	12	10245
I5-11600	3000	6	7556
I5-11600	2600	12	10046
I5-11600	2600	6	7440
I7-4770К	1600	8	4147
I7-4770К	1600	4	3182
I7-4770К	1300	8	4049
I7-4770К	1300	4	2995

Исходя из полученных данных, следует сделать вывод, что существует прямая зависимость частоты оперативной памяти и количества потоков для увеличения производительности процессора.

Хотелось бы заметить, что ручное увеличение частот процессора очень опасное занятие, так как далеко не все имеют в этом опыт и могут просто-напросто вывести из строя драгоценный «камень» и в худшем случае – блок питания со всеми вытекающими последствиями. Так же выше фигурировало увеличение частот (разгон) оперативной памяти. Если производителем предусмотрено намеренное увеличение частот, то в BIOS'е для этого существует отдельный XMP профиль с максимальным завышением частот, при котором оперативная память может корректно функционировать.

Процессоры сейчас используются везде, практически уже не осталось процессоров без функции многопотока. Сотни тысяч офисов компаний с миллионами персональных компьютеров. Страшно подумать, сколько процессоров на данный момент работают на серверах «Google», «Face Book», «Amazon» и на множестве других. Электрификация машин достигла того, что в некоторых автомобилях есть бортовые компьютеры, которые, естественно, тоже используют процессоры. Полёты в космос тоже не обходятся без электроники, специальное оборудование не даёт дорогостоящей ракете сбиться с маршрута, а контролирует его компьютер.

Таким образом, рассмотрены принципы работы процессорных ядер и многопоточности процессора, способы увеличения производительности и сферы применения многопоточных процессоров. Результаты показали различия в производительности при разных настройках этих комплектующих, то есть доказана важность наличия у процессора большого количества потоков.

#### Литература

1. YouTube / Многопроцессность, многопоточность, асинхронность в Python и не только. Что это и как работает? [сайт]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=JIp14T9bvvc> (дата обращения: 15.12.2022). – Текст: электронный.
2. YouTube / Что такое многопоточность/multithreading? Введение в процессы и потоки: [сайт]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FnIFPUrmzo0> (дата обращения: 15.12.2022). – Текст: электронный.

УДК 004.4

#### **Анализ особенностей организации дистанционного обучения в вузе**

Московцев Алексей Анатольевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,

профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

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

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

*В статье представлен анализ факторов дистанционного образования. Рассмотрены их преимущества и недостатки в организации вузовского учебного процесса.*



Процесс развития информационных технологий за последние 10 лет значительно ускорился и продолжает набирать обороты. Все больше технологий внедряются в повседневность и становятся неотъемлемой частью нашего общества, включая систему образования. В обучении студентов широко стали использоваться различные цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) и дистанционные технологии, которые позволяют преодолевать такие ограничения, как удаленность от вуза, ограничение по здоровью и т. д. [1-5].

ЦОР – это представленные в цифровой форме фотографии, видеофрагменты, статические и динамические модели, объекты виртуальной реальности и интерактивного моделирования, картографические материалы, звукозаписи, символьные объекты и деловая графика, текстовые и другие учебные документы, требующиеся для организации учебного процесса [1, 6]. Под ЦОР понимается материал педагогического характера на носителях цифровой информации, предназначенный для учебных целей и представленный в цифровой или электронной форме, комплекс данных в цифровом виде, применимый для использования в ходе образовательного процесса. ЦОР являются неотъемлемым компонентом дистанционных технологий и позволяют решить ряд очень важных задач – это, прежде всего:

- ✓ рост активной роли учащихся в собственном обучении;
- ✓ применение доступных образовательных ресурсов;
- ✓ увеличение мотивации к получению образования;
- ✓ использование интерактивных форм занятий;
- ✓ повышение творчества в обучении, самовыражение, насыщенность и интенсивность занятий.

Дистанционное образование создает новые возможности для обучения. Возникают новые модели сотрудничества, появляются возможности для реализации индивидуальной образовательной траектории, становится шире спектр применяемых инновационных стратегий обучения [7-11]. Но кроме очевидных плюсов современных технологий в образовании, есть и минусы, с которыми сталкиваются педагоги и студенты.

Разберем положительные и отрицательные качества дистанционного обучения. Из положительных качеств стоит отметить следующие [1, 2, 4, 6, 9]:

- ✓ возможность работать с каждым обучающимся индивидуально;
- ✓ доступность ЦОР. Сейчас многие онлайн-библиотеки открыли свои библиотеки, таким образом, нет ограничений по библиотечным ресурсам, а также это экономит финансы на приобретении учебной и методической литературы;

✓ экономия финансовых расходов за счет удаленной организации учебного процесса.

Но существуют и отрицательные факторы дистанционного обучения:

✓ комфортная обстановка. Сначала кажется, что работа в зоне комфорта. Но такая обстановка, наоборот, отрицательно действует на обучающего – расслабляет его. Из-за этого процесс обучения может происходить тяжело, усваивание материала ухудшается;

✓ в процессе удаленного обучения возможны непредвиденные ситуации: отключение электричества, проблемы с интернетом во время онлайн-занятия, то есть обучение во многом зависит от технических средств;

✓ не все направления обучения возможно реализовать в дистанционной форме, особенно это касается технических, медицинских и многих естественнонаучных направлений.

Однако в современных условиях использование дистанционных технологий актуально, так как позволяет не прекращать учебный процесс в условиях распространения инфекционных заболеваний, разнообразить формы межличностного общения всех участников образовательного процесса, стимулировать деятельность учащихся в условиях ограничений. Вдобавок средства информационных технологий, используемые в современном образовании, способствуют получению высоких результатов в обучении и устранению негативных последствий медицинских ограничительных мер.

Таким образом, в настоящий момент в образовании продолжается активный процесс цифровизации, так как происходит трансформация форм обучения, форм взаимодействия участников образовательного процесса, трансформация учебно-методического обеспечения и средств обучения.

#### Литература

1. Пащенко, О. И. Информационные технологии в образовании / О. И. Пащенко. – Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 227 с.: [сайт] – URL: <https://tiei.ru/wp-content/uploads/Informatsionnyie-tehnologii-v-obrazovanii.pdf> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст электронный.

2. Красовская, Л. В. Использование информационных технологий в образовании / Л. В. Красовская, Т. И. Исабекова // Научный результат. Педагогика и психология образования. – 2017. – Т. 3. – № 4. – С. 29-36:[сайт]. – URL: <http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/40141> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст электронный.

3. Затулин, А. Г. Информационный ресурс как обязательный компонент деятельности центра дополнительного образования / А. Г. Затулин, О. В. Виштак // Сборник статей V

Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация». – Арзамас: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». – 2019. – С. 519-523.

4. Виштак, Н. М. Системы взаимодействия участников учебного процесса / Н. М. Виштак, М. И. Калистратов // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 181-185.

5. Качков, М. С. Мессенджеры: сравнительный анализ / М. С. Качков, Н. М. Виштак // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 183-190.

6. Методика использования ЦОР: [сайт] – URL: <https://www.ncfu.ru/export/uploads/imported-from-dle/op/doclinks2017> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст: электронный.

7. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 47-50.

8. Рябенков, Р. А. Глубокое обучение / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 229-233.

9. Виштак, Н. М. Методы и формы дистанционного обучения в дополнительном профессиональном образовании / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. Н. Грицюк. – Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6-1. – С. 107-110.

10. Виштак, О. В. Сервисы удаленного доступа для организации учебного процесса в магистратуре / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей Международной конференции «Векторы развития магистратуры будущего в условиях глобальных вызовов». – 2020. – С. 30-34.

11. Виштак, Н. М. Облачные технологии хранения данных в современном образовании / Н. М. Виштак, Р. В. Ефремов, В. В. Беляева // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 155-161.

**Анализ требований к информационной системе онлайн-заказов  
для организации общественного питания**

Панкратов Алексей Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*Достижению здорового питания учащихся в образовательных учреждениях способствует правильно организованная система школьного питания, позволяющая заранее выбирать меню, а также планировать график питания. Часто образовательные учреждения уже имеют информационную систему покупки и оплаты блюд и продуктов питания, но не имеют системы заказа еды заранее. Поэтому актуальной является разработка информационной системы онлайн-заказов для организации общественного питания, учитывающая особенности образовательных учреждений. В данной статье проводится анализ предметной области и рассматриваются требования к информационной системе онлайн-заявок для организации питания.*

В последнее время широкое распространение получили системы онлайн-заказов и системы доставки. Эти системы крайне удобны и позволяют потребителям сильно упростить и ускорить процесс покупки и получения необходимых товаров. Они применяются во всевозможных сферах: покупка бытовой техники и товаров для дома, выбор дизайна комнат и заказ стройматериалов, выбор и доставка одежды и продуктов питания [1].

И хотя доставка продуктов питания на дом уже стала повсеместным явлением, возможность заказа еды заранее в местах общественного питания доступна не всегда. Особенно это актуально для учебных заведений, где у студентов или учеников есть небольшой промежуток времени, чтобы выбрать блюдо, заказать его, получить и съесть. Часто это создаёт очереди и не позволяет всем учащимся поесть вовремя.

Часто система питания в школах организована таким образом, что у учеников нет возможности выбора графика питания и заказываемых блюд, а родителям сложно контролировать питание ребенка. Следовательно, актуальным является вопрос о разработке информационной системы, позволяющей за счет внедрения онлайн-заказов или заявок эффективно организовать систему питания учеников в образовательных учреждениях.

На первом этапе разработки информационной системы необходимо провести анализ предметной области и определить функциональные требования к разрабатываемой системе

[2].

Разрабатываемое веб-приложение должно помочь и ученикам, и их родителям осуществлять онлайн-заказ блюд, представленных в меню, что позволит наиболее оптимально настраивать график питания, а также выбирать подаваемую еду в зависимости от предпочтений и ограничений ребёнка, таких как аллергия, непереносимость продуктов или специальные условия.

Задачами данной информационной системы являются:

- обеспечение гибкости графика и персонализации питания для учеников и их родителей;
- увеличение эффективности работы системы общественного питания в школах;
- уменьшение затрат и экономия времени и сил работников столовой;
- ведение статистики, позволяющей лучше проанализировать спрос.

Система поможет лучше организовать работу столовой, позволив заранее подготавливать продукты к нужному времени. Она нацелена на две категории людей: родители учеников и сами ученики; и работники столовой.

На этапе определения функциональных требований к разрабатываемой информационной системе одной из важных задач является определение групп пользователей данной информационной системы с целью разграничения прав доступа [3].

Данная информационная система должна иметь разграничение прав доступа и содержать несколько типов учётных записей:

- пользователь – имеет возможность оставлять заявки и просматривать личный кабинет. Большинство пользователей будут являться ученики и их родители;
- сотрудники столовой – имеют доступ к просмотру заявок, списка заказанных блюд на сегодняшний день и количества ингредиентов для их приготовления, а также возможность поиска по заказам;
- администратор – может изменять состав меню, а также просматривать список сотрудников, добавлять новые учётные записи для них или удалять уже имеющиеся. Также администратору доступна статистика по заказанным блюдам.

Ученики и родители будут иметь возможность зарегистрироваться в системе и после авторизоваться в ней при помощи логина и пароля. Им будет доступен личный кабинет, в котором будут указаны данные ученика (фамилия, имя, отчество, класс), контактный телефон и почта. Также каждому ученику будет выдан свой собственный идентификатор. Он позволяет системе дифференцировать пользователей и запоминать, какие заказы принадлежат каждому ученику.

Пользователи должны иметь возможность предварительно выбрать и заказать

необходимые блюда к нужному времени. Для оформления заказа на странице будет доступно меню доступных блюд и продуктов на эту неделю. Родители могут выбрать необходимые блюда из этого списка, а также время, к которому нужно подать это блюдо.

Пользователь выбирает нужные блюда в нужное время для следующего учебного дня. Заявка с таким меню сохраняется в системе и автоматически будет создаваться каждый день, пока пользователь сам не захочет изменить предпочитаемые блюда или перестать оставлять заявки. Это позволит более тонко регулировать питание, заказывая больше или меньше блюд по необходимости, а также разнообразить его.

После того как родители или ученики выбрали предпочитаемое меню на день, они могут сохранить его. После этого его всё ещё можно изменить, но только до 00:00 следующего дня, когда заявка автоматически создаётся и отправляется.

Для получения заказа ученик предъявляет свой идентификационный номер сотруднику столовой, и тот в свою очередь вводит его в специальное поле для проверки заказа. Если ученик с таким идентификатором имеет заказ на сегодня, то система выведет его на экран. После этого производится оплата на месте любым способом: при помощи наличных, банковской карты или уже имеющейся системы школьного питания по карточкам, и заявка считается выполненной.

После обновления и отправки заявок работники столовой могут зайти в свою учётную запись и посмотреть все заявки, общее количество блюд, которое нужно приготовить на сегодня и ингредиенты для них. Необходимые запасы разделяются по времени, к которому их нужно приготовить, а также общее количество заказанных в день продуктов. Благодаря этому работники столовой могут заранее ожидать, какое количество продуктов и блюд им нужно заготавливать на каждый день. Но, так как система подсчитывает только те продукты и блюда, которые были заказаны, реальные запасы продуктов должны превышать заказанное количество.

Также эта система не влияет на обычных покупателей, которым привычнее заказывать еду лично, так как оплата происходит на месте. Но, заказывая еду заранее, ученик или его родители гарантируют, что нужное блюдо будет подготовлено к нужному времени. Также данная система помогает уменьшить количество очередей в школьной столовой, так как процесс заказа и получения блюд происходит намного быстрее.

Для сотрудников столовой данная информационная система позволит более эффективно осуществлять оперативное планирование и уменьшить затраты.

Учётной записи администратора доступны функции управления аккаунтами сотрудников столовой. Он может создавать новые аккаунты для новых сотрудников и удалять аккаунты для сотрудников, которые уволились с места работы.

Администратор может редактировать меню столовой и составлять его из полного списка подаваемых блюд, а также просматривать статистику заказанных блюд. Это может быть полезно при выявлении самых популярных блюд и анализе спроса в целом.

Для описания требований к информационной системе и создания ее модели оптимальным является объектно-ориентированный подход, так как он полностью соответствует нотациям объектно-ориентированного подхода к программированию [4, 5].

Концептуальная модель разрабатываемой информационной системы представлена на рис. 1 в виде диаграммы прецедентов.

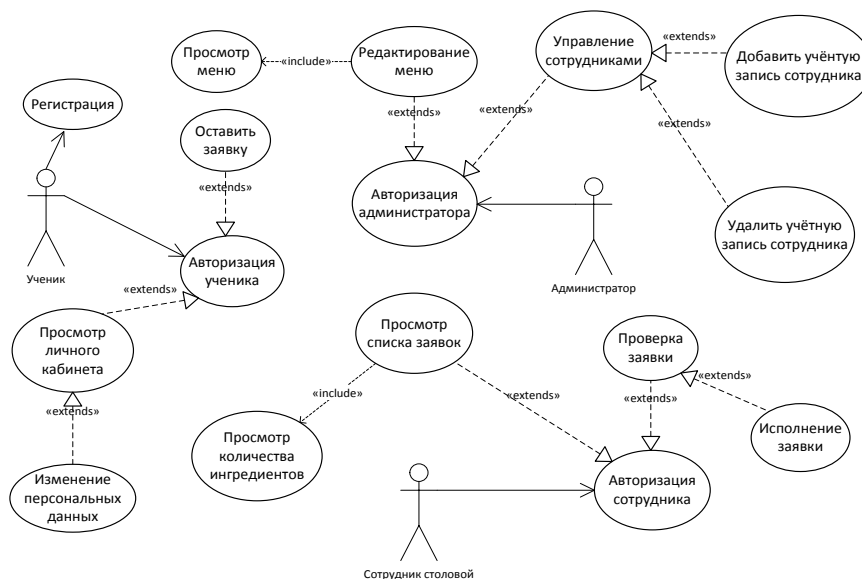


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

Предполагается, что разрабатываемая информационная система будет бесплатной для использования в образовательных учреждениях. Но в виду своей гибкости она может быть использована и для других предприятий общественного питания. Например, общественных столовых или частных и сетевых ресторанов.

Реализация информационной системы онлайн-заказов для организации общественного питания предполагает разработку интерфейса веб-приложения, базы данных, системы регистрации и авторизации, программных модулей, реализующих возможность управления пользователями информационной системы, изменения меню, выбора графика питания обучающегося.

#### Литература

1. Свергун, Н. Н. Потенциал развития и популярность ИТ-сферы в России / Н. Н. Свергун, Г. В. Очкур // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 245-249.

2. Затулин, А. Г. Требования к разработке информационных ресурсов центров дополнительного образования / А. Г. Затулин, Н. М. Виштак // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 169-173.

3. Виштак, Н. М. Функциональные возможности информационной системы обработки данных педагогического исследования в области дополнительного образования / Н. М. Виштак, И. В. Михеев // Материалы IV Международной научной конференции «Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании». – Красноярск, 2020. – С. 67-72.

4. Виштак, О. В. Использование объектно-ориентированного подхода к проектированию образовательного web-квеста / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные образовательные Web-технологии в реализации личностного потенциала обучающихся». – Арзамас, 2020. – С. 241-245.

5. Виштак, О. В. Моделирование информационной системы расчета монолитных строительных конструкций / О. В. Виштак, И. А. Штырова, Я. А. Глебова // Сборник статей VII Международной научно-практической конференции «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций». – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 41-44.

УДК 377.1

**Анализ профильного контроля остаточных знаний по химии  
для инженерно-физических направлений**

Петров Валерий Иванович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Общая химия»;

Щербина Наталья Александровна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Общая химия»;

Онопrienко Надежда Александровна, студент направления «Приборостроение»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», г. Москва

*При обращении с материалами и работе в контакте с технологическими процессами важна способность прогнозировать свойства веществ и явления. Выявлена степень*



*закрепления таких знаний и навыков по важнейшим разделам курса. Даны рекомендации по усилению мотивации студентов к изучению дисциплины. Предложены и проверены опытным путём задания для контроля остаточных знаний по химии с учётом инженерно-физического профиля подготовки студента.*

В высокотехнологичных отраслях экономики постоянно решаются вопросы на стыке наук, включая вопросы обращения с материалами и контакт с технологическими процессами. Поэтому от небольшой по объёму дисциплины «Общая химия», читаемой для «нехимиков» на первом курсе, требуется дать студентам основы химического мышления. На современном этапе развития педагогики высшей школы следует особо акцентировать внимание на закреплении ключевых остаточных знаний, тем более что хорошим подспорьем теперь служит созданный в университетах комплекс информационно-коммуникативных технологий [1, 2]. С его помощью можно изменять приёмы проведения и содержание учебных занятий, активизируя познавательную деятельность обучаемых.

На кафедре общей химии НИЯУ МИФИ к настоящему времени накоплен большой опыт преподавания химии с применением информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), с лекциями, консультациями и упражнениями в режиме онлайн. В связи с модернизацией стандартов образования и появлением новых направлений подготовки решаются задачи совершенствования курса с введением элементов профилизации.

Цель данной работы – рассмотреть степень закрепления знаний по химии, ключевых для ряда направлений подготовки. Объектом исследования являются остаточные знания студентов. Поставлена задача выявить уровень освоения курса в соответствии с требуемыми компетенциями. По ряду направлений, включая «Приборостроение», «Ядерная энергетика и теплофизика» и «Электроника и автоматика физических установок», от курса химии требуется вклад в развитие способностей применять естественнонаучные знания, например о химической природе современных материалов, технологий и окружающей среды, в профессиональной деятельности. Следовательно, нужно подобрать методы контроля знаний, помогающих объяснять и прогнозировать свойства веществ и явления, с которыми может встретиться выпускник в работе. Из нашего опыта это в первую очередь основные сведения о химических веществах, общих закономерностях химических процессов, а также разделы химии, смежные с современной технической физикой, такие как электрохимия. При проверке остаточных знаний мы выделили ключевые разделы: вещество, основные закономерности химических процессов, электрохимические системы.

Наука о веществах богата открытиями. У ряда новых химических элементов свойства ещё изучены слабо. Постоянно открываются новые химические соединения, создаются композиционные материалы. Видимо, для работы на стыке химии и физики нужны знания по валентности и основным типам химической связи, периодичности свойств элементов.

Будущему специалисту может быть предложено оценить возможные валентные состояния какого-либо нового химического элемента, предположить свойства его оксида и других возможных соединений. Это может потребоваться при приготовлении препаратов для исследований или применения. Решая задачу, например, для коперниция (112-й химический элемент), студент должен вывести с большой уверенностью, что этот элемент, являющийся электронным аналогом цинка, кадмия и ртути, проявляет металлические свойства, имеет среднее значение электроотрицательности, в соединениях, как правило, двухвалентный. Создателям физических приборов и установок нередко приходится учитывать энергию ионизации атомов и химические связи. В профильных остаточных знаниях, по нашему мнению, должно сохраняться понимание роли фундаментальных свойств, таких как электроотрицательность и энергия ионизации.

Основные закономерности химических процессов установлены в учении о химическом равновесии, химической термодинамике и кинетике, где важно уделять внимание конкурирующим процессам, воздействию окружающей среды и другим факторам. В разделе «Электрохимические системы» рассматривают возможности окисления или восстановления в различных условиях, поведение примесей. Эти процессы могут оказывать влияние на физические свойства материалов, приборов и конструкций.

С учётом указанных особенностей подготовки студентов мы составили тест остаточных знаний. За основу взят тест из работы по изучению элементов прогнозирования [3], но содержание вопросов дано с учётом конкретного рассматриваемого профиля. Мы подобрали 20 вопросов. Все они, как правило, относятся к вопросам повышенной трудности, так как требуют сочетания знаний из разных разделов и логических построений. На ответы студентам выделили 30 мин.

Отобрав группу из 14 студентов 2-го курса одного профиля с различной успеваемостью, мы провели тестирование в очном режиме. В будущем возможно проводить и онлайн для изучения больших студенческих континентов, для чего подготовлена более насыщенная база однотипных вопросов и меры контроля. Опрошенные студенты показали от 20,6 до 91,2 % остаточных знаний. В табл. 1 и диаграммах (рис. 1, 2) представлены обобщённые результаты по указанным выше трём разделам.



Рис. 1. Анализ результатов работ студентов:  
*a* – общая оценка в баллах 80-100; *б* – 60-79; *в* – 40-59; *с* – 20-39

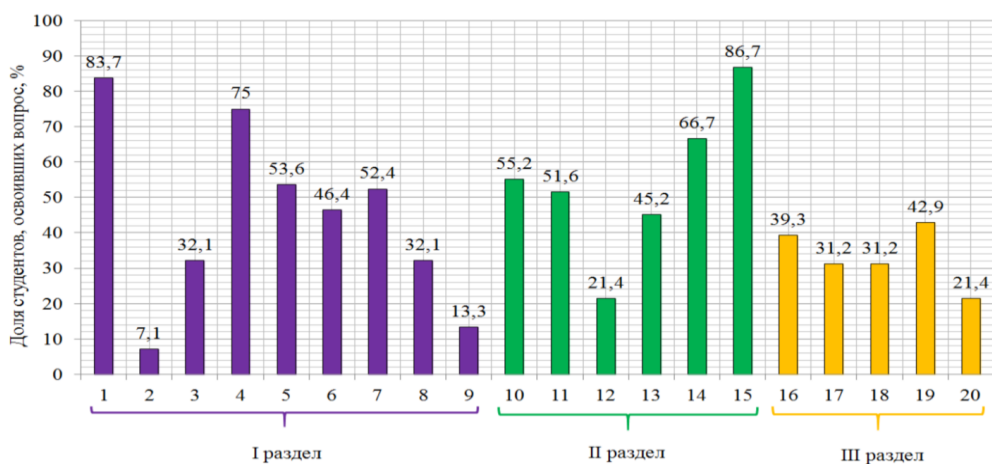
Таблица 1

Средняя степень закрепления остаточных знаний по выделенным разделам

Раздел	Степень закрепления, %
Вещество	46,0
Общие закономерности	54,5
Электрохимические системы	31,7

Наиболее высокая степень закрепления остаточных знаний – по общим закономерностям химических процессов, на последнем месте – по электрохимии. Среди лучших (75 % и выше) были ответы на вопросы о типичных свойствах оксидов металлов, периодичности электроотрицательности и принципе Ле Шателье (соответственно п. 1, 4 и 13/15 на рис. 2). Среди неудачных (25 % и ниже) – ответы на вопросы о возможных свойствах нового химического элемента, роли электроотрицательности в химической связи, кинетике реакции первого порядка, катодной защите от коррозии (соответственно п. 2, 20/9, 10/12 и 18/20 на рис. 2).

По отзывам студентов, по ряду вопросов общее представление ими получено еще на школьной скамье, а затем было закреплено в вузе. Отсюда наиболее успешные ответы. По большинству вопросов по химической связи, кинетике, направлению реакции и электрохимии потребовалась мобилизация вузовских знаний, которые не у всех студентов успешно закрепились.



*Рис. 2. Анализ положительных результатов ответов студентов на вопросы (1-20) по основным разделам:*

*I раздел – Вещество, II раздел – Общие закономерности химических процессов, III раздел – Электрохимические системы*

Из анализа результатов работ студентов следует, что самыми сложными (закрепление 7,1 и 13,1 % соответственно) оказались следующие вопросы первого раздела:

- вопрос 2. Определите возможный класс оксида ренгения.

При ответе на этот вопрос из предложенных вариантов (амфотерный, основной, кислотный, солеобразующий) нужно было выбрать наиболее вероятный. Так же, как и упомянутый выше коперниций, 111-й элемент проявляет металлические свойства. Следовательно, оксид как минимум солеобразующий;

- вопрос 9. Свойства гидроксидов трехвалентных лантаноидов. Из предложенных альтернатив (основные, амфотерные, кислотные) следовало выбрать «основные», исходя из малой величины электроотрицательности лантаноидов.

С учётом отсутствия химических дисциплин на старших курсах, закрепление остаточных знаний прежде всего ложится на сам курс «Общая химия», в котором следует более целенаправленно использовать второй семестр. Кроме того, учитывая полезность затронутых сведений для будущей профессии, выпускающие кафедры предусматривают развитие важнейших представлений в предпрофилирующих дисциплинах на старших курсах.

Студенты проявили определённый интерес к заданным вопросам. Это, мы уверены, внесёт заметный вклад в мотивацию к изучению курса при условии повышения доли прогнозных вопросов в контрольных точках курса.

Таким образом, с учётом инженерно-физического профиля подготовки студентов проведен и проанализирован контроль остаточных знаний студентов по дисциплине «Химия». Студенты показывают удовлетворительные остаточные знания по общим закономерностям химических процессов.

Для усиления мотивации студентов к изучению химии рекомендуется увеличить долю профильных вопросов в курсе химии и контрольных мероприятиях по остаточным знаниям, включая онлайн-тесты с применением ИКТ.

#### Литература

1. Гусева, А. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А. И. Гусева, В. С. Киреев. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.

2. Информационно-коммуникационные технологии в курсе химии: дидактический подход // В. И. Петров, Е. А. Ананьева, Н. А. Щербина, О. А. Наговицына // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 283- 287.

3. Петров, В. И. Элементы химического прогнозирования для инженерно-физических специальностей / В. И. Петров, И. М. Балтабаев, М. А. Симановский // Сборник статей III Международной научно-технической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 233-237.

УДК 621.396.6

#### **Локальное устройство сбора данных системы мониторинга окружающей среды в мегаполисе**

Плытник Евгений Алексеевич, магистрант кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии»;  
Савёлов Игорь Николаевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

*Приведены результаты архитектуры измерительной системы мониторинга окружающей среды в мегаполисе и локальное устройство сбора данных для работы системы. Разработана твердотельная модель локального устройства сбора данных при помощи САПР SolidWorks.*

Промышленное развитие является основой экономического роста и подъёма социально-экономического уровня жизни общества. Однако промышленное развитие

происходит без должного учёта истощаемости многих видов невозобновляемых ресурсов и понимания того обстоятельства, что восстановительные способности живой природы не беспредельны. Несмотря на принятие ряда мер по охране окружающей среды, продолжается её дальнейшее загрязнение. Спад производства, остановка большого количества загрязняющих предприятий не привели к уменьшению загрязнения окружающей среды, поскольку в экономически кризисных условиях работающие предприятия и регионы стали экономить на природоохранных мероприятиях.

Важное значение имеет базовый (или фоновый) мониторинг, задача которого – слежение за состоянием природных систем и природными процессами, на которые практически не влияют региональные антропогенные факторы. Базовый мониторинг позволяет охарактеризовать состояние природы как бы в её «чистом» виде, хотя глобальные загрязнения всё же вносят определённый вклад в изменение природной среды. Для осуществления базового (фонового) мониторинга используют удалённые от промышленных регионов территории, в том числе биосферные заповедники.

Таким образом, основные цели экологического мониторинга состоят в обеспечении системы управления природоохранной деятельностью своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем;
- выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются;
- создать предпосылки для определения мер по исправлению создающихся негативных ситуаций до того, как будет нанесён ущерб.

Целью данной работы является разработка системы мониторинга окружающей среды в мегаполисе с интеграцией искусственных нейронных сетей, выполняющих интеллектуальную функцию поиска корреляционных зависимостей между измеренными значениями и функцию их аппроксимации; разработка конструкции локального устройства сбора данных для работы в системе; проведение исследования работоспособности системы на основе тестовых данных; проведение исследования работоспособности устройства при помощи программного обеспечения схемотехнического и твердотельного моделирования радиоэлектронных устройств.

Для обеспечения согласованных, интегрированных и плотных наблюдений в городских районах также могут использоваться новые и перспективные технологии. Сбор данных методом краудсорсинга и сети мобильных датчиков, встроенных в сотовые телефоны

или автомобили, например, может предоставить экономичные и гибкие решения в дополнение к более традиционным источникам наблюдений.

Для осуществления контроля параметров окружающей среды в мегаполисах перспективным является использование сети устройств с открытой архитектурой, выполняющих измерение и фиксацию измеренных величин с последующей передачей собранных данных по беспроводным интерфейсам связи для последующей обработки.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить обзор текущих решений систем мониторинга окружающей среды;
- выполнить обзор типов и применений нейронных сетей;
- выбрать архитектуру новой измерительной системы и архитектуру нейросети для решения поставленных задач;
- исследовать точность выполнения интеллектуальной функции нейросети;
- разработать алгоритмы работы функциональных блоков системы;
- выработать схемотехническое решение конструкции локального устройства сбора данных;
- разработать конструкцию локального устройства сбора данных.

Для обеспечения открытой архитектуры измерительной системы функциональные блоки нижнего уровня – устройства локального сбора данных – предлагается реализовать магистральным способом организации передачи информации. Реализация такого способа позволит не только гибко определять набор контролируемых параметров окружающей среды для каждого из локальных устройств, но производить опрос датчиков одной простой командой для сбора результатов в информационный буфер для дальнейшей передачи на обработку. Таким образом, выполняются структурно-организационный, функциональный и временной принципы построения измерительных систем мониторинга.

Для выполнения обучающего принципа предлагается использование алгоритмов самообучающихся нейронных сетей на верхних иерархических уровнях измерительной системы. Сеть локальных устройств сбора данных с привязкой к географической локации при постоянном сборе данных о параметрах окружающей среды позволит получать информацию о параметрах, коррелирующих с измеренными, и прогнозировать характер изменения измеряемых и рассчитываемых параметрах.

Основу организационной структуры экологического мониторинга составляет автоматизированная информационная система, которая создаётся на базе компьютерных средств. Задачами автоматизированных информационных систем мониторинга являются: хранение и поиск режимной информации о состоянии окружающей среды; целенаправленная постоянная обработка и оценка информации; выполнение перманентных прогнозов развития

и состояния окружающей среды; решение оптимизационных задач по экологическому управлению.

Для построения архитектуры измерительной системы для мониторинга параметров окружающей среды необходима разработка её функциональных блоков с выбором способа организации передачи информации.

Для обеспечения открытой архитектуры измерительной системы функциональные блоки нижнего уровня – устройства локального сбора данных – предлагается реализовать с магистральным способом организации передачи информации. Реализация такого способа позволит не только гибко определять набор контролируемых параметров окружающей среды для каждого из локальных устройств, но производить опрос датчиков одной простой командой для сбора результатов в информационный буфер для дальнейшей передачи на обработку. Таким образом, выполняются структурно-организационный, функциональный и временной принципы построения измерительных систем мониторинга.

Для выполнения обучающего принципа предлагается использование алгоритмов самообучающихся нейронных сетей на верхних иерархических уровнях измерительной системы. Сеть локальных устройств сбора данных с привязкой к географической локации, при постоянном сборе данных о параметрах окружающей среды, позволит получать информацию о параметрах, коррелирующих с измеренными, и прогнозировать характер изменения измеряемых и рассчитываемых параметрах.

Для обучения нейросети используются функции оценки потерь и оптимизации весов нейросети. В качестве функции оценки потерь выбрана функция  $L1Loss()$ , высчитывающая сумму модулей разности между предсказанным и действительным значениями. Для оптимизации весов используется функция оптимизации, применяющая стохастический градиентный спуск к параметрам нейросети на основании результатов функции оценки потерь. У этой функции есть 2 параметра: скорость обучения, определяющая шаг изменения параметров нейросети и момент обучения.

Для обучения нейросети использованы данные, полученные при помощи экспериментальной солнечной панели. Были рассчитаны производные температур, данные были нормализованы и сформатированы в два JSON-объекта. Случайным образом данные были разделены: 30 %, используемые для теста, нейросети помещены в один объект, и оставшиеся 70%, используемые для обучения – в другой. Средняя ошибка расчёта составила 0.1 градуса, максимальная – 1.2 градуса.

Для функционирования системы необходима разработка алгоритмов работы локальных устройств сбора данных и алгоритмов работы сервера. Функционирование сервера предлагается обеспечивать путём осуществления трёх параллельных процессов:



прием информации, поступающей с локальных устройств сбора данных; процесса, поддерживающего функции ввода-вывода пользовательского интерфейса и процесса взаимодействия с нейронными сетями.

Обработка входящих оцифрованных данных с датчиков, проводящих мониторинг состояния окружающей среды, происходит по мере поступления данных от локальных устройств. В случае, когда данные приходят одновременно либо в короткий промежуток времени поступает большой объём данных, информация формируется в стек, который затем обрабатывается по мере освобождения системных ресурсов сервера. Обработанные данные помещаются в базу данных.

Разработан алгоритм процесса, поддерживающего функции ввода-вывода пользовательского интерфейса; он отвечает за обработку команд пользователя: графическое или текстовое представление информации из базы данных, структурную генерацию нейронных сетей для выбранных измеряемых параметров окружающей среды, генерацию отчётов.

Алгоритм работы процесса взаимодействия с нейронными сетями предусматривает сканирование значения из базы данных, запускает обучение нейронных сетей и интеллектуальные функции уже обученных нейронных сетей при наличии разрешения оператора.

Для взаимодействия между процессами предлагается использовать процесс-медиатор, представляющий собой TCP/IP сервер, при помощи которого процессы сервера системы мониторинга могут отправлять и принимать переменные. Плюсом такого решения является реализация функции подписки на определенные переменные, что позволит игнорировать сообщения, не предназначенные для конкретного процесса. Это решение делает возможным экономию вычислительных ресурсов сервера. Процесс-медиатор реализован нами на языке JavaScript во фреймворке node.js.

Локальные устройства сбора данных предназначены для контроля и фиксации информации с подключённых датчиков и формирования пакета данных для отправки в сеть для дальнейшей обработки. Для обеспечения автономности также необходима имплементация алгоритма контроля режимов питания устройства, переводящего метеостанцию в режим низкого энергопотребления между регистрацией измеренных значений. При включении питания инициализируется контрольный таймер. Этот таймер инициализируется лишь один раз, вне основного цикла программы и далее не выключается. После этого происходит перевод устройства в режим низкого энергопотребления. Отключение этого режима осуществляется при переполнении контрольного таймера. Кроме того, алгоритмом предусмотрена функция проверки счётчика цикла, увеличивающая

интервал измерения до величины, большей чем предделитель контрольного таймера, изменяющий частоту счёта. Эта функция вызывается после заполнения контрольного таймера и сравнивает величины Counter и MaxCounter. Величина MaxCounter определяется на входе в препроцессор при компиляции программы. Величина Counter хранится в энергонезависимой области памяти микроконтроллера и инкрементируется при каждом выходе микроконтроллера из режима сна. До достижения величиной Counter значения MaxCounter микроконтроллер вместо выполнения основного цикла программы переходит в режим сна со сбросом контрольного таймера.

Программа работы устройства является линейной. Она выполняется при выходе из режима низкого энергопотребления. После выхода из этого режима инициализируются порты ввода-вывода для подключения к датчикам. После этого создаётся хранящий данные объект, который позволяет сформировать пакет данных для отправки в базу данных.

Когда первоначальная инициализация выполнена, производится опрос датчиков, подключённых к метеостанции, с определением их количества. Это нужно для реализации декларации верного количества переменных, передаваемых в сеть, и корректной работы подпрограммы, ответственной за регистрацию данных с датчиков. После опроса и передачи данных в сеть устройство снова переходит в режим низкого энергопотребления.

Локальное устройство сбора данных способно собирать информацию с датчиков, подключённых к шине данных и формировать пакет данных для отправки в сеть для дальнейшей обработки.

Основными критериями выбора интерфейса связи с шиной данных являлись: возможность организации иерархии master-slave в сети, поскольку подразумевается опрос датчиков с интервалом опроса, контролируемым блоком ввода-вывода; минимальное количество проводов в шине и наличие библиотек для современных сред программирования. Оптимальным является применение в качестве интерфейса шины данных I<sup>2</sup>C, так как для его организации требуется всего 2 провода.

Разработаны алгоритм работы локального устройства сбора данных, электрические функциональная и принципиальная схемы. Топология печатного узла разработана при помощи САПР Altium Designer (рис. 1).

Твердотельные модели печатного узла (рис. 2) и локального устройства сбора данных (рис. 3) были разработаны при помощи САПР Solidworks.

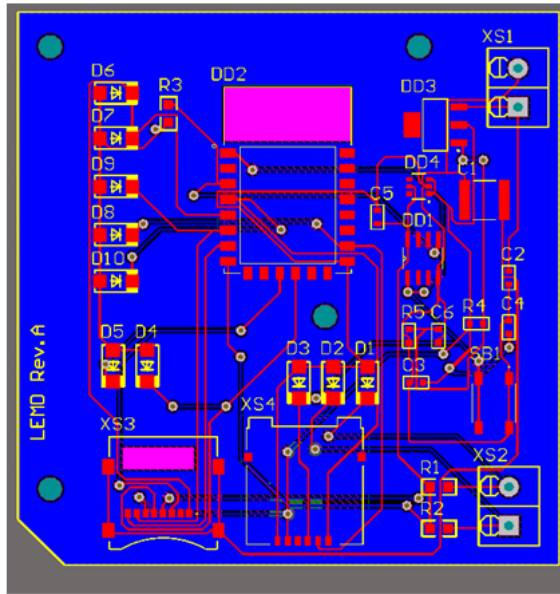


Рис. 1. Топология печатного узла локального устройство сбора данных

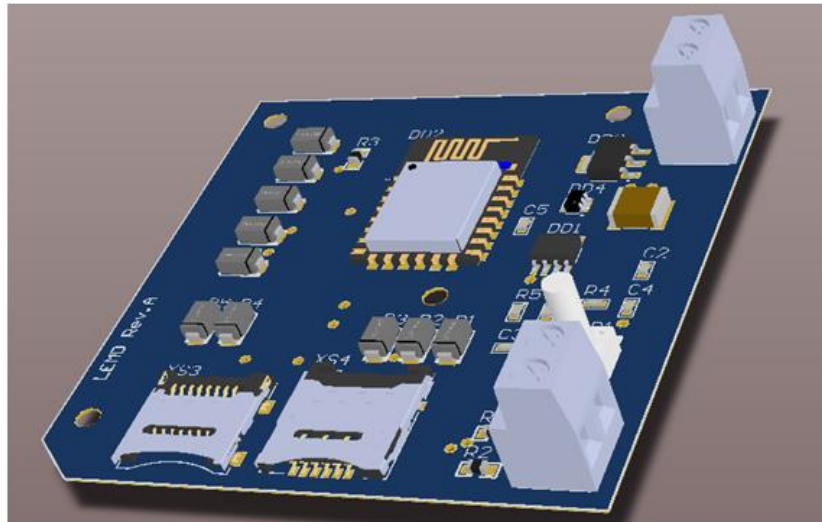


Рис. 2. Твёрдая модель печатного узла

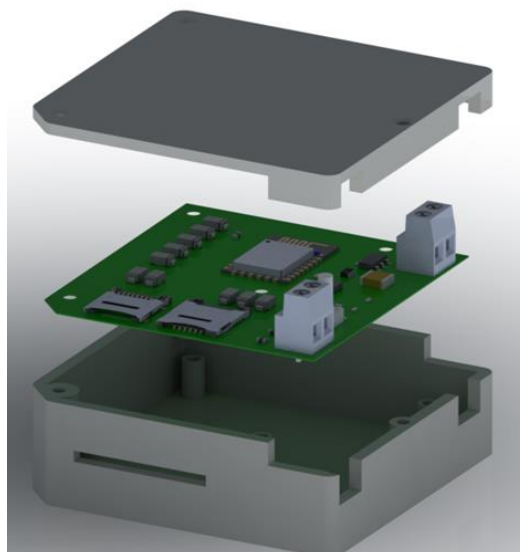


Рис. 3. Твёрдая модель локального устройства сбора данных

Таким образом, в результате выполнения работы были разработаны архитектура измерительной системы мониторинга окружающей среды в мегаполисе и локальное устройство сбора данных для работы с ней.

#### Литература

1. Плытник, Е. А. Система мониторинга окружающей среды в мегаполисе / Е. А. Плытник, И. Н. Савёлов // Материалы 13-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2020». – Минск: БНТУ, 2020. – С. 89-91.

2. L1LOSS: [сайт]. – URL: <https://pytorch.org/docs/stable/generated/torch.nn.L1Loss.html>. (дата обращения: 06.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 004(075)

### **Применение аналитической платформы KNIME для модернизации учебных программ естественнонаучного цикла на основе анализа вакансий**

Подгорнов Александр Александрович, кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

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

*Статья посвящена решению задачи модернизации учебных программ естественнонаучного цикла на основе анализа вакансий с помощью прикладного программного пакета KNIME. Главным достоинством применяемых технологий является возможность решения широкого круга задач управления, оптимизации, прогнозирования в образовании.*

Среди задач управления современным вузом обеспечение высокого качества процесса обучения является одной из ключевых.

Качественное обучение поможет сократить время, затрачиваемое студентом на изучение определенного материала, позволит студентам получить больше полезной информации и определить приоритеты в освоении учебных дисциплин.

Важным показателем качества образования в вузе является успеваемость студентов. Однако, как показывает практика, контроль успеваемости в вузе усложняется необходимостью анализа образовательных данных, накопленных за длительный период времени.

Проблемами анализа данных в образовательном процессе вуза занимается специальная научная дисциплина «Анализ образовательных данных» (АОД) – Educational Data Mining, EDM [1].

АОД использует методы, инструменты и алгоритмы интеллектуального анализа данных (Data Mining) для исследования данных студентов, преподавателей и административного персонала вузов, сотрудничества между студентами, административных данных и демографических данных.

Следует учесть, что в образовательном процессе вуза существует много проблем, которые необходимо проанализировать. Выбор конкретной проблемы и объекта анализа зависит от задач, которые решает управленческий аппарат вуза.

Вместе с тем необходимо отметить, что для образовательного процесса в вузе наряду с задачами анализа успеваемости студентов [2] востребованными в АОД являются задачи анализа учебных программ.

Наиболее часто используемая структура для понимания жизненного цикла проекта Data Mining – это межотраслевой стандартный процесс интеллектуального анализа данных (CRISP-DM) [3].

Для текстового анализа, в частности анализа учебных программ дисциплин в вузе, используются следующие методы интеллектуального анализа данных: классификация, кластеризация, поиск связывающих правил, логическая регрессия и др.

Наиболее популярными среди них являются методы классификации и кластеризации [4]. Классификация является одним из самых популярных методов, используемых в интеллектуальном анализе образовательных данных. Это процесс, который состоит из двух этапов: создание модели классификации и предсказание значений зависимой переменной с помощью созданной модели.

Кластеризация может быть определена как обнаружение похожих классов объектов. Методы кластеризации используются главным образом для решения задач анализа влияния основных факторов при формировании учебной программы[5].

Для выполнения факторного анализа используется дисперсионный анализ средних. Данный аппарат основывается на гипотезах о нормальности распределений, однородности математических ожиданий и дисперсий, что представляется существенными допущениями для образовательного процесса в вузе.

В данной работе проведен разведочный анализ данных. Подготовлены корпуса текстов трех вакансий: инженер-программист, инженер-электрик, инженер-электроник для города Москвы. Датасеты формировались с помощью запросов по вакансиям на сайте <http://hh.ru>.

Кластеризация позволяет структурировать информацию в содержательные подгруппы (кластеры), не имея предварительных сведений о количестве таких групп и о значениях характеристик представителей кластеров (содержательных связях между данными кластера). Кластеризацию относят к методам разведочного анализа данных: неразмеченные данные разносятся по различным кластерам на основе подобия характеризующих их признаков.

Один из самых популярных алгоритмов кластеризации – метод k-средних. Алгоритм k-средних – кластеризация на основе прототипов. Это означает, что каждый кластер представлен прототипом, который может быть либо центроидом (средним) подобных точек с непрерывными признаками, либо медоидом (наиболее представительной или наиболее часто встречающейся точкой) в случае категориальных признаков (или иначе факторов, например, пол, наличие вредной привычки и т. п.).

Так как метод k-средних находит локальный, а не глобальный минимум для внутрикластерных расстояний, то результаты будут зависеть от начального разбиения кластеров. Важно запускать алгоритм несколько раз, используя разные конфигурации его реализации, и выбрать наилучшую.

Также важным параметром качества кластеризации является интерпретируемость конечного результата. Если кластеризация проводится в данных бизнес-кейса, то необходимо, чтобы результаты кластеризации помогали достижению бизнес-целей: выявляли сходство объектов (общие шаблоны поведения) по тем параметрам, которые позволят управлять поведением объектов в выгодном для бизнеса направлении.

Так как кластеризация дает неустойчивые решения, то, если объем данных позволяет, можно выполнять кластеризацию на разных частях данных, чтобы получить представление об устойчивости получаемых кластеров.

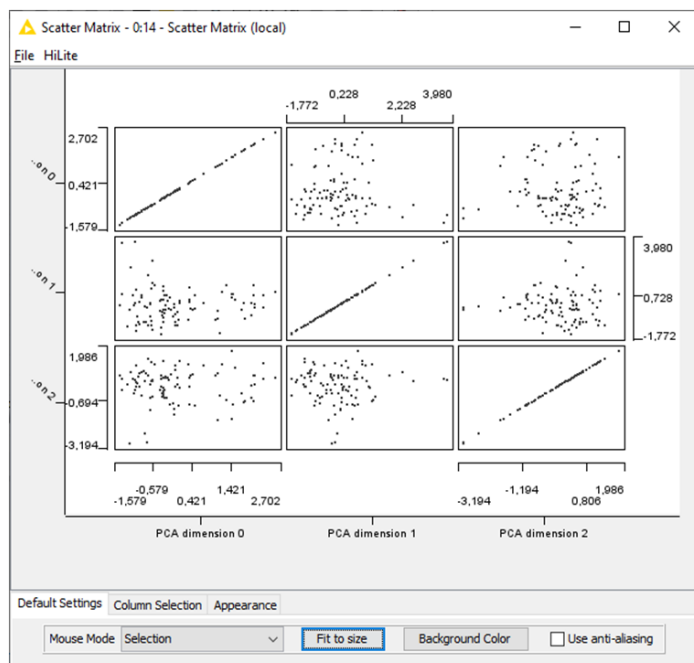
В работе решается задача отбора и дальнейшей модернизации рабочих программ учебных дисциплин в соответствии с требованиями вакансий работодателя с помощью аналитической платформы KNIME.

KNIME – бесплатная система, имеет графический интерфейс, поддерживающий цикл интеллектуального анализа данных (доступ к данным различных форматов, трансформация данных, аналитические функции, визуализация и подготовка отчетов) [6, 7]. Основой KNIME является поток работ. Процесс анализа представляется в виде графа. Вершинами графа являются настраиваемые узлы, которые имеют вход (входы) и могут иметь выход (выходы). Информация на входе узла преобразуется согласно правилам, которые определяются аналитиком, и доступна для других узлов на выходе.

Сначала необходимо провести разведочный анализ, состоящий из последовательных шагов при использовании базовых узлов (рис. 1а).



определенную статистику между действительными и прогнозируемыми значениями (среднюю абсолютную ошибку, среднеквадратичную ошибку и т. д., рис. 2б).



File	
R <sup>2</sup> :	1
Mean absolute error:	0
Mean squared error:	0
Root mean squared error:	0
Mean signed difference:	0
Mean absolute percentage error:	0

б)

а)

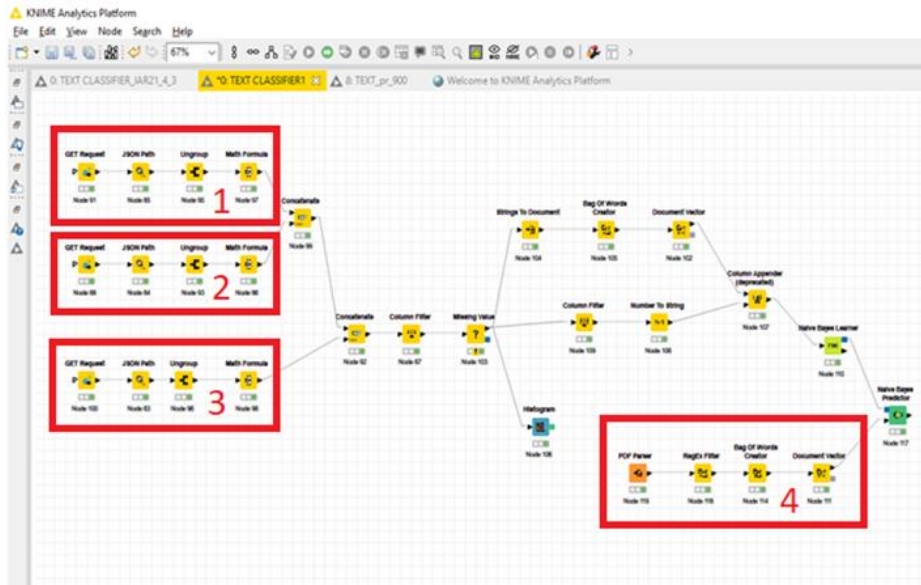
Рис. 2. Визуальные результаты работы узлов Scatter Matrix, Numeric Scorer

Между блоками 1 и 2 находится узел Document Vector. Этот узел создает вектор документа для каждого документа, представляющего его в пространстве терминов. Значения векторов признаков могут быть заданы как логические значения или как значения указанного столбца, т. е. столбца tf\*idf.

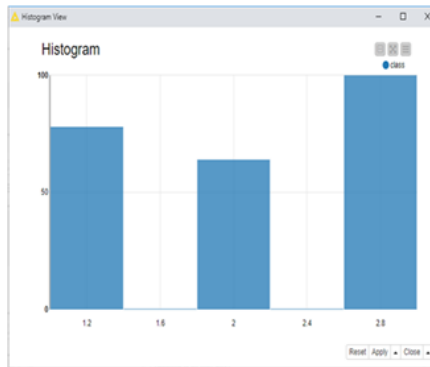
Поток работ, связанный с формированием регрессионной модели, представлен на рис. 3а. В блоке 1 данного рисунка определяется первый класс, сформированный на основе датасета для вакансий «инженер-электрик». В блоке 2 – определяется второй класс, сформированный на основе датасета для вакансий «инженер-электроник». В блоке 3 – определяется третий класс, сформированный на основе датасета для вакансий «инженер-программист».

Узлы Concatenate объединяют три таблицы. Таблица в порту 0 указана как первая входная таблица (верхний входной порт), таблица в порту 1 является второй таблицей соответственно. Столбцы с одинаковыми именами объединяются (если типы столбцов отличаются, тип столбца является общим базовым типом для обоих типов входных столбцов). Если одна входная таблица содержит имена столбцов, которых нет в другой таблице, столбцы могут быть либо заполнены отсутствующими значениями, либо отфильтрованы, т. е. их не будет в выходной таблице.





a



б

Appended table - 5:107 - Column Appender (deprecated)

File Edit Hilite Navigation View

Table "default" - Rows: 242 Spec - Columns: 1646 Properties Flow Variables

Row ID	<highl...	бизнес...	оклад...	платф...	необхо...	компет...	наладке	оборуд...	class
Row0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row4	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row6	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Row8	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0

в

The classified data - 5:117 - Naive Bayes Predictor

File Edit Hilite Navigation View

Table "default" - Rows: 1 Spec - Columns: 3 Properties Flow Variables

Row ID	Document	Predict...
Row0	"F:РП Язык программирования Python...	[1.0, 1.0, 1.0, ... 3.0

г

Рис. 3. Результаты работы отдельных узлов регрессионной модели

Последующие узлы до Column Appender фильтруют стоп-слова, образуют облако слов и создают вектор документа для каждого документа, представляющего его в пространстве терминов. Значения векторов признаков могут быть заданы как логические значения или как значения указанного столбца, т. е. столбца tf\*idf.

В блоке 4 – считывается pdf-формат рабочей программы модуля «Язык программирования Python» и создается вектор документа для каждого документа, представляющего его в пространстве терминов.

На рис. 3б, в, г представлены результат работы узлов Histogram, Column Appender, Naive Bayes Learner соответственно.

### Литература

1. Educational Data Mining: [сайт]. – URL: <http://educationaldatamining.org/> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст: электронный.
2. Белоножко, П. П. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения / П. П. Белоножко, А. П. Карпенко, Д.А. Храмов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2017. – Т. 9. – № 4: [сайт]. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf> (дата обращения: 12.12.2021). – Текст: электронный.
3. Baker, R. S. Educational data mining: An advance for intelligent systems in education / R. S. Baker. – IEEE Intelligent Systems. – 2014. – V. 29(3). – Pp. 78-82.
4. Шевченко, В. А. Прогнозирование успеваемости студентов на основе методов кластерного анализа / В. А. Шевченко // Вестник ХНАДУ. – 2015. – Вып. 68. – С. 15-18.
5. Гранков, М. В. Анализ и кластеризация основных факторов, влияющих на успеваемость учебных групп вуза / М. В. Гранков, В. М. Аль-Габри, М. Ю. Горлова // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4: [сайт]. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3775](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3775) (дата обращения: 12.12.2021). – Текст: электронный.
6. Поиск прогностических критериев академической успеваемости / Е. Р. Исаева, О. В. Тюсова, А. В. Тишков [и др.] // Университетское управление: практика и анализ. – 2017. – Т. 21. – № 2. – С. 163-172.
7. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

**Применение компьютерного моделирования  
для формообразования поверхностей элементов червячной передачи**

Рязанов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Инженерная геометрия и основы САПР»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Обоснована актуальность применения геометрического аппарата современных систем автоматизированного проектирования [1], которые позволяют перейти от традиционного аналитического описания взаимодействия контактирующих между собой поверхностей элементов червячных передач и сосредоточиться на реализации алгоритмов их взаимодействия. Описан обобщенный алгоритм подготовки исходных данных для виртуального имитационного формообразования элементов червячной передачи.*

Технологическая подготовка производства любого машиностроительного изделия, в том числе проектируемой червячной передачи, требует выполнения предварительных математических расчетов, например расчета геометрических параметров проектируемого червячного зацепления и наладочных параметров технологического оборудования, которое будет применяться для изготовления проектируемой червячной передачи [2, 3]. Для этого используются существующие методические рекомендации, которые основаны на применении математических зависимостей теории зацепления. Расчет контактирующих поверхностей с необходимыми характеристиками зацепления выполняется путем изготовления нескольких пробных образцов проектируемых элементов червячной передачи при помощи зубообрабатывающего оборудования и их последующей обкаткой на контрольно-обкатном станке. После анализа полученных результатов необходимо внести изменения в наладочные параметры оборудования. Все эти шаги приводят к существенной потере времени, использованию дорогостоящих материалов для изготовления реальных пробных образцов проектируемых изделий, а также использованию дорогостоящего оборудования. Существующий алгоритм пошагового проектирования червячной передачи можно изобразить в виде схемы, на которой отображены стадии подготовки его производства (рис. 1).

Из рисунка видно, что сам процесс, направленный на оптимизацию формы рабочих поверхностей червячной передачи требует достаточно продолжительного времени. Это

связано с поочередным выполнением операций расчета и изготовлением опытных образцов, которые необходимо выполнять последовательно, и их анализом.

Применение современной системы трехмерного моделирования, например Autodesk AutoCAD, позволяет перейти от традиционного описания взаимодействующих поверхностей элементов червячной передачи к реализации алгоритмов их взаимодействия.



*Рис. 1. Стадии подготовки нового изделия*

Точность формообразования элементов реального червячного зацепления и определения наладочных параметров зубообрабатывающего оборудования, участвующего в ее изготовлении, также может быть повышена путем использования компьютерных алгоритмов геометрического моделирования процесса формообразования элементов проектируемой червячной передачи. В алгоритм виртуального имитационного формообразования червячной передачи можно заложить технологические погрешности, которые возникают при попытке изготовить реальную червячную пару, а также условия, возникающие при ее эксплуатации [4]. К основным технологическим погрешностям, которые получаются при изготовлении и сборке реальной червячной передачи относятся: неточность применяемого оборудования, неточность кинематической схемы зуборезного оборудования. Такие погрешности могут возникнуть при изготовлении и эксплуатации зубообрабатывающего оборудования. Также к основным погрешностям можно отнести: неточность измерительного, зуборезного инструмента, а также неточность самих измерений в процессе изготовления изделия; погрешность базирования; неточность применяемых при изготовлении приспособлений; погрешность закрепления и т. д. Все эти технологические

погрешности можно заложить в компьютерную имитационную модель, которая отображает реальные условия изготовления и эксплуатации реальной червячной передачи.

Использование компьютерных методов твердотельного моделирования для виртуального изготовления элементов червячной передачи позволяет заменить вышеперечисленные этапы изготовления изделия (рис. 1) и оставить только один шаг технологической подготовки производства – геометрический синтез зубчатого зацепления с учетом конфигурации его рабочего пространства [5].

Одними из основных критериев, который определяет качественный расчет червячной передачи, является коэффициент ее перекрытия. Данный коэффициент показывает плавность и непрерывность зацепления проектируемой червячной передачи. Коэффициент перекрытия определяется перекрытием области контакта одной пары рабочих поверхностей зуба червячного колеса с соответствующей ему рабочей поверхностью витка червяка и одновременным перекрытием другой аналогичной пары. Для этого каждая последующая пара контактирующих поверхностей элементов червячной передачи должна войти в зацепление между собой еще до того момента, когда предшествующая им контактирующая пара выйдет из зоны взаимного зацепления их рабочих поверхностей. О величине перекрытия можно судить по значению коэффициента перекрытия; она характеризуется отношением угла торцового перекрытия к угловому шагу.

Направленный поиск наладочных параметров зубообрабатывающих станков позволяет добиться большего перекрытия элементов червячного зацепления. Его выполняют с помощью алгоритмов оптимизации, которые реализованы на ЭВМ.

Применение алгоритмов трехмерного геометрического моделирования позволяет не только упростить и ускорить сам процесс конструирования и подготовки основных технологических операций, которые возникают при проектировании нового изделия, но при этом дают возможность получения контактирующих поверхностей червяка и червячного колеса в виде компьютерных твердотельных моделей, которые точно и наглядно их отображают. Данный метод виртуализации формообразования технологического процесса зубонарезания основан на применении элементов алгебры множеств. Алгоритм заключается во взаимном пересечении виртуальных прототипов твердотельных моделей инструмента (червячная фреза, дисковая фреза) и заготовки (заготовка цилиндрического червяка, червячного колеса), которые в процессе формообразования совершают взаимное винтовое и поступательное движения. В результате чего получаемые виртуальные поверхности зубьев колеса образуются как огибающие производящей поверхности инструмента, который эквивалентен червячной фрезе, а виртуальные поверхности витков червяка при помощи виртуального инструмента «дисковая фреза». Расчет червячной передачи необходим для

вычисления геометрических параметров заготовок для червяка и червячного колеса, а также их взаимного положения в пространстве [6].

Выполнение расчета геометрических параметров элементов цилиндрической червячной передачи идет в соответствии с ГОСТ 19650-97, и его можно представить в виде линейного алгоритма, который показан на рис. 2.

На первом шаге необходимо задать исходные данные, которые будут использоваться для проектирования червячной передачи: модуль, число витков червяка и зубьев колеса, вид червяка, который задается параметрами исходного червяка по ГОСТ 19036-81, и число заходов червяка.

Второй шаг позволяет определить геометрические параметры червячной передачи по ГОСТ 19036-81 и заключается в вычислении параметров, необходимых для установки элементов червячного зацепления, например: коэффициент смещения червяка; межосевое расстояние; угол подъема витка червяка и т. д.

Третий шаг алгоритма уже связан с расчетом геометрических параметров элементов червячного зацепления: основной диаметр червяка; высота витка; делительный диаметр червячного колеса и червяка; начальный диаметр червяка и т. д. Выполнение третьего шага алгоритма необходимо для получения исходной формы, размеров, также места установки виртуальных прототипов объектов, участвующих в формообразовании элементов реальной червячной передачи.

Таким образом, использование алгоритмов компьютерного имитационного формообразования применительно для проектирования реальной цилиндрической червячной передачи позволяет пересмотреть существующий порядок ее расчета и заменить аналитические методики более обобщенными и теоретически точными компьютерными алгоритмами. Применение имитационного формообразования для получения рабочих поверхностей элементов червячного зацепления позволяет комплексно и многовариантно решать возникающие задачи, которые связаны с их проектированием и изготовлением зуборезного инструмента.

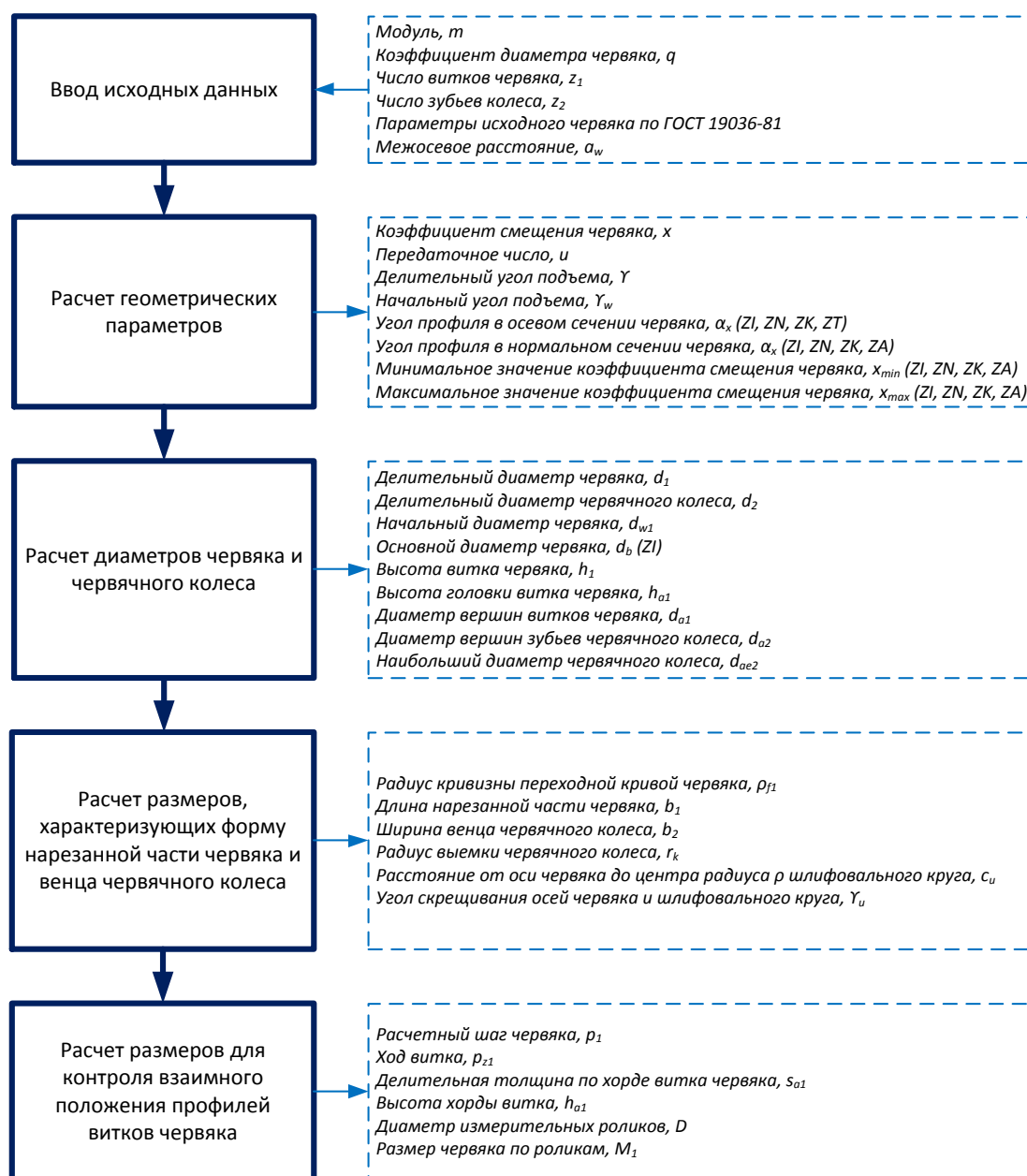


Рис. 2. Алгоритм расчета геометрических параметров червячной передачи

## Литература

1. Марьина, А. А. Информатизация образовательной среды студентов / А. А. Марьина // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А. «Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики». – Саратов: Изд-во СГТУ, 2020. – С. 159-164.
2. Ляшков, А. А. Геометрическое и компьютерное моделирование формообразования поверхностей деталей: монография / А. А. Ляшков. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 89 с.

3. Ляшков, А. А. Компьютерное моделирование процесса формообразования дисковой фрезой деталей с винтовой поверхностью / А. А. Ляшков // СТИН. – 2012. – № 1. – С. 26-29.

4. Решетников, М. К. Оценка параметров червячных передач на основе методов 3D компьютерной графики / М. К. Решетников, С. А. Рязанов // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М, 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 34-38.

5. Рязанов, С. А. Аналитические зависимости кинематического формообразования начальных поверхностей элементов червячной передачи / С. А. Рязанов, М. К. Решетников // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М, 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 65-75.

6. Рязанов, С. А. Геометрическая модель производящей поверхности, эквивалентной рабочей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза» / С. А. Рязанов // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М, 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 56-60.

УДК 681.58

### **Блок управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей**

Савёлов Павел Игоревич, магистрант кафедры «Робототехнические системы»;

Лившиц Юрий Евгеньевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Робототехнические системы»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

*Приведены результаты разработки и оптимизации конструкции блока автоматического управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей при помощи коллаборации различных САПР. Исследованы температурные потоки, возникающие при эксплуатации блока управления.*

Выработка электрической энергии при помощи фотоэлектрических преобразователей зависит от уровня их инсоляции. Наибольшая величина коэффициента полезного действия реализуется при падении солнечных лучей под углом  $90^\circ$  к поверхности преобразователей. Для поддержания оптимального угла инсоляции фотоэлектрических преобразователей в течение светового дня целесообразно применять устройства позиционирования.

Целью данной работы является разработка конструкции блока автоматического управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей, обеспечивающего максимальную величину инсоляции их поверхности.

Задачами работы являются разработка конструкции электронного печатного узла автоматического управления, проведение компьютерных исследований тепловых полей и



потоков для выявления локальных перегревов электронных компонентов, оптимизация компоновки и разработка твердотельной модели блока управления при помощи совместного применения (коллаборации) САПР Altium Designer, SolidWorks и CAE модуля Flow Simulation САПР SolidWorks.

Для обеспечения позиционирования фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии целесообразно использование шаговых двигателей. Их выбор обусловлен достаточной надёжностью и энергоэффективностью при малых оборотах вращения.

В данной работе разрабатывался блок управления тремя шаговыми двигателями модели 86ВНН 114-450Р-40МР и драйверами драйвер HDS60. Оптимальным контроллером управления солнечных преобразователей для разрабатываемого блока является контроллер на основе технологии МРРТ, т. к. данная технология обладает максимальным КПД при меньших массогабаритных параметрах. Анализ технических характеристик микроконтроллеров и надёжности их работы в аналогичных реальных конструкциях показал, что оптимальным микроконтроллером для блока автоматического управления является STM32F405. Для обеспечения технологичности производства оптимальным является корпус 64-pin LQFP.

Разработка технических решений при конструировании блока управления производилась на основе алгоритма функционирования мобильной солнечной электростанции [1].

Жизненный цикл разрабатываемого изделия зависит от интенсификации процесса проектирования и оптимизации технических решений, которые невозможно выработать без коллаборации различных САПР. Наиболее распространённой схемотехнической САПР является eCAD Altium Designer, а для разработки механической части электронных приборов широко применяется система твердотельного моделирования SolidWorks. В данных САПР реализована возможность обмена конструкторскими решениями с разработкой при этом единой модели. Кроме того, Altium Designer разработала интегрированный в SolidWorks PCB модуль позволяющий реализовывать все этапы жизненного цикла проектируемого электронного устройства, включая применение CALS-технологий, при его конструировании. Это существенно снижает себестоимость продукции и обеспечивает интеграцию всей разработанной документации.

Ранее разработана концепция системы управления мобильной солнечной электростанцией [2]. В соответствии с принятыми конструктивными решениями установлено, что габаритные размеры печатного узла не должны превышать значений 180×180×50 мм.

При разработке печатного узла применялись коллаборационные и интеграционные возможности САПР SolidWorks и Altium Designer, что позволило оперативно корректировать конструктивные технические решения при изменении установочных и габаритных размеров, выявленных при проектировании электронного компонента системы. Одновременное применение данных САПР позволяет реализовать проектирование «сверху вниз» с минимальным временем благодаря возможности проверки большого количества конструктивных вариантов. Преимуществом данного способа проектирования по сравнению с проектированием «снизу вверх» является то, что геометрические параметры печатного узла являются неизменяемым фактором, ограничивающим вариативность конструктивных исполнений защитного корпуса.

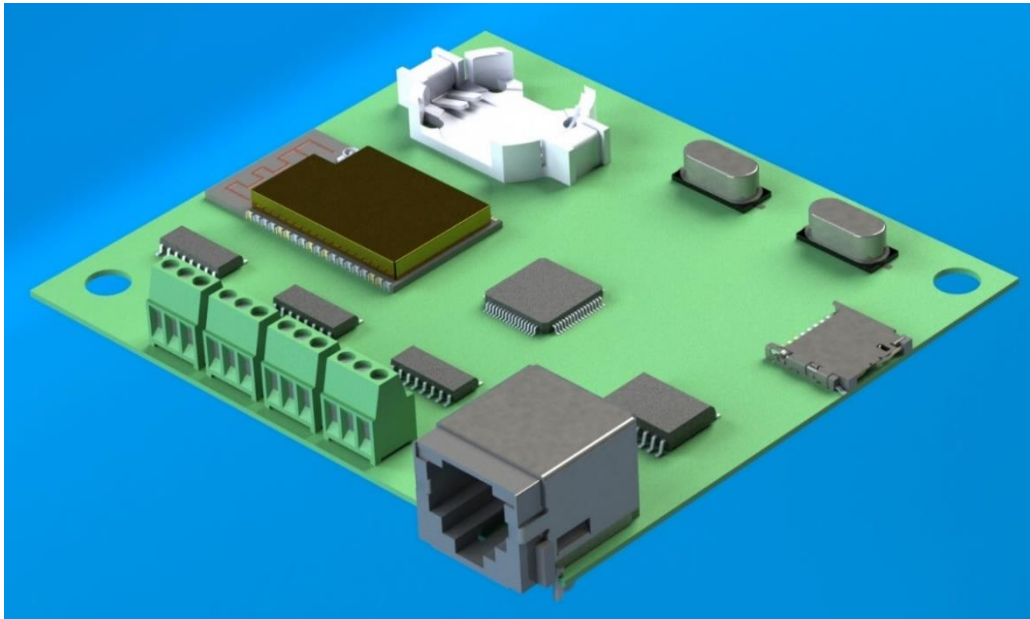
Для обеспечения функционального назначения мобильной солнечной электростанции печатный узел системы управления состоит из следующих основных элементов: микроконтроллера, модуля GPS, модуля WiFi, модуля RS485.

При разработке принципиальной электрической схемы критерием выбора элементной базы являлись поверхностный монтаж компонентов, минимальные значения потребляемой электрической мощности, надёжность и электрическая совместимость компонентов.

Топология печатного узла блока управления выполнялась при помощи САПР Altium Designer в два этапа: размещение конструктивных элементов и трассировка электрических связей между ними.

Для решения данной задачи конструкция разрабатывалась с учётом особенностей печатного монтажа (поверхностный монтаж) и субтрактивного метода изготовления двухслойной печатной платы. С учётом рекомендаций стандарта проектирования печатных плат IPC-2221 Association Connecting Electronics Industries [3].

При помощи коллаборации eCAD системы AltiumDesigner и CAD системы SolidWorks разработана твердотельная модель печатного узла блока автоматического управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей, что позволило провести частотный анализ, а также анализ тепловых потоков, возникающих при функционировании блока управления в требуемых условиях эксплуатации. Совместное применение САПР обеспечило оперативный обмен и контроль разработанных вариантов конструкций. На основе созданной в Altium Designer модели печатного узла при помощи САПР SolidWorks была разработана его твердотельная модель (рис. 1).



*Рис. 1. Твёрдая модель печатного узла*

Разработка защитного корпуса блока автоматического управления производилась при помощи САПР SolidWorks. Конструкция разрабатывалась методом «сверху вниз», что позволило сделать компактный корпус, обеспечивающий размещение следующих элементов:

- драйверов шаговых двигателей;
- печатного узла управления;
- контроллера заряда и управления солнечных батарей.

Моделирование тепловых режимов эксплуатации блока автоматического управления проводилось при помощи инженерного анализа методом конечных объёмов CAE модуля Flow Simulation САПР SolidWorks.

Для определения максимальной температуры нагрева корпуса были проанализированы зоны рабочих температур компонентов, расположенных в защитном корпусе блока автоматического управления с учётом величины значения диапазонов рабочих температур для каждого элемента. Анализ температурных диапазонов эксплуатации элементов блока управления показал, что максимально допустимая температура нагрева элементов в защитном корпусе не должна превышать 85 °С. Это обусловлено величиной критической температуры эксплуатации транзисторного коммутатора ULN2003.

Для моделирования тепловых потоков была разработана твёрдая модель блока системы управления.

Конфигурация защитного корпуса учитывает, что рассеивание тепла, выделяющегося при функционировании электронного устройства в спокойном воздухе (без принудительного охлаждения), обеспечивается тепловыми конвекционными потоками окружающей среды.

Для обеспечения аэродинамического обтекания конвекционными потоками окружающего воздуха верхняя часть корпуса имеет плавное расширение.

Для проведения имитационного моделирования внутренних тепловых полей, твердотельная модель была упрощена путём удаления высокополигональных элементов конструкции, которые не влияют на температурные потоки, однако значительно увеличивают сложность и время компьютерных расчётов.

Были заданы параметры окружающей среды, воздействующие на блок управления, соответствующие климатическому исполнению В1 по ГОСТ 15543.1-89 «Изделия электротехнические и другие технические изделия». Предельное рабочее значение температуры воздуха – +60 °С, относительная влажность – 98 %, верхнее рабочее значение давления воздуха 106,7 кПа.

Основным тепловыделяющим элементом являются драйверы шаговых двигателей суммарной мощностью 90 Ватт.

Было определено, что температура поверхности лимитирующего элемента (транзисторный коммутатор) составляет 90° С и превышает допустимые эксплуатационные значения.

Анализ графа распространения тепла показал, что максимальная передача и рассеивание тепла (до 55 Ватт) происходят через верхнюю стенку корпуса. Поэтому для снижения температуры внутри корпуса целесообразным является увеличение площади рассеивания тепла на верхней поверхности защитного корпуса. Для этих целей наиболее рациональным является применение рёбер охлаждения.

Результаты исследования тепловых потоков и тепловых полей защитного корпуса, оборудованного дополнительной площадью рассеивания тепла (рис. 2), показали снижение температуры нагрева элементов до 72 °С при условии движения окружающей среды 1 м/с. В спокойном воздухе (скорость воздуха 0 м/с) максимальный нагрев составляет 78 °С.

С учётом проведённых исследований разработана уточнённая твердотельная модель блока автоматического управления оптимизированной конфигурации (рис. 3). Наличие модели существенно упрощает разработку рабочей конструкторской документации для изготовления реального объекта исследований.

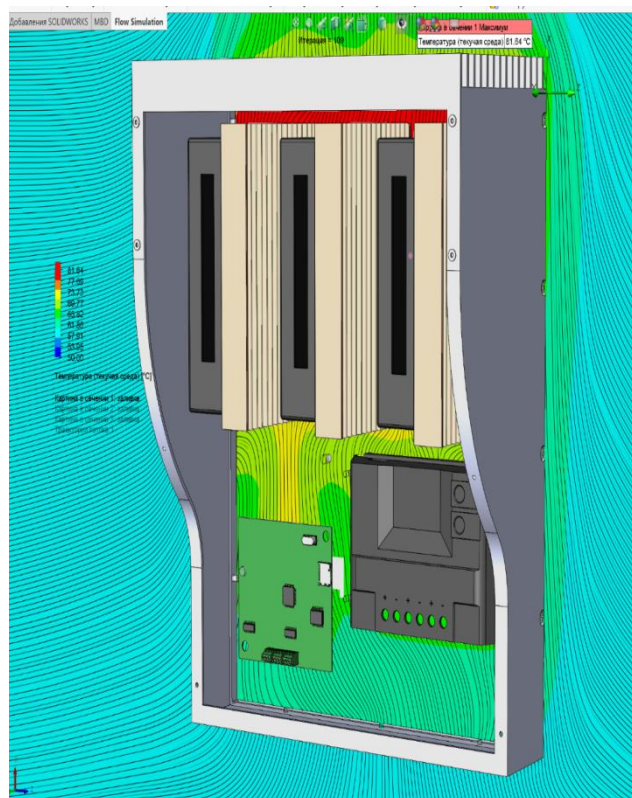


Рис. 2. Тепловые потоки при эксплуатации

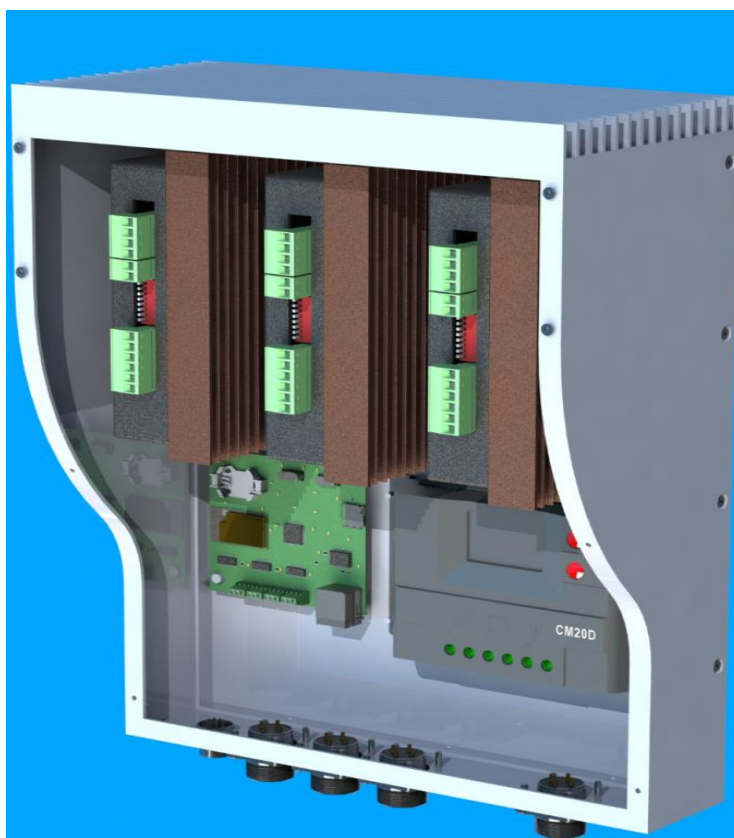


Рис. 3. Твердотельная модель блока автоматического управления фотоэлектрических преобразователей

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана конструкция блока управления двухосевым позиционированием фотоэлектрических преобразователей для эксплуатации в условиях климатического исполнения В1 и степени защиты IP66.

#### Литература

1. Савёлов, П. И. Разработка конструкции мобильной солнечной электростанции / П. И. Савёлов, Ю. Е. Лившиц // Доклады БГУИР. – 2020. – Т. 18. – № (3). – С. 57-62.
2. Савёлов, П. И. Система управления мобильной солнечной электростанцией / П. И. Савёлов, Ю. Е. Лившиц // Приборостроение-2020: материалы 13-й Международной научно-технической конференции. – Минск, 2020. – С. 104-106.
3. IPS-2221A Generic Standard on Printed Board Design / Под ред. ЗАО Предприятие Остек. – 2003. – Р. 140.

УДК 004

#### **Направления цифровизации атомной отрасли**

Труфанов Андрей Валерьевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*В статье рассмотрено влияние информатизации на современное общество. Дается определение понятия «цифровизация», а также анализируются инструменты цифровизации общества. Исследуется процесс осуществления цифровизации атомной отрасли в РФ.*

Благодаря информатизации большого числа областей человеческой деятельности, современное общество перешло в совершенно новый этап своего развития, это проявилось в росте техносферы и полного изменения производственного процесса за счет процессов автоматизации и роботизации производства, а также обновлении его ресурсной базы посредством использования универсальной системы знаний. С учётом этих изменений современный мир представляет собой сложное по своей структуре пространство глобальных информационных технологий. В наши дни ценность информации сильно возросла, и

информация стала на одну ступень с такими ресурсами, как деньги, кадры, образование и другие факторы производства.

В связи с развитием цифровых технологий, интегрированных информационных систем, а также систем аналитики и их широким распространением в сфере телекоммуникаций начался процесс цифровизации.

Цифровизация – это новый этап в развитии информатизации, который заключается во внедрении современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства. Оцифрованные данные используются для упрощения и оптимизации бизнес-процессов [1].

Процесс цифровизации появился во время четвёртой промышленной революции, которая представляла собой переход на полностью автоматизированное цифровое производство, которое управляется при помощи интеллектуальных систем в режиме реального времени, находясь в постоянном взаимодействии с внешней средой, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть.

Кардинальным отличием I4.0 от предыдущих промышленных революций является то, что она базируется не на одной технологии, а на их объединении, то есть представляет собой совокупность данных и методов их обработки. Также при помощи объединения инструментов и процессов из разных прикладных областей достигается уменьшение общих затрат, снижение рисков и повышение эффективности благодаря внедрению киберфизических систем на основе следующих ключевых технологий [2]:

#### 1. Большие данные (Big Data).

Под термином «большие данные» подразумевают анализ больших объёмов информации с разнообразным составом, которая постоянно обновляется и находится в разных источниках с целью повышения эффективности работы и создания новых продуктов для повышения конкурентоспособности.

Ярким примером Big Data может служить непрерывно поступающая информация с датчиков или устройств аудио- и видеорегистрации, а также новые потоки сообщений из соцсетей, метеорологических данных и координат геолокации абонентов сотовой связи.

Данное направление информационных технологий начало активно развиваться с 2008 года. Впервые его употребил редактор журнала Nature Клиффорд Линч. Он рассказывал про взрывной рост объёмов мировой информации и отмечал, что освоить их помогут новые инструменты и более развитые технологии. В наши дни существует большое количество методов и комплексных программных продуктов, которые позволяют обрабатывать большие потоки постоянно обновляющейся информации.

Примерами источников информации, для которых необходимы методы работы с большими данными, могут служить:

- информация с многочисленных городских IP-видеокамер;
- GPS-сигналы от автомобилей для транспортной компании;
- информация обо всех покупках в крупной розничной сети;
- информация о транзакциях всех клиентов банка;
- информация с датчиков большого производства, оборудованного технологией промышленного Интернета и так далее [3].

2. Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – концепция передачи данных по сети между физическими объектами, оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [3, 9]. Устройства, которые входят в Интернет вещей, могут отслеживаться и/или управляться на расстоянии.

По данным на конец 2020 года, к интернету вещей в мире было подключено 11,9 млрд устройств, а через пять лет эта цифра вырастет до 33 млрд.

К последним тенденциям в области промышленного интернета вещей относятся следующие положения:

- цифровые близнецы (Digital Twin) – это принцип, в ходе которого физические устройства получают свой виртуальный аналог. Цифровые двойники возникли в результате слияния концепции «цифрового производства» и Промышленного Интернета Вещей (IIoT). В частности, компании ABB и Festo создали цифровых близнецов своего программно-аппаратного обеспечения в соответствии со стандартом «Оболочка администрирования активов (Asset administration shell, AASX)» платформы I4.0, что обеспечивает стандартизированные способы быстрого соединения и анализа данных из различных источников;

- перспективы внедрения нового стандарта мобильной связи 5G на рынок IoT позволит обеспечить быструю передачу данных с минимальными задержками и сбоями, а также позволит подключить еще больше устройств;

- «коботизация» (от англоязычных слов collaborative robots), процесс, в ходе которого роботы становятся все более доступными, мобильными и интегрированными с другими устройствами и вариантами использования (use-cases). В отличие от промышленных роботов, коботы имеют небольшие размеры, более подвижны и оснащены дополнительными датчиками, чтобы контролировать перемещения людей и не причинить им вреда. Многие ведущие производители роботов (ABB, Fanuc, Kuka и другие) сочетали коботов с другими технологиями Industry 4.0, такими как автомобили с автономным управлением (мобильные роботы для совместной работы), машинное зрение для, например, идентификации деталей и аддитивного производства (специальные захваты в промышленных роботизированных станках) [3].



3. Облачные вычисления (Cloud Computing) – компьютерная модель, которая позволяет осуществлять удобный сетевой доступ по запросу к некоторой базе конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, серверам, сетям передачи данных, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам), которые могут быть оперативно представлены пользователю и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами; для выполнения таких проектов и используется интернет-сервис. Эта концепция характеризуется совместным использованием ресурсов, программного обеспечения и информации.

4. Методы и инструменты искусственного интеллекта (Artificial Intelligence), в т. ч. Машинное обучение (Machine Learning).

Выделяются две научные школы с разными подходами к проблеме ИИ: вычислительный ИИ и конвенционный ИИ. В конвенционном ИИ главным образом используются методы машинного самообучения, основанные на формализме и статистическом анализе. Вычислительный ИИ подразумевает итеративную разработку и обучение. Обучение основано на эмпирических данных и ассоциируется с несимвольным ИИ и нечеткими системами.

5. Блокчейн (blockchain) – это реестр децентрализованных данных, которыми можно безопасно обмениваться. Информация в нём хранится в виде цепочки блоков. В каждом из блоков записано определенное число транзакций.

Распространение и активное развитие цифровых технологий оказывает влияние на все ключевые области экономики и социальной сферы. Процесс цифровизации имеет самый широкий охват отраслей и организаций, от наиболее передовых по уровню внедрения цифровых технологий (например, финансовые услуги) до более консервативного реального сектора. Использование цифровых технологий в образовательной сфере, включая подготовку персонала предприятий атомной отрасли, позволяет эффективно развивать цифровые компетенции работников, способствует динамичному внедрению современных информационных технологий в производственные процессы [10-13].

В нашей стране сегодня широко обсуждаются меры государственной политики, направленные на цифровую трансформацию наиболее значимых отраслей экономики и социальной сферы. В рамках реализации Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» Правительством РФ сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [4].

Одним из центров цифровизации экономики стала Госкорпорация «Росатом». Ключевой задачей, поставленной руководством страны перед отраслью, является разработка новых подходов по использованию информационных технологий для оптимизации процессов в атомной отрасли. Для достижения этой цели изучаются сквозные технологии, которые обрабатываются в центре компетенций.

Цифровая стратегия в атомной отрасли основывается на трех ключевых блоках. Первый блок – это собственная цифровизация. С её помощью предприятия и структуры Росатома получают новый толчок для развития, а в свою очередь госкорпорация как управляющий субъект получит новые преимущества, например повышение производительности труда. Второй блок – это создание цифровых продуктов, которые можно продавать на рынке, особый акцент при этом делается на торговлю за рубежом. И третий блок – это участие госкорпорации и ее предприятий в программе «Цифровая экономика Российской Федерации».

В 2019 году госкорпорация «Росатом» создает в своей структуре компанию «Цифрум», которая будет отвечать за цифровизацию российской атомной отрасли [5]. Частное учреждение «Цифрум» входит в структуру Государственной корпорации «Росатом» в качестве центра цифровых компетенций.

Выступая в качестве интегратора компетенций, «Цифрум» аккумулирует и развивает компетенции в области сквозных цифровых технологий, в том числе по следующим направлениям:

- новые производственные технологии («Цифровое производство»);
- технологии «Умного города»;
- большие данные и промышленный «интернет вещей»;
- искусственный интеллект, машинное обучение и предиктивная аналитика;
- квантовые вычисления (совместно с Российским квантовым центром);
- виртуальная и дополненная реальность и др. [6].

Стратегия направлена на создание передовых цифровых продуктов и повышение их конкурентоспособности, в том числе на мировых рынках, а также на содействие развитию государственной программы «Цифровая экономика». Генеральный директор «Росатома» Алексей Лихачев выделил важные для «Росатома» позиции – сквозные технологии, связанные с интернетом, промышленным интернетом и интернетом вещей, большими данными (Big Data), а также аддитивные технологии, облачные вычисления, технологии управления сложными инженерными объектами, искусственный интеллект и решения для информационной безопасности.

На данный момент госкорпорация «Росатом» работает над созданием новой единой цифровой платформы, которая в будущем сможет объединить экосистемы заказчиков, поставщиков, государственных органов РФ и международных организаций.

Технология базы данных распределённого реестра, известная как блокчейн, является одной из наиболее перспективных с точки зрения повышения надежности и безопасности энергетической отрасли.

По своей структуре блокчейн представляет собой цепь блоков информации, последовательно связанных между собой. Такая информация хранится на множестве компьютеров одновременно. К этой цепи непрерывно присоединяются новые блоки, которые содержат упорядоченную информацию о проведенных операциях – транзакциях. После формирования определенного количества операций, один из пользователей объединяет их в блок информации и пытается присоединить к цепи. Этот блок проверяется всеми остальными участниками сети. После того как блок будет одобрен, он становится частью цепи. Такой блок помимо новой информации в зашифрованном виде хранит в себе данные и о предыдущих блоках, а эти данные одновременно обновляются на всех участвующих в цепи компьютерах. При этом каждый из участников цепи имеет к ней доступ и может наблюдать за всеми происходящими операциями [7].

Концерн «Росэнергоатом» (входит в Электроэнергетический дивизион Госкорпорации «Росатом») в рамках V Международного форума по технологиям блокчейн, криптовалютам и технологиям майнинга на фестивале Blockchain Life, который прошел в 2020 году в г. Москве, представили зрителям проект создания инфраструктурных площадок, которые будут подключены к объектам энергетики из атомной отрасли, а также другим крупным объектам инфраструктуры энергетической отрасли.

Первая площадка проекта – ЦОД «Калининский», с подведенной мощностью 32 МВА – предназначена для размещения ИТ оборудования в собственных контейнерных центрах обработки данных (ЦОД) коммерческими клиентами, разработанных с учетом требований «Росэнергоатома» в части надежности и безопасности (в частности, с использованием систем газового пожаротушения, безопасных для оборудования). Проект был признан лучшим в номинации «Проект года 2019» по итогам Национальной премии «ЦОДы.РФ» [8].

#### Литература

1. Хомякова, С. С. Трансформация и закрепление термина «цифровизация» на законодательном уровне / С. С. Хомякова // Молодой ученый. – 2019. – № 41(279). – С. 9-12: [сайт] – URL: <https://moluch.ru/archive/279/62867/> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.

2. КУРСЫ ШКОЛЫ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: [сайт] – URL: <https://www.bigdataschool.ru/blog/industry4-iiot-trends.html> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
3. Введение в «Цифровую» экономику / А. В. Кешелава В. Г. Буданов, В. Ю. Румянцев [и др.]. – ВНИИГеосистем, 2017. – 28 с.: [сайт] – URL: [http://www.digital-economy.ru/easyblog\\_articles/355/1-journal.pdf](http://www.digital-economy.ru/easyblog_articles/355/1-journal.pdf) (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
4. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации: [сайт] – URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
5. Росатом создаст компанию по цифровизации атомной отрасли: [сайт]. – URL: <https://ria.ru/20190311/1551685072.html> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
6. Частное учреждение по цифровизации атомной отрасли «Цифрум» (частное учреждение «Цифрум»): [сайт]. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/CIFRUM/experts> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
7. Проблемы ядерной, радиационной и экологической безопасности: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sovremennyh-tsifrovyyh-tehnologiy-dlya-povysheniya-bezopasnosti-i-nadezhnosti-atomnoy-energetiki-s-tochki-zreniya> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
8. Департамент коммуникаций АО «Концерн Росэнергоатом»: [сайт]. – URL: [https://rosatom.ru/journalist/news/rosenergoatom-predstavil-proekt-sozdaniya-infrastrukturnykh-ploshchadok-na-forume-blockchain-life-20/?sphrase\\_id=1782477](https://rosatom.ru/journalist/news/rosenergoatom-predstavil-proekt-sozdaniya-infrastrukturnykh-ploshchadok-na-forume-blockchain-life-20/?sphrase_id=1782477) (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
9. Панкратов, А. А. Интернет вещей как приоритетное направление развития цифровых технологий / А. А. Панкратов, И. А. Штырова // Сборник трудов III Международной Научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 278-283.
10. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry // O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] // Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – Procedia Computer Science». – 2020 – V. 169. – Pp. 430-434.
11. Виштак, О. В. Использование технологии виртуальной реальности для подготовки персонала атомной станции / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Тезисы докладов XIII

Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики» – AtomFuture-2017. – 2018. – С. 104-106.

12. Виштак, О. В. Цифровизация расчетов строительных конструкций зданий и сооружений / О. В. Виштак, И. А. Штырова, Я. А. Глебова // Тезисы докладов XV Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики» – AtomFuture-2019. – 2020. – С. 122-124.

13. Штырова, И. А. Применение технологии распознавания образов для предотвращения террористических актов / И. А. Штырова, Д. С. Дружин // Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций. – 2020. – С. 118-121.

УДК 004.773.5

### **Построение ячеистых сетей на основе протокола Bluetooth**

Хмара Полина Владимировна, студент специальности

«Управление качеством»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»;

Агабегов Давид Тажирович, студент специальности

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Проведено исследование Mesh-сетей с помощью мобильного приложения Briar и моделирования сетевой инфраструктуры в программе CiscoPacketTracer.*

Наиболее отказоустойчивой топологией компьютерной сети является ячеистая сеть (meshnetwork). Это такие компьютерные сети, которые строятся по принципу соединения «каждый к каждому». Эта сеть состоит из устройств, связанных напрямую друг с другом. Подключенные станции сети соединяются между собой и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных участников. Использование ячеистой топологии позволяет получить отказоустойчивую структуру достаточно дорогую, сложную в монтаже и настройке. При этом создание и использование беспроводных ячеистых сетей лишено

большинства недостатков проводных сетей. Построение самоорганизующейся беспроводной ячеистой сети позволит обмениваться информацией в случае отсутствия несущего сигнала [1].

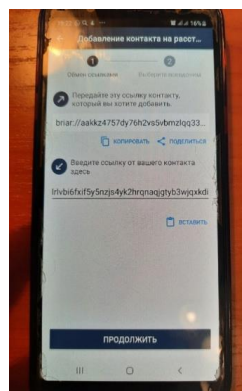
Цель работы: построить отказоустойчивую сеть на основе смартфонов, использующих протокол Bluetooth.

Методика выполнения: используются телефоны марки Samsung, программное обеспечение Briar для построения meshnetwork, CiscoPacketTracer – для эмуляции компьютерной сети. На телефоны устанавливается ПО, проверяется режимы работы в зависимости от расстояния, погодных условий, физических препятствий. Проводится ранжирование.

Для создания ячеистой сети будет использовано приложение Briar, которое было установлено на два мобильных устройства на базе Android. После создания учетной записи (номер или почту вводить не понадобилось) начинаем добавлять «друзей» – других пользователей (рис. 1а).

Аутентификация производится при помощи открытого ключа, передаваемого при помощи QR кода или e-link, при соединении на небольшом расстоянии используется Bluetooth, при подключении на большие расстояния применяется TOR [2].

Проведена проверка обоих вариантов аутентификации. Первый – сканирование QR-кода (рис. 1б), второй – добавление по ссылке (рис. 1в), если человек вне зоны досягаемости. Все наши действия мы проводили, специально отключив передачу данных.



а

б

в

Рис. 1. Работа в Briar:

а – добавление контакта поблизости; б – добавление контакта по QR-коду;

в – Добавление контакта на расстоянии по ссылке; г – процесс общения

Добавить контакт по QR-коду не составило труда. А вот присоединить контакт по ссылке без подключения к сети Интернет не получилось. После подключения всех устройств поблизости можем организовать чат, который показан на рис. 1г.

Сообщения отправляются быстро на расстоянии до 60 метров без препятствий. При возникновении препятствия в виде стен скорость и дальность сообщений снижается (табл. 1). Так, сообщения почти не доходят до адресата сквозь 6 стен (5 комнат).

Таблица 1

Зависимость дальности передачи данных от препятствий

Критерии	Дальность	Количество препятствий (стен)	Передача
1	60	0	Есть
2	30	3	Слабая
3	40	6	Нет

При изменении погодных условий изменяется скорость и дальность передачи данных, пакеты сообщений передаются медленней, хоть и на доли секунд. А вот дальность в тумане меняется сильно.

Таблица 2

Зависимость передачи данных от тумана

Критерии	Дальность, м	Туман, видимость, км	Передача
1	40	7-9	Есть
2	40	1-2	Слабая
3	40	0,2 -1	Очень слабая, почти нет



а

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.0.100

Pinging 192.168.0.100 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.0.100: bytes=32 time=65ms TTL=128
Reply from 192.168.0.100: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.0.100: bytes=32 time=53ms TTL=128
Reply from 192.168.0.100: bytes=32 time=36ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 8ms, Maximum = 65ms, Average = 40ms
C:\>
    
```

б

Рис. 2. Передача ICMP пакета:

а – схема в программе CiscoPacketTracer; б – отправление пакетов

При отправке сообщений в диалоге доставленные данные отмечаются двумя галочками, при просмотре они меняют цвет.

Схематично изобразим данную связь в программе CiscoPacketTracer [3], как показано на рис. 2а. Тут же передадим пакет сообщения (рис. 2б).

В итоге идея сети без интернета, коммутаторов и серверов вызывает большой интерес. Но основной минус такой сети – низкая дальность. Но в условиях ЧС или отсутствия интернета можно в радиусе до 60 м передавать сообщения и даже фотографии – это плюс.

Выводы: была рассмотрена Mesh-сеть на примере приложения Briar. Была рассмотрена сетевая инфраструктура Mesh-сети в программе CiscoPacketTracer, на логическом уровне произведено моделирование работ Mesh-сети в режимах симуляции и реального времени в приложении Briar.

#### Литература

1. Блог Энди Старикова: [сайт]. – URL: <https://caexpert.ru/laboratornaya-rabota-7-cisco-packet-tracer-dobavlenie-ustrojstv-iot-v-set.html> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.
2. Михаил Елкан: [сайт]. – URL: <http://net-w0rk.blogspot.com/2017/12/blog-post.html> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
3. Александр Берестов: [сайт]. – URL: <http://arekusander.blogspot.com/2017/12/cisco-packet-tracer-7.html> (дата обращения 18.10.2021). – Текст: электронный.
4. Блог Степана Петрова: [сайт]. – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-280-marshrutizatoryi/44996-chto-takoe-mesh-i-kak-eto-rabotaet/> (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.
5. Блог компании TP-Link: [сайт]. – URL: <https://www.tp-link.com/ru/mesh-wifi/> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.4

### **Проектирование программного модуля информационной системы организации здравоохранения**

Шагиев Руслан Равилович, студент направления  
«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,  
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

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

*Разработка и внедрение в медицинскую практику информационных систем – важный аспект работы учреждений здравоохранения, так как их внедрение способствует организации работы медицинского персонала максимально эффективно и рационально. Современные медицинские учреждения ежедневно накапливают и используют большой объем информации о пациентах, организации лечебных процессов. От оперативного*



*использования достоверной информации врачами, управляющими органами зависит уровень медицинской помощи, поэтому использование растущих объёмов информации для решения важных задач в сфере медицины должно быть организовано оперативно и своевременно, что обуславливает цифровизацию всех процессов в медицинских учреждениях.*

Эффективность работы учреждений здравоохранения является главной стратегической государственной задачей. Целью медицинского учреждения является качественное оказание услуг в сфере здравоохранения, обеспечение оптимальной доступности медицинской помощи для населения, снижения смертности и т. д. Достижение поставленных целей конкретного государства положительно скажется на социально-демографическом развитии страны, продолжительности жизни и улучшении здоровья населения [1].

В данной статье рассматривается одно из самых крупных медицинских учреждений в г. Балаково, объединяющее поликлинику, многопрофильный стационар, консультативно-диагностический центр «ФГБУЗ СМЦ ФМБА России». Данное предприятие оказывает разные виды медицинской помощи. Основными задачами МСЧ являются:

- ✓ медицинское обеспечение деятельности органов внутренних дел Российской Федерации;
- ✓ руководство деятельностью медицинских подразделений МСЧ, их методическое обеспечение;
- ✓ решение лечебно-диагностических, профилактических, реабилитационных, экспертных и координационных задач;
- ✓ предоставление услуг гражданам, прикрепленным к учреждению для медицинского обслуживания;
- ✓ организация медицинского освидетельствования и военно-врачебной экспертизы граждан;
- ✓ организация работы по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия среди личного состава ГУ, пенсионеров МВД России.

IDEF0 – графическая нотация и методология функционального моделирования, предназначенная для описания и формализации бизнес-процессов. Главной особенностью IDEF0 является её выделение соподчинённости объектов.

Средства IDEF0 помогают облегчить передачу информации от одного объекта модели к другому. Информация поступает из разных источников: из документов, от людей.

Информация используется для создания модели, а восприятие информации помогает разработчику построить наиболее точную модель.

Контекстная диаграмма исследуемого процесса представлена на рис. 1.

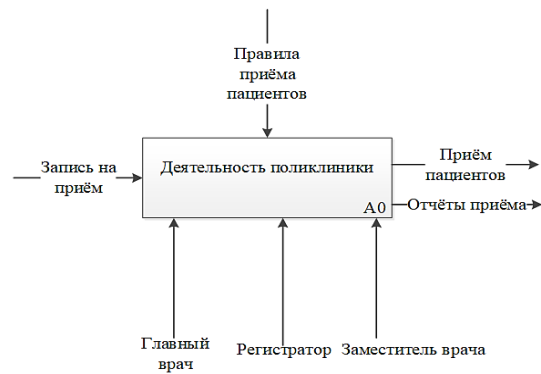


Рис. 1. Контекстная диаграмма AS-IS

По диаграмме видно, что на вход подаётся запись на приём. В качестве элементов управления выступают правила приёма пациентов. В качестве элементов управления выступают главный врач, регистратор, заместитель врача. На выходе система получает приём пациентов и отчёты приёма.

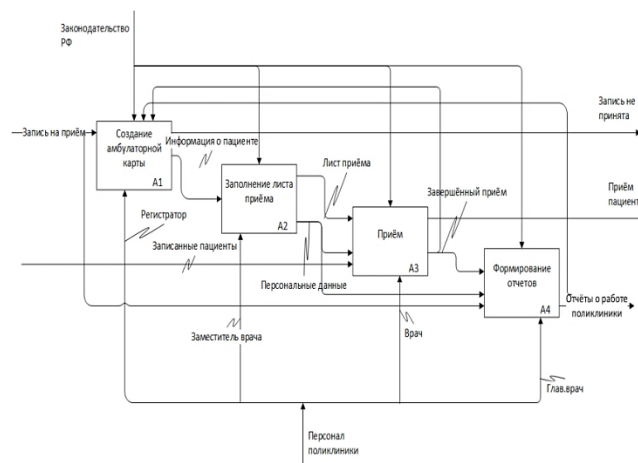
Следующим шагом составления функциональной модели является декомпозиция контекстной диаграммы.

В процессе своей деятельности на поликлинику оказывают управляющее воздействие законы и законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 27.12.2019, с изм. от 13.01.2020) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.01.2020).

Диаграмма декомпозиции представлена на рис. 2.

Вначале происходит подача заявки на приём к врачу, которая либо принимается и переходит дальше, либо отклоняется. Если пациент попадает на приём, то регистратор занимается созданием амбулаторной карты пациента. Затем на приёме заместитель врача заполняет лист приёма. Далее происходит приём, который ведёт врач. Вся информация попадает к главному врачу, который составляет отчёты о работе поликлиники.

Выходом из всех этих блоков будут приём пациентов и отчёты о работе поликлиники. Все эти процессы осуществляют, руководствуясь стандартами и регламентами о работе медицинского учреждения.



*Рис. 2. Диаграмма декомпозиции*

При создании программного модуля информационной системы медсанчасти проанализируем имеющиеся информационные системы, реализующие работу с пациентами. На российском рынке существует несколько популярных решений для системы здравоохранения, описание которых представлено далее:

«БАРС.Мед» – единое информационное пространство для административных, лечебно-диагностических и финансово-экономических процессов медицинского учреждения, которое обеспечивает выполнение основных функций:

- ✓ обеспечивает полный электронный документооборот;
- ✓ обеспечивает формирование статистической и аналитической отчетности;
- ✓ обеспечивает электронное сопровождение процесса оказания медицинских услуг на всех этапах, включая дистанционную запись к врачу, ведение электронных медицинских карт, управление потоками пациентов;
- ✓ работа пользователей в системе осуществляется в режиме тонкого клиента через Web-браузер, функционирующего в различных операционных средах – Microsoft Windows, Mac OS, Unix (Linux);
- ✓ разделена на серверную и пользовательскую;
- ✓ встроенные механизмы расширения функционала системы позволяют при внедрении готового продукта провести дополнительные настройки для конкретного заказчика;
- ✓ мониторинг ключевых показателей и возможность оперативного формирования любой отчетной документации;
- ✓ работа с документами и финансами;
- ✓ детальный учет затрат по каждому пациенту, включая расходы на услуги;
- ✓ предварительный расчет стоимости лечения на основе стандартов заболеваний;

✓ формирование всех платежных документов, учет оплаты в кассе и по безналичному расчету.

«Парус» – российская консалтинговая компания, работающая на рынке управленческого, стратегического и информационного консалтинга с 2006 года, преимущественно в сфере государственного управления – в интересах федеральных, региональных и муниципальных органов власти, а также государственных и муниципальных учреждений. Информационная система «Парус» обеспечивает:

✓ учет договоров на медицинское обслуживание и взаиморасчетов с физическими лицами, организациями и страховыми компаниями;

✓ учет прикрепления/открепления пациентов, обслуживаемых по договорам с физическими лицами и организациями, по квотам ВМП (высокотехнологичная медицинская помощь), территориальной программе ОМС (обязательное медицинское страхование), ДМС (добровольное медицинское страхование), контроль доступных прикрепленным пациентам медицинских программ и услуг;

✓ планирование графиков и ведение расписания работы врачей, кабинетов и установок с выводом расписания на информационные табло учреждения;

✓ контроль и распределение потока пациентов по специалистам, ведение предварительной записи на прием с возможностью самостоятельной записи пациентами через сайт;

✓ ведение медицинской картотеки пациентов с возможностью поиска и проверки полисов ОМС в ЕРЗЛ (единый реестр застрахованных лиц) и считывания данных с электронных полисов ОМС;

✓ формирование документов (карты, направления, талоны, медицинские документы врачей, счета) с применением штрих-кода для ускорения их поиска и обработки;

✓ учет вызовов скорой медицинской помощи, формирование листков временной нетрудоспособности, свидетельств о смерти, учет в бюро пропусков;

✓ учет фактов оказания медицинских услуг с ведением всех медицинских записей в ЭМК пациента (приемы, осмотры, протоколы операций, назначения, эпикризы), при этом ЭМК уже содержит готовые шаблоны врачебных записей по различным специальностям и нозологиям;

✓ формирование плана обследования и лечения с возможностью контроля соответствия лечебного процесса медико-экономическим стандартам (МЭС);

✓ учет направлений на консультирование, диагностику, лечение, учет результатов диагностики и лабораторных исследований;

- ✓ планирование и учет входных и периодических осмотров, углубленных медосмотров для спортсменов, профосмотров, диспансеризаций, вакцинаций;
- ✓ планирование госпитализации пациентов с проверкой необходимого перечня анализов, ведение расписания операций с контролем занятости врачей в операционных бригадах;
- ✓ автоматическое резервирование медикаментов на складе по назначениям врача, формирование требований на выдачу лекарственных препаратов для пациентов по назначениям врачей постовым медсестрам;
- ✓ мониторинг движения больных и коечного фонда, учет размещения пациентов на койках в отделениях стационара с визуализацией схемы размещения для постовых медсестер.

Вышеописанные информационные системы, так или иначе автоматизируют задачи общения с пациентами. Но для коммерческих подразделений медицинского учреждения целесообразна разработка и внедрение программного модуля для работы с пациентами, поэтому актуальна разработка и внедрение программного модуля, реализующего следующие функции:

- ✓ ведение электронных карт;
- ✓ распределения пациентов между специалистами;
- ✓ управление контактами;
- ✓ управление процессом оказания платных медицинских услуг;
- ✓ оценка эффективности управления платной деятельностью.

Анализируя диаграмму IDEF0, было принято решение о внедрении информационной системы для упрощения хранения данных о пациентах. Каждый новый пациент поликлиники заводит пластиковую карточку, которая хранит ключ к электронным данным о пациенте, таким как история болезни, выписанные рецепты, и больничные листы. При обращении к врачу считывается ключ к данным пациента и производится запрос к базе данных. Во время приема пациента врач руководствуется данными электронной карточки, вносит туда новые сведения, выписывает рецепт и больничный лист в электронной форме.

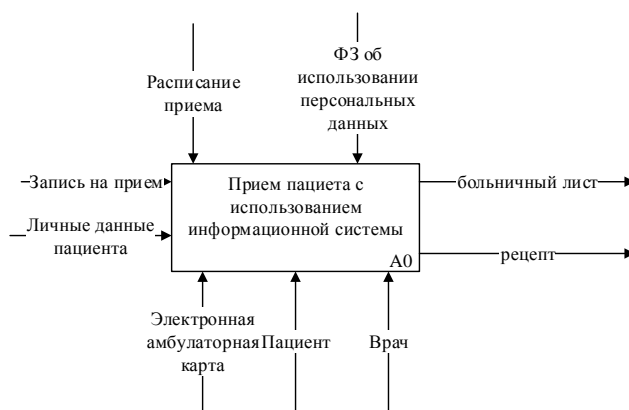


Рис. 3. Контекстная диаграмма

С юридической стороны для хранения, сбора и работы с данными пациента, необходимо его письменное согласие на обработку персональных данных. Контекстная диаграмма процесса приема пациента с использованием информационной системы представлена на рис. 3.

Общая схема декомпозиции модели ТО-ВЕ представлена на рис. 4.

Если пациент обращается впервые, то составляется договор на оформление пластиковой карты, пациент подписывает соглашение об обработке персональных данных. Если пациент уже имеет карточку, то данный этап пропускается.

В процессе декомпозиции процесс был разбит на несколько подпроцессов. Сначала пользователь записывается на прием. Затем во время явки пациента в указанное время считывается цифровой ключ с пластиковой карточки, и врач получает доступ к данным пациента базы данных электронных карт, которыми руководствуется во время приема. На выходе врач оформляет больничный лист и рецепт в электронной и/или бумажной форме.

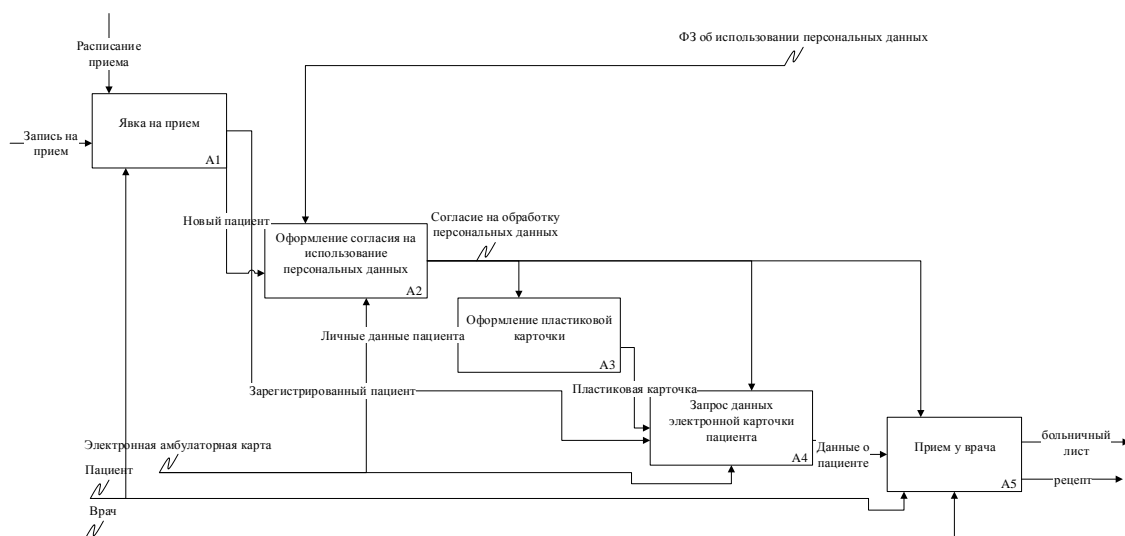


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции

Очевидно, что программный модуль информационной системы должен быть взаимосвязан со всеми подсистемами информационной системы «ФГБУЗ СМЦ ФМБА России». Таким образом, актуальность цифровой трансформации медицинских учреждений очевидна. Разрабатываемое программное обеспечение для «ФГБУЗ СМЦ ФМБА России» позволит пациентам записаться к врачу дистанционно, хранить данные истории болезни и истории выписки, что существенно позволит сократить очереди и оптимизировать работу медперсонала.

#### Литература

1. Пырнова, О. А. Внедрение информационных технологий в сферу здравоохранения / О. А. Пырнова, Р. С. Зарипова // Наука и образование: новое время. – 2018. – № 5(28). – С. 132-134.
2. Штырова, И. А. Расширение функциональности информационной системы медицинского учреждения / И. А. Штырова, Н. М. Виштак // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 33-39.
3. Герасимов, Е. М. Программное обеспечение для функционирования медицинских диагностических устройств / Е. М. Герасимов, О. В. Виштак // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 161-164.
4. Черемных, С. В. Моделирование и анализ систем. IDEF0-технологии: практикум / С. В. Черемных. – М: Мир, 2020. – 192 с.

**СЕКЦИЯ 3**  
**«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

УДК 624.042

**Анализ существующих методик расчёта трубобетонных конструкций зданий  
и сооружений**

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,  
заведующий кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Белова Анастасия Сергеевна, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*Данная статья посвящается существующим методикам расчётам трубобетонных конструкций зданий и сооружений. Освещены основные достоинства и недостатки каждого метода, сделан вывод о дальнейшем развитии строительства из сталебетонных изделий.*

Применение конструкций из металлических труб, заполненных бетоном, началось в прошлом столетии. Основной идеей при создании было препятствие развитию коррозии на внутренней поверхности трубчатых колонн. С этой целью в 1902 г. в Париже Джонс Севел провел испытания трубобетонного элемента на действие коррозии. В итоге оказалось, что несущая способность такой конструкции на 25 % выше, чем суммарная несущая способность трубы и бетонного сердечника, испытанных по отдельности [1]. Сейчас трубобетонные конструкции широко используются в Китае, США и в Центральной Европе. В России развитие нового вида композитных материалов находится в стадии разработки, в связи с тем, что нормативная документация для выполнения расчёта появилась сравнительно недавно.

К достоинствам возведения зданий с несущими конструкциями из трубобетона относят сокращение сроков строительства, трудозатрат и экономию материалов, так как обеспечивается уменьшение поперечного сечения, а, следовательно, снижение расхода металла и бетона по сравнению с железобетонными элементами. Целесообразность применения трубобетона характеризуется использованием современных модифицированных высокоподвижных (П-4–П-5) и самоуплотняющихся бетонных смесей, легко перекачиваемых бетононасосами и практически не требующих интенсивного



виброуплотнения. Такие бетонные смеси отличаются быстрым набором критической прочности, что способствует переходу на мало- и безобогревное бетонирование конструкций [2].

К недостаткам нового композитного материала относят сложности обеспечения совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках. Разница начальных значений коэффициентов поперечных деформаций для этих материалов ( $v_s \approx 0,3$  для стали и  $v_b \approx 0,18-0,25$  для квазиупругого бетона) приводит к тому, что материалы работают совместно лишь на первых этапах нагружения. При дальнейшем увеличении нагрузки на поверхности контакта трубы и бетонного сердечника возникают дополнительные растягивающие напряжения радиального направления, и оболочка продолжает работать лишь в качестве внешней арматуры. Решение данной проблемы кроется в усовершенствовании конструкций и их методов производства.

Для углубления в тему рассмотрим используемые в настоящий момент методики расчёта сталетрубобетонных элементов. Согласно работе Л.И. Стороженко «Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций» [3] элементы из сталежелезобетона могут рассчитываться с использованием разных подходов: как железобетонные конструкции с косвенным армированием, с использованием методики приведения бетона к стали, с использованием методики Еврокода 4, а также с использованием других методов.

К 2021 году выделено четыре основные применяемые на практике методики расчёта:

- метод на основе СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» [4];
- «унифицированный» метод Min Yu [5];
- метод, разработанный Min Yu, Xiaoxiong Zha, Jianqiao Ye, Chunyan She, для элементов круглого сечения [5];
- метод Еврокода 4 (EN 1994-1-1) [6].

Разберём поподробнее каждый вид расчёта:

1) Согласно СП 266.1325800.2016 [4] сталежелезобетонные конструкции делят на четыре типа:

- плиты с профилированным настилом (рис. 1а);
- комбинированные балки (рис. 1б);
- железобетонные конструкции с жесткой арматурой (рис. 1в);
- трубобетонные конструкции с внешней стальной оболочкой в виде круглой трубы (рис. 1г).

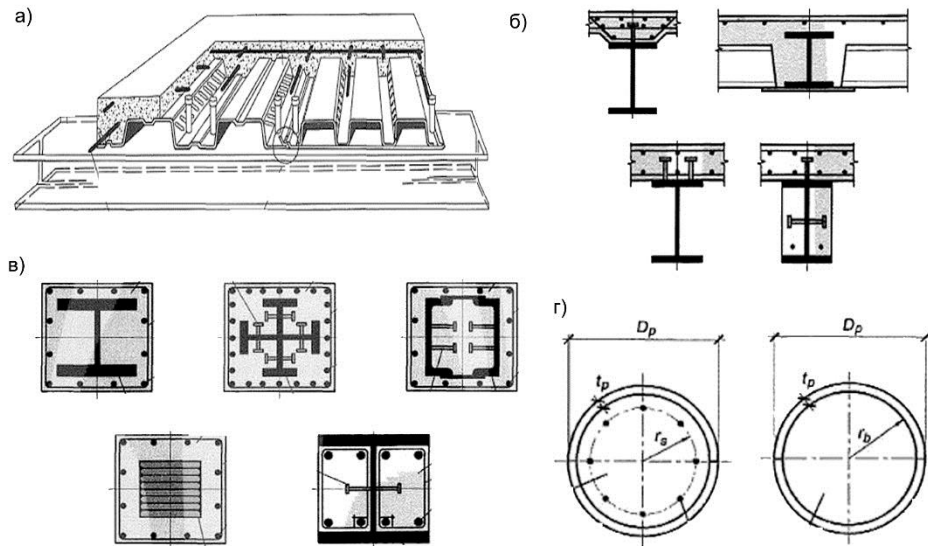


Рис. 1. Типы сталежелезобетонных конструкций

Для каждого типа сталежелезобетонных изделий норматив предполагает свой вид расчёта на прочность, поэтому рассмотрим сжатие только для трубобетонных и железобетонных конструкций с жёсткой арматурой. При расчёте на сжатие обязательно учитывают присутствие эксцентриситета  $e_0$ , который принимают как сумму случайного и эксцентриситетов из статического расчёта. Таким образом, методы основаны на влиянии внецентренного сжатия.

Расчёт по прочности для железобетонных элементов с жёсткой арматурой производят из условия равновесия:  $N \cdot e_1 \leq \gamma_b R_b S_b + \sum \gamma_{c,i} R_{y,i} A_{st,i} y_{st,i} + \sum \gamma_{s,j} R_{s,j} A_{s,j} y_{s,j}$ , где  $N$  — продольная сила от внешней нагрузки;  $e_1 = e_0 \cdot \eta + \frac{h' - a'}{2}$  — эксцентриситет приложения силы относительно центра тяжести;  $\gamma_b, \gamma_{c,i}, \gamma_{s,j}$  — коэффициенты надежности по материалу;  $R_b, R_{y,i}, R_{s,j}$  — расчётные сопротивления бетона,  $i$ -го участка сечения жёсткой арматуры,  $j$ -ого стержня гибкой арматуры;  $S_b$  — статический момент площади сечения сжатой зоны бетона относительно оси;  $A_{st,i}, A_{s,j}$  — площади сечения  $i$ -го участка сечения жёсткой арматуры,  $j$ -ого стержня гибкой арматуры;  $y_{st,i}, y_{s,j}$  — расстояние от арматуры до рассматриваемой оси;

$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}$  — коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба;  $N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2}$  —

условная критическая сила,  $D$  — жёсткость в предельной стадии.

Расчёт по прочности трубобетонных элементов (рис. 2) выполняют из условия равновесия:  $N \cdot e \leq \frac{2}{3} r_b^3 R_{bp} \sin^3 \alpha + \frac{1}{3} A_s r_s \sin \alpha (R_s + R_{sc}) + \frac{1}{\pi} A_p r_p \sin \alpha (R_y + R_{pc})$ , где  $e = e_0 \cdot \eta$  – эксцентриситет приложения продольной силы с учётом случайного эксцентриситета и влияния продольного изгиба;  $r_b, r_s, r_p$  – радиусы бетонного ядра, окружности, на которой расположена стержневая арматура, срединной поверхности трубы;  $R_{bp}, R_{sc}, R_{pc}$  – сопротивления сжатию бетона, стержневой арматуры, стали, из которой выполнена труба, соответственно;  $R_s, R_y$  – сопротивления растяжению стержневой арматуры, металла трубы, соответственно;  $A_p$  – площадь поперечного сечения трубы.

Угол  $\alpha$  находят из уравнения:

$$r_b^2 \left( \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right) R_{bp} + \frac{\alpha}{\pi} A_s R_{sc} - \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} \right) A_s R_s + \frac{\alpha}{\pi} A_p R_{pc} - \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} \right) A_p R_y = N \cdot e \quad (1)$$

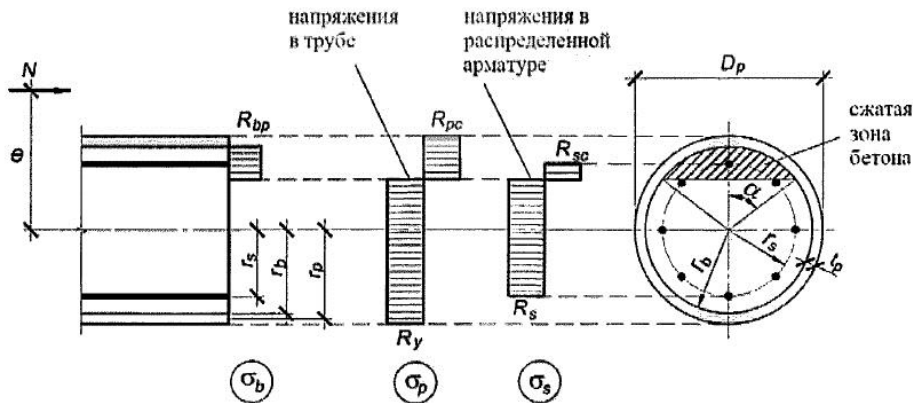


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении при расчёте на прочность внецентренно-сжатого элемента

2) «Универсальный» метод, предложенный китайским учёным Мин Юц, подходит для любой формы поперечного сечения элемента, включая пустотелые трубы. Конструкции рассчитывают на осевое сжатие по прочности и устойчивости, т. е. определяют величины несущей способности:

- по прочности по формуле:  $N_0 = (1 + \eta)(f_y A_s + f_c A_{ck})$ , где  $\eta$  – коэффициент увеличения прочности за счёт сжатия бетона, зависящий от количества граней в трубе, свойств материала и коэффициента сплошности  $\psi$  (для круглых труб  $\eta = 0$ );  $f_y$  и  $f_c$  – временное сопротивление для стали и бетона соответственно для стадии упругой работы;  $A_s$  и  $A_{ck}$  – площадь поперечного сечения для стали и бетона соответственно.

- по устойчивости:  $N_{st} = \varphi_{st} N_0$ , где  $\varphi_{st}$  – коэффициент продольного изгиба, величина которого зависит от количества граней стальной оболочки, свойств материала, гибкости  $\lambda_{sc}$  и изгибной жесткости трубобетонного сечения  $E_{sc} I_{sc} = E_s I_s + E_c I_c$ .

3) Второй метод, ранее разработанный китайскими учёными, подходит для сплошных и пустотелых элементов только круглого сечения. Расчёт ведут на осевое сжатие, в итоге определяют несущую способность по условию прочности и устойчивости по формулам:  $N_0 = f_{sc} \cdot A_{sc}$  и  $N_{st} = \varphi_{sc} \cdot f_{sc} \cdot A_{sc}$ , где  $f_{sc}$  – предел текучести трубобетонного элемента;  $A_{sc}$  – площадь поперечного сечения элемента;  $\varphi_{sc}$  – коэффициент продольного изгиба.

Для нахождения предела текучести пользуются следующей формулой:

$$f_{sc} = \left[ 1 + \frac{\Omega \cdot \xi_{sc}}{\left[ 2\Omega + 0,05 \xi_{sc} + \xi_{sc} \cdot \Omega \left( 0,2 \frac{f_c}{f_y} - 0,05 \right) \right] (\Omega + \xi_{sc})} \right], \quad (2)$$

где  $\Omega = \frac{A_c}{A_c + A_s}$  – отношение площади бетонного сердечника к полной площади элемента;

$\xi_{sc} = \frac{f_s A_s}{f_c A_c}$  – отношение несущей способности стали к несущей способности бетона.

Коэффициент продольного изгиба определяют из выражения:

$$\varphi_{sc} = \frac{1}{2\lambda_{sc}^2} \left[ \lambda_{sc}^2 + 0,25\beta \cdot \lambda_{sc}^2 + 1 - \sqrt{(\lambda_{sc}^2 + 0,25\beta \cdot \lambda_{sc}^2 + 1)^2 - 4\lambda_{sc}^2} \right], \quad (3)$$

где  $\lambda_{sc}$  – гибкость трубобетонного элемента;  $\beta = \frac{A_s}{A_{sc}}$  – отношение площади поперечного сечения стали к полной площади элемента.

4) Европейские нормы Еврокод 4 распространяют своё действие на проектирование сталежелезобетонных элементов любого типа и формы поперечного сечения, нагруженных продольными силами и изгибающими моментами.

Для четкого разграничения элементов, относящихся к сталебетонным, нормы вводит коэффициент эффективности поперечного сечения  $\delta$ , который высчитывается по следующей формуле:  $\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,Rd}}$ , где  $A_a$  – площадь поперечного сечения стального элемента;

$f_{yd}$  – расчётное значение предела текучести конструкционной стали;  $N_{pl,Rd}$  – несущая способность на сжатие в пластической стадии. Таким образом, коэффициент эффективности

показывает отношение несущей способности стального профиля (трубы) к несущей способности элемента в целом.

Элементы, работающие на сжатие, рассчитываются как сталебетонные, если соблюдается условие  $0,2 \leq \delta \leq 0,9$ . При  $\delta > 0,9$  применяют методику расчёта металлических конструкций, а при  $\delta < 0,2$  – методику расчёта железобетонных конструкций [7].

Предполагается, что проверка несущей способности элемента может осуществляться двумя способами: общим и упрощенным. Общий метод учитывает несовершенства деталей и конструкций, поэтому его область применения включает элементы с несимметричными или переменными по длине поперечными сечениями. Упрощенный метод используется для колонн, постоянных по длине и имеющих две оси симметрии поперечного сечения.

Несущая способность элементов при осевом сжатии в пластической стадии определяют по следующей формуле:  $N_{pl,Rd} = A_a f_{yd} + 0,85 A_c f_{cd} + A_s f_{sd}$ , где 0,85 – коэффициент, учитывающий длительные процессы;  $A_c, A_s$  – площадь поперечного сечения бетона и арматуры, соответственно;  $f_{cd}, f_{sd}$  – расчётное значение цилиндрической прочности бетона на сжатие и предела текучести арматурной стали.

Анализируя предложенные методики расчёта сталежелезобетонных элементов на внецентренное сжатие, делаем вывод, что:

1) Согласно методам, разработанным в Китае, несущая способность будет одинакова для колонн с разными геометрическими размерами и формами, так как отсутствует зависимость от толщины стенки и диаметров трубы. Это бесспорно является большим недостатком.

2) Методика, предложенная российскими учёными в СП 266.1325800.2016, также имеет свои недостатки. В расчёте рассматривается только фаза упругой работы материалов, в то время как в Европейских нормах учитывают наступление пластических деформаций.

3) Все рассмотренные методы не учитывают наличие адгезии между бетонным сердечником и металлической оболочкой, что снижает точность определения несущей способности.

Однако широкого применения существующие методы расчета не получили, потому что остаётся открытым вопрос обеспечения совместной работы металлической оболочки и внутренней железобетонной основы, а также технологии их изготовления таких конструкций.

## Литература

1. Казютина, М. Н. Применение трубобетонных конструкций в зданиях и сооружениях / М. Н. Казютина // *Материалы 73-й студенческой научно-технической конференции «Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций»*. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 39-52.
2. Афанасьев, А. А. Трубобетонные конструкции для возведения каркасных зданий / А. А. Афанасьев, А. В. Курочкин // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2016. – № 2: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trubobetonnye-konstruktsii-dlya-vozvedeniya-karkasnyh-zdaniy> (дата обращения: 07.12.2021). – Текст электронный
3. Стороженко, Л. И. Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций / Л. И. Стороженко, А. В. Семко // *Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник*. – 2005. – № 63. – С. 59-67.
4. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования – М. Минстрой России, 2016. – 124 с.
5. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Е. С. Михалдыкин // *Науковедение*. – 2015. – № 7(4): [сайт]. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/112TVN415.pdf> (дата обращения: 07.12.2021). – Текст электронный
6. EN 1994-1-1 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – М: Минстройархитектуры, 2010. – 95 с.
7. Зверев, В. Ф. К вопросу о расчетах трубобетонных элементов по Еврокоду 4 / В. Ф. Зверев, М. Н. Казютина // *Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Еврокодов)»*. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 74-83.
8. Кузнецова, Е. Е. Расчет и конструкция трубобетонных элементов в мостах: специальность 05.23.15 «Мосты и транспортные тоннели»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузнецова Елена Евгеньевна; Московский государственный автомобильно-дорожный институт (Технический университет). – Москва, 1993. – 117 с.

### **Особенности проектирования зданий с применением углеволокна**

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»;

Жуков Алексей Дмитриевич, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*В данной статье рассматривается углеволокно как строительный материал. Описываются преимущества и недостатки использования, способы применения и методики расчета строительных конструкций с применением углеродной ткани.*

Современное строительство не обходится без внедрения инновационных технологий и применения новейших материалов. Одной из главных проблем является создание строительных конструкций и изделий, устойчивых к динамическим нагрузкам и агрессивным условиям окружающей среды. Для армирования бетонных конструкций все чаще применяются композитные материалы, в том числе углеродные ткани и нити [1].

Углеродное волокно является линейно-упругим композитно-полимерным материалом искусственного происхождения, структурным элементом которого являются тонкие углеродные нити диаметром от 3 до 15 микрон, состоящие из атомов углерода. По техническим характеристикам, в частности твердости и удельной прочности на растяжение, в несколько раз превосходит сталь.

Углеродное волокно состоит из полиакрилонитрила, прошедшего предварительную обработку высокими температурами (3-5 тысяч градусов). Основное направление использования углеволокна – внешнее армирование, в процессе которого его пропитывают связующим веществом – эпоксидной смолой, а затем, как обои, наклеивают на поверхность строительной конструкции, которую необходимо укрепить. Такой метод эффективен благодаря следующим показателям:

1. Высокая адгезия эпоксидной смолы к бетону.
2. После вступления эпоксидной смолы в химическую реакцию с углеволокном образуется единое тело – жесткий пластик, который приобретает прочность в 6-7 раз больше чем у стали.

Исходя из вышеперечисленного можно выделить следующие преимущества композитного материала:

- высокие гидроизоляционные характеристики. Это связано с глянцевой поверхностью углепластика, следовательно, материал не вступает в реакцию с водой;

- высокая адгезия ко многим поверхностям;
- прекрасная стойкость к различным видам коррозии;
- экологически чистый и токсически безопасный материал для армирования;
- прекрасные показатели огнестойкости и ударопрочности;
- универсальность применения материала [2].

Но безусловно, у любых материалов есть и свои недостатки:

- углеволокно очень плохо пропускает электрические волны;
- высокая стоимость, в сравнении с аналогами;
- более трудоемкий технологический процесс изготовления углеволокна, чем производство металла [3].

Эффективность углеродной ткани позволяет успешно применять ее для армирования конструкций из дерева, кирпича, железобетона. Согласно СП [4], сооружение, усиленное таким способом, становится прочнее на сжатие до 120 %, а прочность на изгиб увеличивается на 65 %.

Кроме того, углеродное волокно прекрасно используется для реставрации каменных конструкций, балок, опор бетонных мостов и т. п.

В основном конструкции необходимо укреплять и применять наружное армирование в следующих случаях:

- повреждение несущей конструкции, которое привело к снижению несущей способности и появлению трещин;
- увеличение нагрузок на здание в связи с изменением условий эксплуатации;
- здание или сооружение строится в сейсмически опасном районе;
- предотвращение разрушения бетона во избежание коррозии арматуры.

Для того чтобы армирование было максимально эффективным, необходимо создать следующие условия:

- максимальное сцепление с поверхностью здания. Это позволит армирующей сетке более эффективно воспринимать нагрузку;
- отсутствие естественной влаги;
- высокое качество материалов;

Правила проектирования элементов с армированием углеволокном:

Усиление плит перекрытий и балок выполняется путем наклейки углеволокна в наиболее напряженных зонах – обычно в центре пролета по нижней грани конструкции. Это повышает их несущую способность по изгибающим моментам. Также балки часто



необходимо армировать в приопорных зонах, это связано с действием поперечных сил (по наклонной трещине). Для решения таких задач подходят все виды углеродных материалов – ленты, ламели и сетки. Важное замечание – приопорные зоны армируются только U-образными хомутами из углеродных лент или сеток.

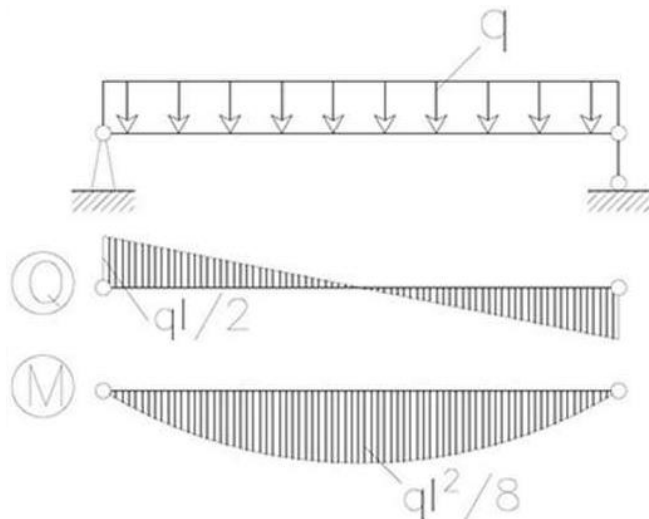


Рис. 1. Обоснование армирования плит перекрытий и балок

Углеродные ленты и ламели иногда применяются и в совокупности, так как способ монтажа и адгезивные составы очень похожи. Углеродные сетки исключают использование лент и ламелей в связи с производством «мокрых видов работ».

Усиление колонн происходит путем их оклейки углеродными лентами или сетками в поперечном направлении. Это позволяет получить эффект «бондажирования» и сдерживать поперечные деформации бетона по принципу «бетон в трубе» или «трехосного сжатия» [3].

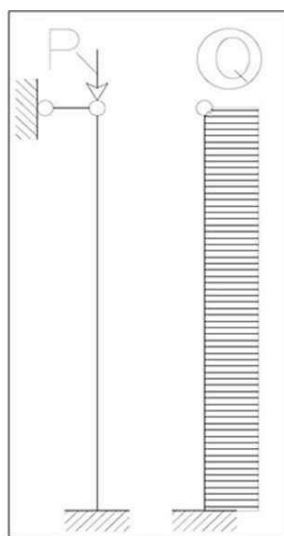


Рис. 2. Обоснование армирования колонны

Этапы работ и виды армирующих элементов. Общий принцип везде одинаковый: углеволокно необходимо нанести на участки, где присутствует наибольшее напряжение.

Самой важной задачей является определение вида армирующего элемента: ленты, ламели, сетки.

После определения участков конструкций, которые необходимо армировать происходит разметка и выполняются подготовительные работы: участки необходимо зачистить от отделки грязи и т. д. Затем конструкция шлифуется. Важно не допустить попадание влаги на шлифуемую поверхность, а затем после шлифовки нужно полностью удалить пыль и грязь. После завершения всех подготовительных работ необходимо подготовить саму углеродную ткань: нарезать полотно на ленты и ламели при помощи ножниц или угол-шлифовальной машинки. Для наклейки ткани на конструкцию в основном используют двухкомпонентные клеящие составы. Необходимо рассчитать дозировку, чтобы предотвратить закипание адгезивов в процессе смешивания компонентов.

Монтаж углеродной ленты производится «сухим» или «мокрым» методом. Разница между ними заключается в том, что в первом случае ленту сначала прикладывают к основанию, после чего пропитывают адгезивом, а втором случае пропитка происходит сначала. Состав тщательно наносят на поверхность армирующего компонента таким образом, чтобы он проник вглубь материала и вышел наружу со стороны бетонного основания. Ламели монтируются схожим образом, только связующий состав в этом случае наносится и на основание, и на сам элемент. А углеродная сетка всегда монтируется на слегка увлажненную поверхность бетонного основания [5].

Применение углеволокна при проектировании зданий получило применение больше в экспериментальных проектах, хотя его физико-механическая структура позволяет расширить диапазон его использования.

#### Литература

1. Егоров, Д. С. Использование углеродного волокна в строительстве / Д. С. Егоров, В. П. Хлопков // Молодой ученый. – 2020. – № 47.
2. Применение углеволокна в строительстве: армирование и усиление несущих конструкций своими руками: [сайт]. – URL: <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/primenenie-uglevolokna-v-stroitelstve-armirovanie-i-usilenie-nesushchikh-konstruk> (дата обращения: 08.12.21). – Текст: электронный.
3. Применение углеволокна в строительстве: [сайт]. – URL: <https://innstroy.ru/enciklopedija-stroitelstva/primenenie-uglevolokna-v-stroitelstve> (дата обращения: 08.12.21). – Текст: электронный.
4. Свод правил «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования» от 2014-09-01 № 164.1325800.2014. – Москва, 2015.

5. Усиление углеволокном: [сайт]. – URL: <https://lightika.com/raznoe/usilenie-uglevoloknom.html> (дата обращения: 08.12.21). – Текст: электронный.

УДК 624.154

### **Свайные и анкерные фундаменты нового поколения**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Дворядкина Полина Андреевна, студент направления «Строительство»;

Горюнов Владимир Дмитриевич, студент направления «Строительство»

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

*Работа посвящена осмотру фундаментов нового поколения, обеспечивающих преднапряжение по грунту. Приведено описание решения данных фундаментов с теоретическим и экспериментальным обоснованием, а также применение мессдозы новой конструктивной системы, обеспечивающей достоверность определения напряжений в грунте, выполняемых расчётов.*

Во многих странах доля свайных фундаментов составляет более 25 % от общего объема фундаментов, а в отдельных регионах на свайных фундаментах возводится до 40-70 % зданий и сооружений. Наиболее широко свайные фундаменты применяются в США, Голландии, Италии, Японии, России, Франции и в других странах. В ряде научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений многих стран 25-30 % диссертационных работ по основаниям и фундаментам посвящено проблемам свайного фундаментостроения.

При Международном обществе по механике грунтов и фундаментостроению создан технический комитет по расчету и проектированию свай, а в России создана комиссия по проблемам свайного фундаментостроения во главе с профессором А.А. Бертоломеем [1], что свидетельствует об актуальности указанной проблемы.

В настоящее время практически все свайные фундаменты проектируются и возводятся одним из традиционных методов, описанных в специальной и нормативной литературе.

Авторами настоящей работы созданы свайные и анкерные фундаменты нового поколения с принципиально новой конструктивной схемой, технологией изготовления и особенностями эксплуатации.

Обзор публикаций, нормативных отечественных и зарубежных источников информации по рассматриваемому вопросу позволил установить, что в настоящее время при создании различных по конструкции и технологии изготовления свайных фундаментов, в частности забивных, набивных, буронабивных или инъекционных, полностью отсутствует понятие преднапряжения свайных фундаментов по окружающему сваю грунту.

Экспериментально выявлено, что эффект преднапряжения неосознанно используется в различных фундаментах глубокого заложения, в частности при создании и эксплуатации пирамидальных забивных свай, буронабивных и инъекционных свайных фундаментов, изготавливаемых с использованием жестких уплотняемых бетонных смесей. В каждом из рассматриваемых случаев, даже при упрощенной технологии и грубой оценке, явно прослеживаются положительные эффекты, связанные с определенным повышением общей несущей способности данных свай по сравнению с традиционными конструктивными решениями.

Более глубокий анализ ряда работ, связанных с биомоделированием, а также детальная оценка биохимического механизма роста и формирования корневой системы различных деревьев-гигантов из вида секвойевых позволили также выявить основные элементы эффективного преднапряжения корнями указанных деревьев окружающего грунта с физико-химической природой своего возникновения. В частности, наличие в корневой системе деревьев так называемого «осмотического» давления в ходе роста и жизнедеятельности корневой системы различных биосистем, достигающего значительных абсолютных значений, вплоть до нескольких МПа. Это приводит к тому, что несущая способность корневой системы различных деревьев достигает огромных величин. При этом корневая система всех деревьев прекрасно работает на сжимающие и выдерживающие усилия при действии как вертикальных, так и горизонтальных нагрузок.

Одновременно установлено, что указанные системы, в явном виде обладающие эффективными элементами преднапряжения, прекрасно воспринимают и активно сопротивляются как статическому, так и динамическому спектру внешней нагрузки.

Эксперименты позволили установить, что несущая способность висячих набивных, забивных и буронабивных свай на 60-70 % обусловлена трением боковой поверхности рассматриваемых свай о грунт [2]. Поэтому искусственное увеличение нормальных и касательных напряжений по контакту с грунтом будет приводить на практике к значительному увеличению общей несущей способности свай.

Указанный эффект применительно к свайным фундаментам, как считают авторы настоящей работы, может быть управляемым и планируемым при создании рабочего ствола сваи с использованием преднапряжения грунта, окружающего погруженную сваю. Разработана методика расчета несущей способности предлагаемых преднапряженных свайных фундаментов, создана технология их изготовления и запроектирована специальная технологическая оснастка. В основу расчета несущей способности рассматриваемых преднапряженных свайных фундаментов положены следующие принципы.

Сопротивление грунта по боковой поверхности ствола сваи формируется за счет горизонтальных, радиально приложенных к свае давлений  $p$ , возникающих вокруг ствола сваи при ее изготовлении. Однако с течением времени происходит релаксация этих давлений до величины  $p^*$ , которая и должна учитываться в практических расчетах при определении удельного сопротивления грунта по боковой поверхности преднапряженной сваи с использованием формулы:

$$f = p * tg\varphi + c, \quad (1)$$

где  $f$  – удельное сопротивление грунта по боковой поверхности сваи;  $p^*$  – горизонтальное давление обжатия ствола сваи в стабилизированном состоянии грунта, окружающего сваю;  $\varphi$  и  $c$  – соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта.

На практике определение конечного стабилизированного горизонтального давления обжатия ствола сваи может быть выполнено исходя из существующих представлений об упругопластических деформациях грунта вокруг сваи и с использованием откорректированной методики расчета указанных давлений, разработанной профессором СГТУ Ф.К. Лапшиным [2].

Нами предполагается, что работа, затрачиваемая на деформацию грунта в пластической зоне, является необратимой, это работа диссипации, и она полностью рассеивается, превращаясь во внутреннюю энергию хаотичного (теплового) движения частиц грунта. Работа, затрачиваемая на упругие деформации, накапливается в грунте путем преобразования кинетической энергии в потенциальную и полностью возвращается во внешнюю среду при пассивной деформации грунта. Таким образом, обжатие сваи в итоге определяется только энергией обратимых деформаций грунта в упругой зоне. Величину конечного стабилизированного давления обжатия ствола сваи при внешних горизонтальных давлениях, не превышающих в начальный момент времени обжатия предельных значений, при которых в грунте возможно формирование локальных областей предельного равновесия, можно определить по формуле:

$$p^* = \frac{2 \cdot D^2(1 + \nu)}{(D^2 - d_d^2) \cdot E_{упр}} p(p_p - p_0) \cdot \left( \frac{p + c \cdot ctg\varphi}{p_p + c \cdot ctg\varphi} \right)^{\frac{1 + \sin\varphi}{\sin\varphi}}, \quad (2)$$

где  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $D$  и  $d$ , – соответственно диаметры рабочего ствола сваи и лидерной скважины;  $E_{упр}$  – модуль деформации грунта в упругой области работы;  $p$  – величина первоначального горизонтального давления обжатия ствола сваи и окружающего грунта;  $p_0$  – природное горизонтальное давление грунта;  $p_p$  – давление пластического течения грунта.

При эффективном преднапряжении грунта вокруг ствола сваи грунт будет находиться в запределной области деформирования, что в действительности приведет к еще более высоким практическим результатам, так как при локальном выходе в запределную область деформирования грунта возможно самоупрочнение грунта и, соответственно, значительное увеличение несущей способности сваи, преднапряженной по песчаному грунту.

Выполненное теоретическое обоснование указанного явления позволило установить, что в процессе ползучести грунта в области ее затухающей части загружаемое грунтовое основание упрочняется, что аналогично явлению наклепа в металлах, этим объясняется физическая модель упрочнения грунта.

С целью детального обоснования эффекта преднапряжения в свайных и анкерных фундаментах в лаборатории «Надежность оснований фундаментов и строительных конструкций зданий и сооружений» Балаковского института техники, технологии и управления был выполнен широкий комплекс экспериментальных и теоретических исследований.

Разработана методика и конструкция специального оборудования с тензометрической системой обеспечения всех необходимых измерений.

Выполнена экспериментальная оценка степени повышения несущей способности и деформируемости моделей свайных фундаментов, преднапряженных по грунту.

При этом вся экспериментальная работа была выполнена в несколько этапов.

На первом этапе был выполнен целый цикл работ, направленный на проектирование и разработку специальной оснастки и методик для проведения серии экспериментов с целью обоснования и подтверждения эффекта преднапряжения в набивных сваях. При этом все испытания были направлены на проведение их в лотковых условиях с использованием:

- специальной модели свайного фундамента, позволяющего создавать эффект преднапряжения;
- новой конструкции мессдозы для измерения изменения напряженного состояния модели грунтового основания в ходе испытания, с метрологической проработкой и тарировкой всей измерительной системы;

- загрузочного устройства, позволяющего выполнить кинематическое загрузку модели свайного фундамента;

- системы измерения осадки модели сварного фундамента и послойных деформаций модели грунтового основания.

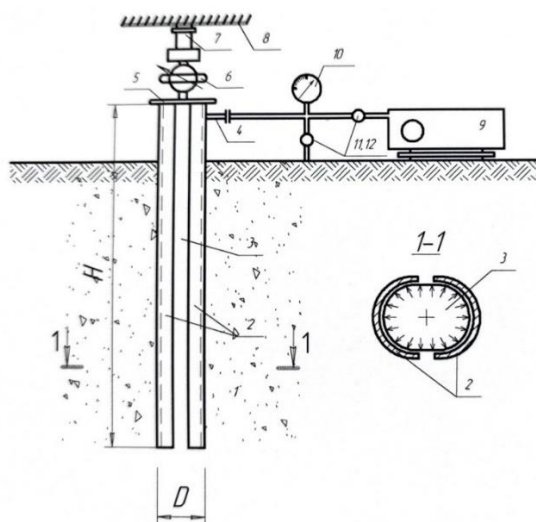
Для запланированных экспериментов был создан и использован специальный лоток размером 3х3х4 метра. В качестве грунта был применен однородный кварцевый среднезернистый песок с удельным весом  $\gamma = 16.5 + 17 \text{ кН/м}^3$  и углом внутреннего трения  $34^\circ$ .

На практике при моделировании работы свайного фундамента, преднапряженного по грунту, возникла серьезная проблема, связанная с обязательной необходимостью сохранения в ходе всех экспериментов заданной интенсивности давления преднапряжения и постоянства контактной рабочей площади боковой поверхности исследуемой сваи. В случае формирования ствола набивной сваи обычным традиционным способом без принудительного преднапряжения ее рабочая боковая поверхность будет условно минимальна, а в случае создания по боковой поверхности набивной сваи дополнительного преднапряжения боковая поверхность последней и в целом ее эффективный диаметр значительно увеличатся, что приведет на практике к несопоставимым результатам и не позволит эффективно, надежно и точно выполнить оценку повышения несущей способности исследуемой сваи во всем диапазоне изменения граничных условий преднапряжения.

Выполненные теоретические исследования и численное моделирование позволили авторам настоящей работы создать рабочую модель сваи с преднапряжением по грунту, позволяющую выдерживать все вышеприведенные требования в строго запланированных рамках.

Разработанная рабочая модель представлена на рис. 1. При этом основная особенность данной модели связана с тем, что она позволяет независимо от интенсивности преднапряжения сваи по грунту обеспечивать полный контакт боковой поверхности последней с грунтом строго по запланированной площади, так как рабочая боковая поверхность модели выполнена в виде двух симметрично установленных цилиндрических оболочек, изготовленных из металла, которые при увеличении интенсивности преднапряжения будут расходиться в разные стороны без какого-либо изменения рабочей площади боковой поверхности моделируемой сваи.

При этом преднапряжение боковой поверхности сваи относительно окружающего грунта было осуществлено с помощью резиновой пневмооболочки 3 и компрессора 9 с системой регистрации и управления уровнем преднапряжения.



*Рис. 1. Конструктивная система свайного фундамента для проведения экспериментов:*

*1 - песчаное основание; 2 – металлическая оболочка сваи; 3 – резиновая камера для создания преднапряжения; 4 – система сопряжения камеры с компрессором; 5 – площадка синхронизирующая; 6 – динамометр 5 тонн; 7 – гидравлический домкрат; 8 - нагрузочная ферма; 9 – компрессор; 10 – манометр на давление 1 МПа; 11, 12 – система регулировки давления в системе преднапряжения модели сваи*

Методика проведения всех запланированных экспериментов заключалась в том, что в зависимости от запланированных граничных условий, интенсивности преднапряжения боковой поверхности модели сваи и вида грунта определялись прежде всего несущая способность сваи и её изменение во времени, распределение напряженно-деформированного состояния в грунте испытываемого основания, а также выполнялась оценка релаксационных процессов в грунте.

Так как при создании физической модели свайного фундамента с преднапряжением по грунту необходимо знать истинное напряженное состояние грунта вокруг исследуемой сваи, для этого на практике используются специальные датчики нормального давления, так называемые мессдозы, которые помещаются в грунт и контактируют своими чувствительными элементами с частицами грунта, поровой водой и газом. Простейшие мессдозы имеют обычно форму цилиндрического диска, одна или две плоскости которого являются чувствительными элементами – мембранами, заданными по контуру. Мессдоза измеряет среднеинтегральное значение нормального напряжения в грунте по площади рабочей мембраны, которая прогибается под действием измеряемого напряжения. Деформация внутренней поверхности мембраны, удлинение в центре или укорочение на опоре преобразуется обычно наклеенными на мембрану тензорезисторами в электрический сигнал, который по каналам связи передается на вторичный электронный прибор измерительной и регистрационной системы. Сигнал вторичного прибора с помощью

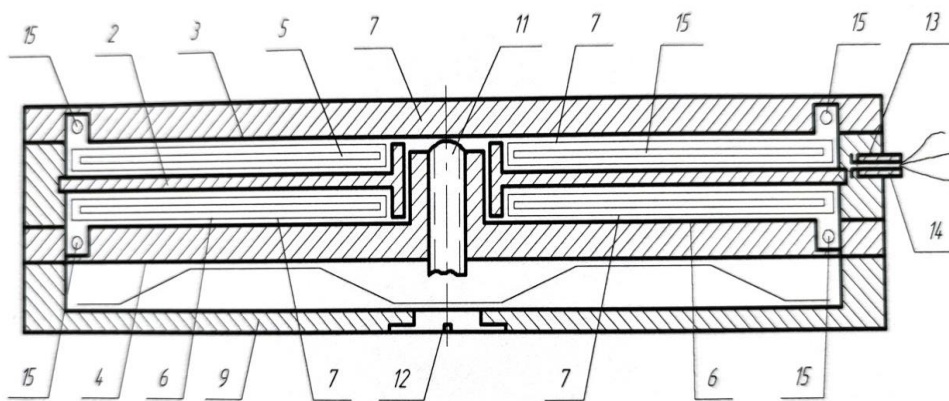


тарировочного графика расшифровывается как нормальное напряжение, действующее на мессдозу.

Данная мессдоза и большинство традиционных мессдоз, используемых в настоящее время в экспериментальных исследованиях, имеют множество недостатков. При их изготовлении, в частности, требуется применение дефицитных и дорогостоящих материалов, сложной технологии изготовления, дорогой и сложной вторичной электронной аппаратуры, что в совокупности приводит к очень высокой стоимости указанных измерительных систем и невысокой эксплуатационной надежности.

Предлагаемая мессдоза полностью лишена выше указанных недостатков и относится к измерителям давлений, применяемым в научных исследованиях напряженно-деформированного состояния различных сред, в частности грунтовых применительно к нашему случаю. Созданная авторами настоящей работы мессдоза характеризуется низкими трудозатратами при изготовлении, низкой стоимостью, отсутствием дорогих материалов и конструкции и, наконец, достаточно высокими техническими характеристиками.

Конструкция разработанной авторами мессдозы представлена на рис. 2. Мессдоза состоит из корпуса 1, жесткой перегородки 2 для деления корпуса мессдозы по высоте на два равных объема, верхнего рабочего и нижнего вспомогательного штампов 3 и 4, ограничивающих основные рабочие объемы мессдозы. В каждом из рабочих объемов мессдозы размещены верхний и нижний пьезорезисторы 5 и 6 в виде плоских колен из уплотненного активированного угля и четыре токосъемные обкладки 7 соответственно с каждой рабочей плоскости пьезорезисторов 5 и 6, которые изолированы от корпуса и штампов диэлектрическими прокладками 8. Кроме того, мессдоза снабжена нижней крышкой 9 для создания дополнительного рабочего объема, плоской пружиной 10 для поджатия вспомогательного штампа 4 к нижнему пьезорезистору 6, опорным винтом 11 для шарнирного сопряжения нижнего вспомогательного штампа 4 с верхним штампом 3, заглушкой 12, сальником 13, уплотнительным элементом 14 и заполнителем 15 нерабочего пространства штампов.



*Рис. 2. Конструктивная схема месдозы*

Месдоза работает следующим образом. При воздействии внешнего равномерно распределенного давления на рабочий штамп 3 последний передаст указанное давление через прокладку 8 и токосъемную прокладку 7 на верхний пьезорезистор 5, через винт 11 и нижний вспомогательный штамп 4 на плоскую пружину 10, которая в результате указанного действия «условно» сжимается на бесконечно малую величину и в результате давления на нижний пьезорезистор 6 уменьшается. При этом верхний пьезорезистор 5 под воздействием внешнего давления будет сжиматься, а нижний пьезорезистор будет разгружаться от воздействия плоской пружины 10, что и приведет к синхронному уменьшению сопротивления верхнего активного пьезорезистора 5 и увеличению активного сопротивления нижнего пьезорезистора 6, а так как указанные пьезорезисторы включены в смежные плечи моста Уинстона, то последнее приведет к значительному увеличению чувствительности разработанной месдозы.

Температурная компенсация в разработанной месдозе осуществляется в автоматическом режиме, так как активный и компенсационные пьезорезисторы 5 и 6 включены в схемные плечи моста Уинстона. Это приводит на практике к тому, что под воздействием изменения температуры окружающей среды сопротивления и активного, и компенсационного пьезорезисторов 5 и 6 будут синхронно изменяться, то есть либо увеличиваться, либо уменьшаться. В результате, например, при уменьшении температуры окружающей среды произойдет увеличение сопротивления активного пьезорезистора 5, что приведет к определенному разбалансу моста и появлению ток разбаланса в его рабочей диагонали, но одновременно под влиянием уменьшения температуры окружающей среды произойдет также и синхронное увеличение сопротивления компенсационного пьезорезистора 6, что приведет в свою очередь к уменьшению тока в рабочей диагонали моста и соответственно – полной компенсации тока разбаланса – измерительного моста, так

как компенсационный – 6 и активный – 5 пьезорезисторы включены в смежные плечи моста Уинстона.

Мессдоза предполагаемой конструкции, как показали предварительные эксперименты, позволяет добиться высокой чувствительности и разрешающей способности при полном отказе от применения каких-либо электронных усилителей, а также уменьшить все температурные погрешности в ходе запланированных экспериментов.

Конструкции данной мессдозы защищены авторским свидетельством на изобретение [4]. Одновременно авторами настоящей работы были выполнены дополнительные экспериментальные исследования по оценке технических характеристик предполагаемой мессдозы и эффективности применения ее на практике.

Применительно к метрологическим исследованиям созданной мессдозы установлено, что относительная погрешность является минимальной тогда, когда  $E_M = 5 \div 10E_{гр}$ . Кроме того, выполненные эксперименты показали, что относительная погрешность созданных мессдоз зависит практически линейно от соотношения высоты мессдозы  $H$  к ее диаметру  $D$ :

$$P_e/P_{ист} = \frac{kH}{D}, \quad (3)$$

где  $k$  зависит от концентраций напряжений вокруг мессдозы.

Общий анализ полученных экспериментальных данных показал, что с увеличением показателя консистенции глинистого грунта погрешность измерений уменьшается до 5-10 %. В текучепластической глине и в жидкости погрешность становится близкой к нулю, так как в этом случае концентрация напряжений вокруг мессдозы не возникает, каковы бы не были соотношения мессдозы.

При соотношении высоты и диаметра мессдозы  $H/D = 0,1$  относительная погрешность измерений составляет для глины от 15 % до 30 %, а для песчаных грунтов погрешность не превышает 12 %.

Обобщение полученных предварительно экспериментальных результатов позволило авторам настоящей работы запроектировать мессдозу со следующими геометрическими и жесткостными характеристиками:

$$H/D = 3/30 \text{ мм} = 1/10; \quad (4)$$

$$E_M/E_{гр} = 100/10 \text{ МПа} = 10. \quad (5)$$

Выполненная метрологическая оценка созданных тензомессдоз, представленная на рис. 3, показывает, что разработанная измерительная система мессдоз позволяет без применения сложных и дорогостоящих электронных тензоусилителей достичь высокой чувствительности, равной 0,001/0,0015 МПа, что достаточно для проведения любых самых точных экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния

грунтового основания либо для определения характера распределения преднапряжения по боковой поверхности создаваемой набивной сваи.

Помимо уже отмеченного в ходе метрологической поверки разработанной мессдозы авторами была проведена оценка влияния на погрешность следующих факторов:

- величины градиентов напряжений в грунте;
- компонентов тензора напряжений в грунте;
- направлений осей мессдозы по отношению к осям главных напряжений;
- температуры окружающей среды и исследуемого грунта;
- скорости нагружения грунта в ходе создания преднапряжения грунта по боковой поверхности сваи;
- тотального давления (в скелете грунта и в жидкой фазе);
- модуля деформации грунта;
- коэффициента вариации характеристик деформативных свойств исследуемого грунта.

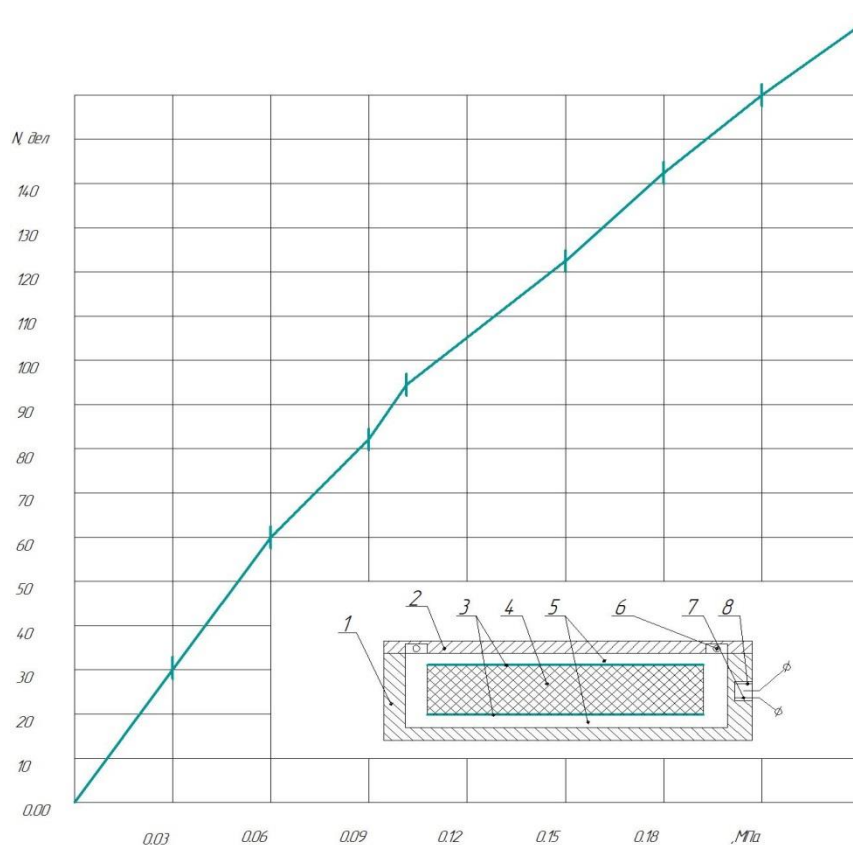


Рис. 3. Конструкция тензомессдоз и результаты тарировки:

- 1 – корпус; 2- жесткий штамп; 3 – тонкосъемные прокладки; 4 – пьезорезистор;  
5- диэлектрические прокладки; 6 – упругий наполнитель; 7 – сальник;  
8 – уплотнительный элемент

При этом установлено, что учет всех вышеперечисленных факторов необходим на практике с целью максимального снижения погрешности измерений и получения практической возможности корректировки полученной экспериментальной информации.

Учитывая отмеченное, все мессдозы в настоящей работе тарировались как до проведения, так и после проведения исследований. Это позволило выявить стабильность показаний разработанных мессдоз во времени, а также учесть влияние ползучести и релаксации в грунтовой среде на измеряемое давление.

Созданные мессдозы использовались в настоящей работе для определения характера распределения давления в грунте от преднапряжения грунта по боковой поверхности испытываемой сваи и оценки изменения напряженно-деформированного состояния грунта вокруг сваи при загрузке последней.

На втором этапе, с целью обоснования ожидаемого повышения несущей способности свайного фундамента с преднапряжением по грунту, авторами настоящей работы была выполнена серия экспериментов направленных на:

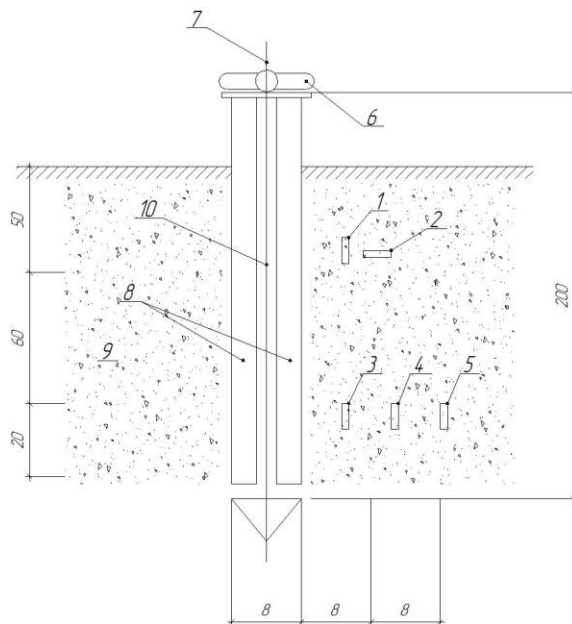
- оценку распределения нормальных горизонтальных напряжений в грунте по боковой поверхности формируемой сваи;
- выявление наличия и интенсивности явлений ползучести и релаксации напряжений в исследуемом грунтовом основании при создании преднапряжения боковой поверхности сваи по грунту;
- определение характера зависимости осадки новой сваи от интенсивности внешней нагрузки при различном уровне преднапряжения новой сваи по грунту.

Кроме того, одновременно были выполнены специальные исследования, направленные на сравнение несущей способности традиционной сваи, погружаемой в грунтовое основание путем статического вдавливания, и новой сваи, преднапряженной по грунту. При этом произведено эффективное разделение общей несущей способности у традиционной сваи на несущую способность, обусловленную опиранием острия моделируемой сваи на грунтовое основание, и несущую способность, обусловленную трением боковой поверхности сваи о грунт, что позволило на практике в экспериментально «чистом» виде оценить все преимущества и положительные стороны связанных с практическим использованием эффекта преднапряжения ствола сваи по грунту.

В запланированных экспериментах была использована модель свайного фундамента диаметром 76 мм и общей длиной  $H = 2000$  мм, с погружением рабочей части сваи в грунтовое основание на глубину 1300-1400 мм.

Программой испытаний было предусмотрено выполнение всех экспериментов в лотке размером 3х3х4 метра, заполненном среднезернистым песком с углом внутреннего трения, равным  $34^\circ$ , и модулем общей деформации, равным 5,4 МПа.

На рис. 4 представлена конструктивная схема испытания модели сваи, преднапряженной по грунту с интенсивностью преднапряжения, равной 0,15 МПа, с одним из вариантов размещения тензомессдоз в грунтовом основании. Одновременно на рис. 5 показана эпюра распределения интенсивности нормальных напряжений на глубине 1100 мм от дневной поверхности испытываемого основания.



*Рис. 4. Схема испытания модели сваи, преднапряженной по грунту:*

*1, 2, 3, 4 и 5 – тензомессдозы в грунте; 6 - механический динамометр; 7 – внешняя нагрузка; 8 – рабочие элементы боковой поверхности модели; 9 – песчаное грунтовое основание; 10 – система преднапряжения модели по боковой поверхности*

Общий анализ полученного экспериментального материала позволил установить, что в песчаном грунтовом основании при уровне преднапряжения сваи, относительно грунта не превышающем 0,15 МПа, практически полностью отсутствуют явления ползучести и релаксации, в частности при выдерживании давления преднапряжения по боковой поверхности сваи в пределах 12 часов. Одновременно выявлено (рис. 5), что нормальное давление преднапряжения практически полностью затухает на удалении двух диаметров от боковой поверхности модели сваи. Наиболее интенсивное уменьшение нормального давления в грунтовом основании по боковой поверхности происходит в пределах рабочего диаметра испытываемой сваи.

Все отмеченное свидетельствует о том, что на практике в грунтовом основании имеет место возникновение так называемого пассивного сопротивления грунта по боковой поверхности новой сваи и появление практической возможности увеличивать давление

преднапряжения по боковой поверхности сваи до абсолютной величины, определяемой по следующей формуле:

$$p = \sigma_2 = \sigma_1 = tg^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{e} \right), \quad (6)$$

где  $\sigma_1$  – вертикальное давление от собственного веса грунта на заданной глубине.

Последнее позволяет резко расширить область практического применения предлагаемых свай и значительно улучшить их технические эксплуатационные характеристики.

Результаты лабораторных испытаний модели свайного фундамента с преднапряжением и без преднапряжения по боковой поверхности экспериментально устанавливают, что у традиционной забивной сваи без преднапряжения несущая способность, обусловленная трением боковой поверхности о грунт основания, не более 20 %, что естественно при незначительном заглублении рабочего ствола сваи в грунт, в частности лишь на 1300 мм, и при диаметре ствола сваи, равном 76 мм.

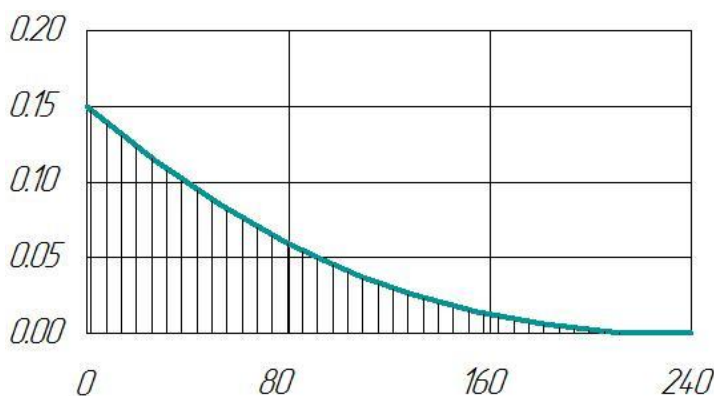


Рис. 5. Эюра распределения нормальных напряжений на глубине 110 см при интенсивности преднапряжения  $P = 0,15$  МПа

Создание преднапряжения боковой поверхности модели сваи по грунту в пределах до 0,06 МПа позволило увеличить несущую способность той же сваи по боковой поверхности в 2,5 раза по отношению к традиционной свае. Дополнительное увеличение давления преднапряжения сваи по 0,15 МПа привело к еще более резкому увеличению несущей способности сваи по боковой поверхности, в частности до 18,50 кН или в 7 раз по отношению к традиционной забивной свае.

Сравнение же общей суммарной несущей способности сваи без преднапряжения и с преднапряжением, равном 0,15 МПа, позволило установить, что модель сваи с преднапряжением имеет несущую способность в 2,4 раза выше, чем традиционная свая. Все отмеченное свидетельствует об очень больших потенциальных возможностях новой сваи и о необычно высокой несущей способности свай, преднапряженных по грунту, даже на уровне предварительных, пилотных модельных испытаний.

## Литература

1. Бартоломей, А. А. Основы расчёта ленточных свайных фундаментов по предельно допустимым осадкам / А. А. Бартоломей. – Москва: Стройиздат, 1982. – 221 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001081254> (дата обращения: 11.12.2021). – Текст: электронный.
2. Далматов, Б. И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов / Б. И. Далматов, Ф. К. Лапшин, Ю. В. Россихин. – Ленинград: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1975. – 240 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006927768> (дата обращения: 11.12.2021). – Текст: электронный.
3. Землянский, А. А. Экспериментальное обоснование нового метода кольцевого армирования слабых грунтов / А. А. Землянский, К. А. Землянский, С. А. Дубнов // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2018. – № 8. – С. 83-89.: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36486825> (дата обращения: 15.10.2021). – Текст: электронный.
4. Патент № 1673895 СССР, G 01 L 9/06. Мессдоза для измерения давления: № 4731672/10: заявл. 24.08.1989; опубл. 30.08.1991 / Землянский А. А.; заявитель СПИ. – 6 с.

УДК 622.292

### **Повышение эксплуатационной надежности РВС**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Шилов Василий Алексеевич, студент направления «Строительство»;

Красильников Михаил Николаевич, студент направления «Строительство»

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

*Статья направлена на повышение эксплуатационной надёжности РВС для промышленных экологически опасных, технически сложных, ядерных объектов. Рассмотрено сопоставление преимуществ резервуаров большого объёма с плавающей крышей на основе технико-экономического обоснования. Выделена эффективность применения резервуаров большого объёма с плавающей крышей и отмечено дальнейшее совершенствование конструктивных решений РВС.*



Вертикальные цилиндрические стальные резервуары вместимостью 100...100 тыс. м и более применяют для хранения нефти и светлых нефтепродуктов, имеющих упругость паров при различной температуре окружающей среды от 0,4 до 2 КПа. В зависимости от расположения относительно планировочного уровня строительной площадки резервуары делятся на надземные, наземные и подземные.

Вертикальные цилиндрические резервуары проектируют со стационарной крышей, с понтоном и с плавающей крышей.

Резервуары со стационарной крышей в зависимости от конструкции покрытия могут быть:

- с конической крышей и с центральной стойкой или без нее;
- со сферической крышей в виде распорной конструкции;
- с висячей крышей, так называемой «безмоментной», и центральной стойкой;
- с торосферической кровлей и кривизной в двух направлениях;
- с торосферической кровлей и кривизной только в меридиональном направлении;
- со складчатой кровлей;
- с гофрированной конической кровлей и с цилиндрической кровлей.

Днище вертикальных цилиндрических резервуаров в типовых объектах возводят в виде пологой конической конструкции с уклоном 1:50 в сторону центра или наоборот. Резервуары со стационарной крышей используют при малой оборачиваемости нефтепродуктов и низком потенциале испаряемости бензина. Для хранения нефти и легкоиспаряемых нефтепродуктов с большой оборачиваемостью используют резервуары с плавающей крышей РВС ПК или с плавающим понтоном РВС ПП.

В зависимости от объема хранимых нефтепродуктов авторы настоящей работы предложили классифицировать все современные вертикальные цилиндрические стальные резервуары по принципу, представленному на рис. 1.

Анализ технико-экономических показателей резервуаров различных объемов, выполненный на основе использования результатов работ В.А. Афанасьева и С.И. Веревкина [1, 2], позволил установить, что удельный расход металла с увеличением объема резервуара со стационарной крышей уменьшается с 54 кг/м<sup>3</sup> до 19,2 кг/м<sup>3</sup>; с плавающим понтоном и стационарной крышей – с 71 кг/м<sup>3</sup> до 20,65 кг/м<sup>3</sup> (рис. 2). У резервуара с плавающей крышей удельный расход металла уменьшается с 19,2 кг/м<sup>3</sup> до 16,2 кг/м<sup>3</sup> соответственно при увеличении рабочего объема от 30 тыс. м<sup>3</sup> до 100 тыс. м<sup>3</sup>.

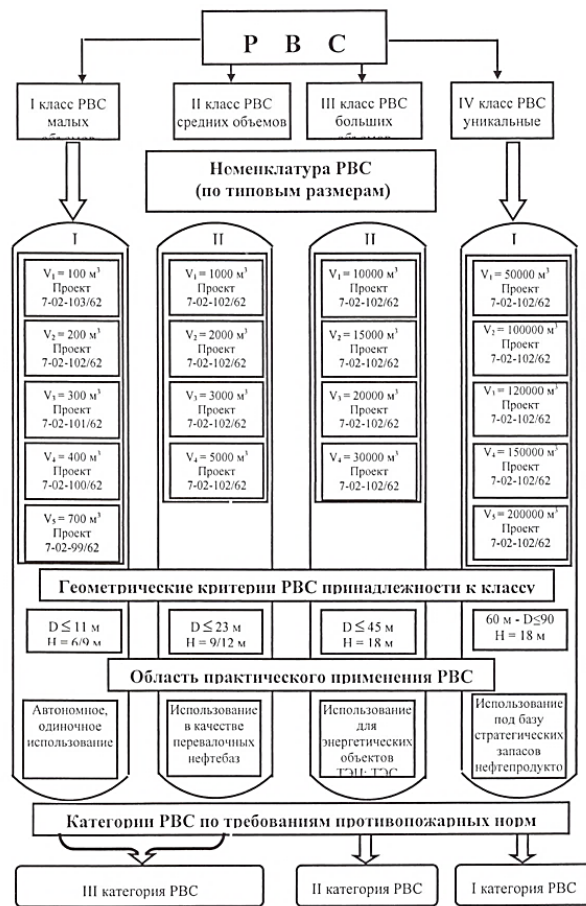


Рис. 1. Классификация РВС по объему хранимых продуктов

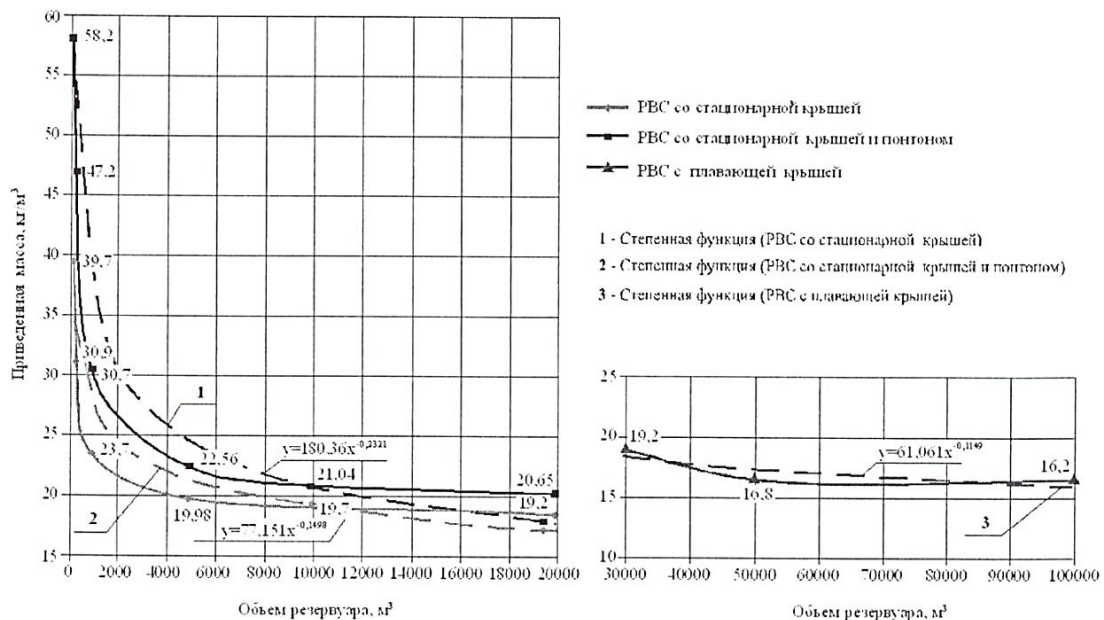


Рис. 2. Зависимость приведенной массы от объема возводимого резервуара и конструкции его покрытия:

а - для резервуаров небольшого объема; б - для резервуаров большого объема;  
у - приведенная масса резервуаров, кг/м<sup>3</sup>; х - объем резервуара, м<sup>3</sup>

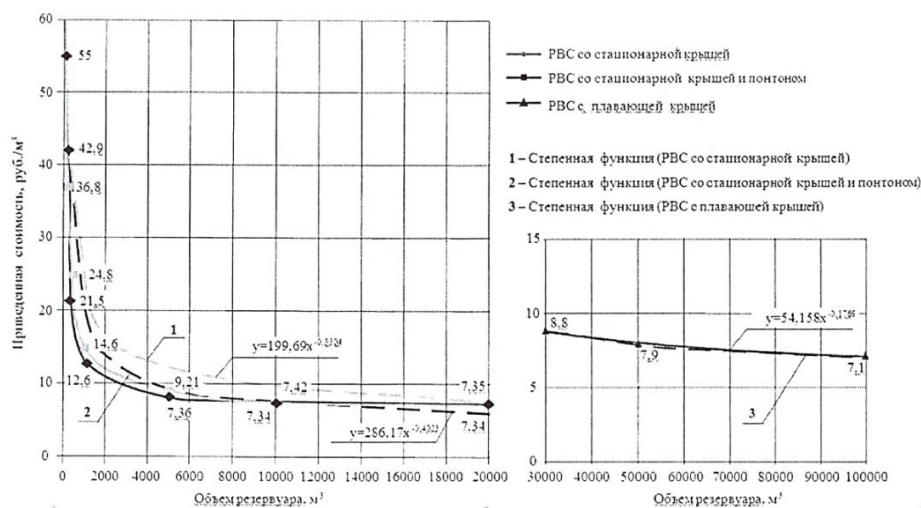


Рис. 3. Зависимость приведенной стоимости от объема возводимого резервуара и конструкции его покрытия:

а - для резервуаров небольшого объема; б - для резервуаров большого объема;  
у - приведенная стоимость резервуара, руб./м<sup>3</sup>; объема; х - объем резервуара, м<sup>3</sup>

Удельная стоимость строительства резервуаров различного типа (рис. 3) с увеличением объема резервуара также очень интенсивно снижается и достигает для резервуара с плавающей крышей объемом 100 тыс. м<sup>3</sup> всего 2130 руб./ м<sup>3</sup> по ценам 2021 года по сравнению, например, с 19200 руб./м<sup>3</sup> для резервуаров объемом менее 200 м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Аналитические зависимости технико-экономических показателей РВС от объема

Тип резервуара	Зависимость приведенной массы РВС от объема	Зависимость приведенной стоимости РВС от объема
1.РВС со стационарной крышей	$M_{пр} = 77,151 \cdot V^{-0,1498}$	$C_{пр} = 286,17 \cdot V^{-0,4023}$
2. РВС со стационарной крышей и понтоном	$M_{пр} = 180,36 \cdot V^{-0,2321}$	$C_{пр} = 199,69 \cdot V^{-0,3304}$
3. РВС с плавающей крышей	$M_{пр} = 61,061 \cdot V^{-0,3149}$	$C_{пр} = 54,158 \cdot V^{-0,1769}$

Полученные аналитические выражения позволяют наглядно установить, что возведение РВС большого объема [3] на практике может приносить весомую экономию за счет:

- сокращения территории застройки;
- уменьшения удельной стоимости строительства;
- резкого снижения удельного расхода стали;
- сокращения трудозатрат на 25...30 % при возведении РВС;
- сокращения на 30...35 % расходов на возведение фундаментов;
- снижения расходов на устройство подходящих инженерных коммуникаций;
- сокращения расходов на антикоррозийную защиту на 20...35 %;
- снижения расходов на обслуживание РВС.

Все перечисленное очень ярко свидетельствует об актуальности и необходимости эффективного решения вопроса увеличения полезного объема вновь возводимых нефтеналивных резервуаров на основе использования высоких технологий.

#### Литература

1. Афанасьев, В. А. Сооружение газохранилищ и нефтебаз: учебник для вузов / В. А. Афанасьев, В. Л. Берёзин. – Москва: Недра, 1986. – 334 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002141336> (дата обращения: 09.12.2021). – Текст: электронный.
2. Веревкин, С. И. Повышение надежности резервуаров, газгольдеров и их оборудования / С. И. Веревкин, Е. Л. Ржавский. – Москва: Недра, 1980. – 282 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001024495> (дата обращения 09.12.2021). – Текст: электронный.
3. Патент № 2248315 Российская Федерация, МПК В65D 88/34 (2000.01), В65D 88/42 (2000.01). Плавающая крыша нефтеналивного резервуара: № 2003109802/12: заявл. 08.04.2003: опубл. 20.03.2005 / Землянский А. А., Денисова А. П., Ращепкина С. А., Землянский Л. А.; заявитель СГТУ.

УДК 622.692

#### **Пути снижения скорости коррозии металла в крупных РВС**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;  
Шилов Василий Алексеевич, студент направления «Строительство»;  
Дворядкина Полина Андреевна, студент направления «Строительство»;  
Дворядкина Дарья Андреевна, студент направления «Строительство»  
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

*Данная статья направлена на рассмотрение путей снижения скорости коррозии металла в крупных РВС. Отмечены варианты, обеспечивающие повышение эксплуатационной надёжности на стадии проектирования резервуаров при применении коррозионно-устойчивых марок сталей и снижающие вид и уровень напряжённо-деформированного состояния.*

Анализ результатов обследования ряда резервуаров [1, 2] позволил установить, что в большинстве случаев необратимые аварии и отказы произошли в результате разрушения самой напряженной зоны резервуаров, находящейся в месте сопряжения вертикальной стенки с окрайками, в основном из-за неравномерной осадки грунтового основания, коррозии сварных швов, перекосов и заклинивания плавающей крыши с последующим перенапряжением несущих и ограждающих конструкций обследуемого объекта.

Отказы и аварийные ситуации резервуаров продолжают нарастать и в настоящее время, что вызывает беспокойство как со стороны Госгортехнадзора, так и многих заинтересованных организаций.

Особое внимание при проектировании, возведении и эксплуатации резервуаров большого объема уделяется материалу, из которого они сооружаются. Выбор марок сталей для несущих элементов резервуаров зависит от района строительства, вместимости резервуаров, интенсивности эксплуатации резервуара, обусловленной оборачиваемостью хранимого продукта, степенью агрессивности хранимой и окружающей среды, пожаробезопасностью хранимого нефтепродукта.

Практически все вертикальные стальные резервуары имеют проектную себестоимость во много раз ниже стоимости хранимых в них нефтепродуктов. При этом указанная разница постоянно увеличивается по мере роста объема возводимых РВС. Поэтому в целях повышения эксплуатационной надежности резервуаров для возведения последних применяют специальные стали, имеющие высокие прочностные характеристики и соответствующий химический состав, обеспечивающий хорошую свариваемость и высокую сопротивляемость хрупким разрушениям при низких рабочих температурах.

В настоящее время в отечественном резервуаростроении применяют ограниченное число марок сталей, представленных в табл. 1. В последние годы рядом ведущих институтов, включая институт сварки им. акад. Е.О. Патона Украинской Академии наук, проводятся экспериментальные исследования возможности широкого применения при строительстве резервуаров большого объема специальных сталей сверхвысокой прочности класса С 70/60 и выше.

Высокая степень агрессивности хранимой и окружающей среды оказывает интенсивное коррозионное воздействие на все несущие и ограждающие конструкции РВС, но так как все резервуары относятся к тонкостенным, оболочечным сооружениям, то даже незначительная, локальная коррозия основных несущих конструкций РВС может снизить общую эксплуатационную надежность сооружения. Поэтому разработка новых коррозионно-устойчивых моделей резервуаров является также одной из актуальных задач

проектирования, а подбор необходимых марок сталей для наиболее ответственных элементов РВС относится к особо важным стадиям расчёта и возведения объекта.

Таблица 1

Технические характеристики сталей, применяемых для изготовления РВС

ГОСТ, СНИП	Класс стали	Марка стали	Расчетное сопротивление (растяжение, сжатие, изгиб), МПа	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление при растяжении, МПа	Относительное удлинение при растяжении, %
ГОСТ 380-71	С 38/23	ВСт 3	210	230	380	25
ГОСТ 19282-73	С 46/33	09Г2С	290	330	460	21
ГОСТ 19282-73	С 60/45	16Г2АФ	380	450	600	16
СНИП П-23-81*	С 70/60	12ГН2МФАЮ	480	600	700	-

Примечание: Сталь марки ВСт 3 относится к обычным углеродистым сталям, сталь марки 09Г2С – к низколегированным, а сталь марки 16Г2АФ и 12ГН2МФАЮ – к высокопрочным.

Одновременно с необходимостью повышения прочности сталей, применяемых при возведении РВС большого объёма, в экспериментальных исследованиях Э.М. Гутмана, Б.А. Кадырбекова и Р.С. Зайнулина было выявлено влияние на скорость коррозии несущих элементов РВС как уровня, так и вида напряжённого состояния. При этом экспериментальные данные (рис. 1) свидетельствуют о том, что несущие элементы при двухосном напряжённом состоянии корродируют почти в два раза быстрее элементов, находящихся в одноосном напряжённом состоянии.

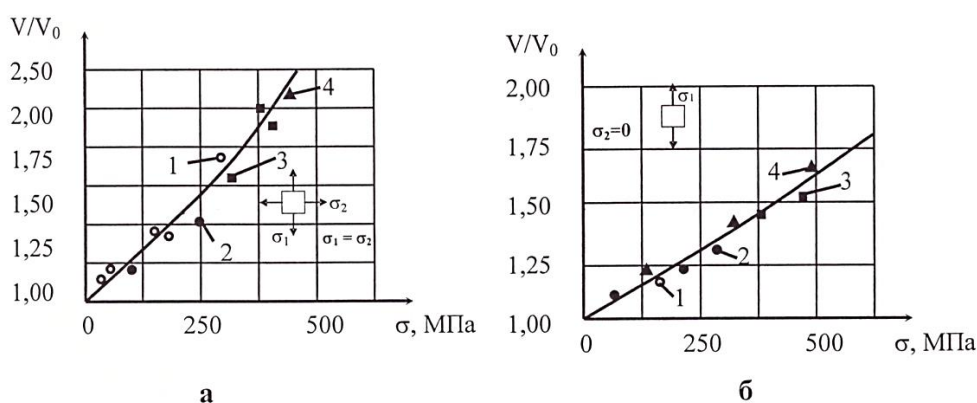


Рис. 1. Зависимость относительной скорости коррозии сталей от вида и уровня их напряжённого состояния:

*а* – двухосное напряжённое состояние; *б* – одноосное напряжённое состояние; 1, 2, 3, 4 – для образцов из стали марок Ст 3, 20, 45, 48;  $V_0$ ,  $V$  – скорость коррозии металла соответственно в ненагружённом и нагружённом состоянии

В ряде работ [3, 4] исследовано влияние остаточных сварочных напряжений на скорость коррозии, потерю прочности и устойчивости несущих и ограждающих элементов резервуаров большого объёма.

В существующих нормативных документах коррозионный износ металла учитывается только за счёт увеличения толщины оболочки на величину, равную произведению средней скорости коррозии на проектный срок службы объекта. Поэтому повышение коррозионной устойчивости РВС и активное снижение напряжённо-деформированного состояния его несущих элементов на практике сможет значительно увеличить ресурс безаварийной эксплуатации возводимого объекта.

### Литература

1. Землянский, А. А. Новые принципы конструирования резервуаров повышенной эксплуатационной надёжности: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Землянский Анатолий Андреевич; Саратовский государственный технический университет. – Саратов, 2006. – 417 с.: [сайт]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/printsipy-konstruirovaniya-i-eksperimentalno-teoreticheskie-issledovaniya-krupnogabaritnykh-> (дата обращения: 10.12.2021). – Текст: электронный.
2. Розенштейн, И. М. Аварии и надёжность резервуаров / И. М. Розенштейн. – Москва: Недра, 1995. – 225 с.
3. Бережницкая, М. Ф. Влияние остаточных напряжений на сопротивляемость стали коррозионно-механическому разрушению: диссертация / М. Ф. Бережницкая. – № 23. – Т. III. – С. 22-26: [сайт]. – URL: <https://www.dissercat.com/catalog/nauki-o-zemle/stroitelstvo-i-ekspluatatsiya-neftegazovodov-baz-i-khranilishch> (дата обращения: 10.12.2021). – Текст электронный.
4. Березин, В. П.. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов / В. П. Березин, В. Е. Шутов. – Москва: Недра, 1973. – 200 с.

**Общая устойчивость жестких сооружений с высоко расположенным центром тяжести при горизонтальных нагрузках**

Иноземцев Вячеслав Константинович, доктор технических наук,  
профессор кафедры «Строительные материалы, конструкции и технологии»;

Редков Валерий Иванович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Строительные материалы, конструкции и технологии»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Рассматривается общая устойчивость жесткого сооружения с высоко расположенным центром тяжести на деформируемом основании при действии горизонтальных нагрузок. На основе метода прослеживания состояний равновесия жесткого сооружения в условиях возрастания горизонтальной нагрузки получены аналитические решения для критических значений горизонтальной силы и угла отклонения сооружения с фундаментом на деформируемом основании с учетом конструктивной нелинейности.*

К жестким сооружениям промышленного и гражданского строительства с высоко расположенным центром сил тяжести, склонным к опрокидыванию, можно отнести высотные здания, телевизионные башни, радиомачты, дымовые трубы, водонапорные башни, подпорные стены. Многие конструкции транспортных сооружений и коммуникаций (пилоны вантовых мостов, опоры линий электропередач, контактной сети железных дорог, элементов обустройства автодорог, эстакад, виадуков) также имеют высоко расположенный центр тяжести и работают при значительных горизонтальных нагрузках. Особенностью решения задачи общей устойчивости таких сооружений, подвергающихся опасности опрокидывания, является то, что она часто находится в отрыве от других задач устойчивости сооружений.

Очевидно, что после потери устойчивости строго вертикального положения равновесия возможность опрокидывания сооружения связана с потерей равновесного состояния. При этом согласно п. 9 Приложения В [1] при расчете устойчивости положения конструктивные системы следует рассматривать как жесткое недеформированное тело.

Вертикальная и горизонтальная равнодействующие сил, действующих на объект с высоко расположенным центром тяжести, создают удерживающий  $M_{уд}$  и опрокидывающий  $M_{опр}$  моменты относительно ребра возможного опрокидывания. Если точка А на линии действия равнодействующей сил Р и Q, обозначенной R, находится внутри площади



фундамента объекта, то объект устойчив против опрокидывания. При выходе точки А за пределы этой площади он неустойчив против опрокидывания. При нахождении точки А на границе площади фундамента объекта объект находится в пограничном состоянии. Таким образом, устойчивость оценивается коэффициентом против опрокидывания  $k$ :

$$k = \frac{M_{уд}}{M_{опр}} \quad (1)$$

В практике проектирования потерю равновесного состояния при опрокидывании сооружения обычно называют потерей «устойчивости положения». Этот критерий для задач опрокидывания зданий и сооружений в проектной практике иногда продолжает использоваться до настоящего времени.

Недостоверность расчета по формуле (1) состоит в отсутствии учета деформируемости основания, расположенного под фундаментом. Пренебрежение учетом работы основания объекта с высоко расположенным центром тяжести приводит к очевидному парадоксу для задачи об общей устойчивости жесткой конструкции в виде колонны с фундаментом, опирающимся на грунтовое основание (рис. 1а).

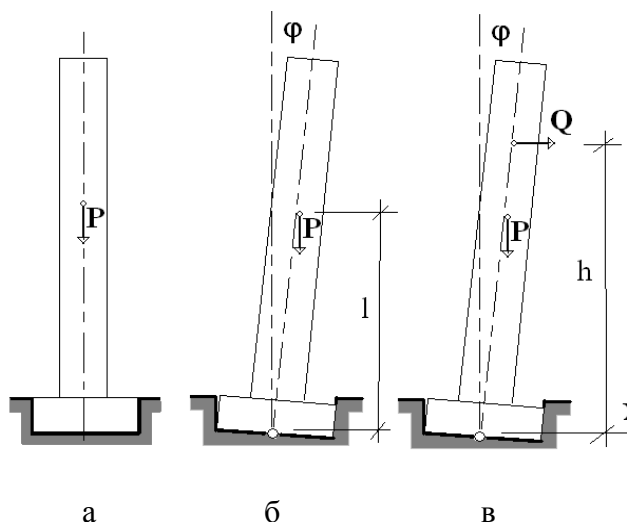


Рис. 1. Расчетные схемы жесткого сооружения с фундаментом на грунтовом основании:  
а, б – при действии вертикальных сил;  
в – при действии вертикальных и горизонтальных сил

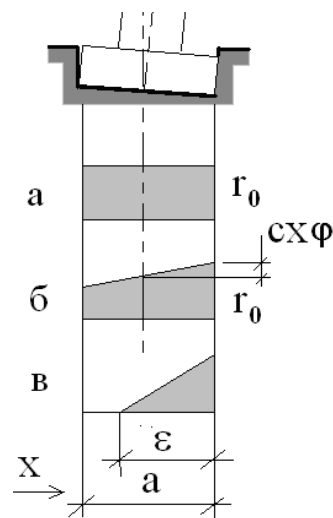


Рис. 2. Расчетные схемы жесткого сооружения с фундаментом на упругом основании

При отсутствии горизонтальной силы опрокидывающий момент равен нулю. В этом случае по формуле (1) получится, что коэффициент устойчивости равен бесконечности. Колонна, сколь бы высокой она ни была, всегда будет устойчивой. Очевидно, что податливость грунтового основания этого не допускает.

Более правильная расчетная схема данной задачи была предложена Г. Крамером и Н.П. Павлюком [2, 3], а несколько позже и Я.Б. Львиным [4, 5]. В их работах была предложена расчетная схема общей устойчивости жесткого сооружения на упругом основании (рис. 1б).

В качестве модели упругого основания была принята модель Э. Винклера, согласно которой реакция основания в каждой точке по плану фундамента пропорциональна осадке подошвы фундамента (рис. 2а). Полученное при этом значение силы тяжести колонны  $P$  является критической нагрузкой, при которой колонна теряет устойчивость исходного строго вертикального положения равновесия. Г. Крамер и Н.П. Павлюк [2, 3] предложили принимать в качестве коэффициента устойчивости отношение:

$$k = \frac{P_{кр}}{P} = \frac{cJ}{Pl} , \quad (2)$$

где  $c$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий жесткость основания;  $l$  – высота центра тяжести колонны;  $b$  – размер подошвы фундамента, перпендикулярной плоскости чертежа;  $J$  – момент инерции площади подошвы фундамента относительно оси, перпендикулярной плоскости чертежа.

Таким образом, жесткая колонна с фундаментом на упругом основании получила количественную оценку общей устойчивости в случае, когда горизонтальные силы отсутствуют.

Полученное решение задачи устойчивости колонны в отсутствие горизонтальных сил можно обобщить на случай, когда на колонну действует горизонтальная сила  $Q$  (рис. 1в). Для этого необходимо рассмотреть последовательность возможных состояний равновесия при постепенном увеличении горизонтальной силы и угла  $\varphi$ . Уравнение моментов должно быть дополнено моментом горизонтальной силы  $Q$ :

$$- Qh - Pl\varphi + c\varphi J = 0 , \quad (3)$$

где  $h$  – ордината точки приложения горизонтальной силы.

Полученное уравнение показывает, что в определенном диапазоне изменения горизонтальной силы  $Q$  зависимость между углом отклонения колонны  $\varphi$  и силой  $Q$  линейная:

$$Q = \frac{cJ - Pl}{h} \varphi . \quad (4)$$

Проследивая постепенное увеличение горизонтальной силы  $Q$ , можно видеть, что линейная зависимость справедлива, пока эпюра реакций основания имеет вид трапеции (рис. 2б). Дальнейшее увеличение горизонтальной силы и рост угла  $\varphi$  приводит к изменению

эпюры реакций основания, эпюра становится треугольной (рис. 1в, 2в). Левая часть подошвы фундамента не испытывает реактивного отпора основания, и происходит частичный отрыв подошвы фундамента от основания. Для прямоугольного в плане фундамента колонны со сторонами  $a$  и  $b$  угол  $\varphi$ , при котором трапециевидная эпюра переходит в треугольную, определяется формулой:

$$\varphi_1 = \frac{2P}{ca^2b}. \quad (5)$$

Соответствующее значение горизонтальной силы равно:

$$Q_1 = \frac{Pa}{6h} \left( 1 - \frac{Pl}{cJ} \right). \quad (6)$$

При дальнейшем увеличении угла  $\varphi$  момент реакции основания определяется выражением:

$$M_r = P \left( \frac{a}{2} - \frac{\varepsilon}{3} \right), \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – ширина зоны контакта основания с подошвой:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{2P}{\varphi bc}}. \quad (8)$$

В этом случае уравнение моментов (3) получит вид

$$-Qh - Pl\varphi + P \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2P}{\varphi bc}} \right) = 0. \quad (9)$$

Полученное уравнение показывает нелинейную связь между горизонтальной силой  $Q$  и углом  $\varphi$ :

$$Q = \frac{P}{h} \left( \frac{a}{2} - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2P}{\varphi bc}} - l\varphi \right). \quad (10)$$

Таким образом, вся последовательность возможных состояний равновесия колонны при постепенном увеличении горизонтальной силы и угла  $\varphi$  образует график (рис. 3), представленный линейной зависимостью (6) и нелинейной зависимостью (10).

Нелинейный характер второй части кривой отражает изменение физических условий взаимодействия фундамента с основанием. При отрыве подошвы фундамента от основания момент распределения сил реакции перестает быть пропорциональным углу наклона колонны  $\varphi$ . Такой вид нелинейности носит название конструктивной нелинейности.

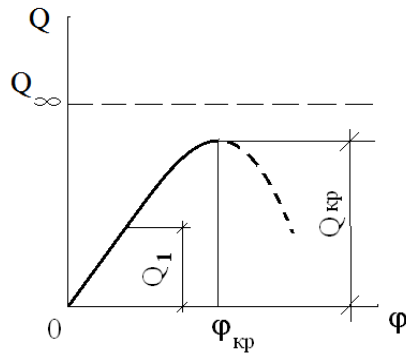


Рис. 3. Графики для оценки предельного состояния равновесия колонны

Максимум кривой на рис. 3 определяет наибольшее значение горизонтальной силы, при котором еще возможно равновесие колонны  $Q = Q_{кр}$  ( $Q_{кр}$  – критическая нагрузка).

Здесь следует отметить, что потеря общей устойчивости колонны происходит при исчезновении равновесных форм при  $Q > Q_{кр}$ , так как при превышении значения горизонтальной силы критической величины колонна выходит из состояния равновесия. В диапазоне изменения значения горизонтальной силы  $Q_1 < Q < Q_{кр}$  имеют место два равновесных состояния, однако можно показать, что восходящий участок кривой описывает совокупность устойчивых состояний равновесия, а нисходящий участок, показанный штриховой линией, описывает неустойчивые состояния равновесия колонны.

Очевидно, возникает вопрос о том, насколько различаются простое решение задачи устойчивости колонны против опрокидывания, позволяющее определить удерживающий и опрокидывающий моменты и найти коэффициент устойчивости против опрокидывания  $k$ , и решение, определяющее величину горизонтальной критической нагрузки, при превышении которой происходит исчезновении равновесных форм колонны. Основное различие между этими двумя решениями состоит в том, что первое принимает предположение об абсолютной жесткости основания, при котором  $c \rightarrow \infty$  и:

$$Q_{\infty} = \frac{Pa}{2h}. \quad (11)$$

Это значение горизонтальной силы получено из условия предельного состояния равновесия, при котором коэффициент устойчивости против опрокидывания  $k = 1$ .

Второе решение, учитывающее условие упругой деформируемости основания колонны, дает другую оценку предельного состояния равновесия колонны, выраженную через максимум кривой равновесных состояний (рис. 3). Максимум достигается при следующем значении угла отклонения колонны  $\varphi_{кр}$  и соответствующей критической силы  $Q_{кр}$ :

$$\varphi_{кр} = \left( \frac{1}{6l} \sqrt{\frac{2P}{bc}} \right)^{2/3}, \quad (12)$$

$$Q_{кр} = \frac{Pa}{2h} \left( 1 - \sqrt[3]{\frac{Pl}{cJ}} \right). \quad (13)$$

Таким образом, приходим к выводу:  $Q_{\infty} > Q_{кр}$ . Отсюда следует, что простое решение и, соответственно, коэффициент устойчивости против опрокидывания  $k$  преувеличивают действительный запас устойчивости. Это преувеличение может быть значительным, так как оно зависит от характерного отношения  $cJ / (Pl)$ . В [6] дана оценка такого преувеличения коэффициента устойчивости для колонны, характеризуемой высоким значением отношения  $cJ / (Pl) = 8$ . Применение формулы (11) влечет за собой двукратную ошибку.

Очевидно, что полученная оценка общей устойчивости колонны может быть уточнена. При записи уравнений равновесия была допущена возможность замены тригонометрических функций  $\sin \varphi$  и  $\operatorname{tg} \varphi$  значениями самого угла  $\varphi$ . Это позволит рассматривать большие перемещения при отклонении высотного объекта от исходного невозмущенного состояния равновесия.

#### Литература

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва, 2018. – 143 с.
2. Павлюк, Н. П. К вопросу о проверке устойчивости стенки на опрокидывание / Н. П. Павлюк // Проект и стандарт. – 1934. – № 8.
3. Павлюк, Н. П. Устойчивость жестких стен и колонн / Н. П. Павлюк // Труды Ленинградского института инженеров коммунального строительства. – 1935. – Вып. II.
4. Львин, Я. Б. Устойчивость жестких стен и колонн на упругом и упругопластическом основании / Я. Б. Львин // Инженерный сборник. – 1950. – Т. VII.
5. Львин, Я. Б. Об устойчивости жестких стен и массивов на упругом основании при действии произвольно направленных, в том числе поворачивающихся сил / Я. Б. Львин // Труды Воронежского инженерно-строительного института. – 1950. – Вып. 2.
6. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, ошибки и парадоксы / Я. Г. Пановко, И. И. Губанова. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1979. – 384 с.

## **Влияние технологического оборудования на формирования объёмно-планировочных решений ТЭЦ**

Магеррамова Инна Александровна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Гуливанский Дмитрий Николаевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Казачинский Алексей Сергеевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*Рассмотрены три основных типа парогазовых установок, их принцип работы на газовом или жидком топливе, их классификация и назначение, преимущества и недостатки, а также способы повышения эффективности их работы.*

Парогазовые установки – сравнительно новый тип генерирующих станций, работающих на газовом или жидком топливе. Принцип работы наиболее экономичной и распространенной классической схемы заключается в следующем. Установка состоит из двух блоков: газовой турбины и паровой электростанции. В газотурбинной установке (ГТУ) турбина вращается за счет газообразных продуктов сгорания топлива. Проходя через газовую турбину, продукты сгорания передают ей только часть своей энергии, а на выходе из газовой турбины они еще имеют высокую температуру. Продукты сгорания с выхода газовой турбины поступают в паровую установку, в котёл-утилизатор, где происходит нагрев воды и образующегося водяного пара. В первом цикле газовой турбины КПД редко превышает 38 %. Продукты сгорания, отработанные в газотурбинной установке, но сохраняющие высокую температуру, поступают в так называемый котёл-утилизатор. Там пар нагревается до температуры 500 °С и давления 80 атмосфер, достаточного для работы паровой турбины, к которой подключен дополнительный генератор. Во втором – паровом цикле используется около 20 % энергии сгоревшего топлива. Итого КПД всей установки составляет около 58 %.

Паросиловые установки хорошо зарекомендовали себя. Они обеспечивают надежность и долговечность. Их единичная мощность достигает 800-1200 МВт, а КПД, представляющий собой отношение выработанной электроэнергии к теплотворной способности используемого топлива, составляет до 40-41 %, а на самых современных

зарубежных электростанциях – 45-48 %. Повышение КПД при совмещении паротурбинной и газотурбинной установок достигается за счет двух факторов: внедрения надстройки газового цикла над паровым; снижения общего расхода дымовых газов. В большинстве схем оба фактора используются одновременно, что дает увеличение КПД. Однако существуют схемы, в которых используется только один из них.

В современном мире используются три основных типа парогазовых установок:

- с газотурбинной установкой, работающей на парогазовой смеси, которая образуется путем нагнетания воды (или пара) в газовый тракт перед турбиной;
- с парогенератором высокого давления;
- с обычным парогенератором, работающим на горячих газах, сбрасываемых в него из газотурбинной установки.

Основными преимуществами парогазовых установок с обычным парогенератором являются: возможность работы газотурбинного парогенератора на любом топливе (70-85 % всего топлива сжигается в парогенераторе); возможность использования обычных парогенераторов, что облегчает создание парогазовых установок на базе серийного оборудования и позволяет осуществлять газовую надстройку существующих электростанций с сохранением всего установленного основного оборудования.

В энергетике реализован ряд тепловых схем парогазовых установок, которые имеют свои особенности и отличия в технологическом процессе. Разнообразие парогазовых установок настолько велико, что рассмотреть их полностью не представляется возможным. Поэтому ниже мы рассмотрим основные типы парогазовых установок, которые представляют для нас интерес как с принципиальной, так и с практической точки зрения. Одновременно мы попытаемся провести их классификацию, которая, как и любая классификация, будет условной. По своему назначению парогазовые установки делятся на конденсационные и теплофикационные. Первые производят только электроэнергию, вторые служат также для нагрева воды в системе отопления в подогревателях, подключенных к паровой турбине.

По количеству рабочих тел, используемых в парогазовых установках, они делятся на бинарные и монарные. В бинарных установках рабочие тела газотурбинного цикла (воздух и продукты сгорания топлива) и паротурбинной установки (вода и водяной пар) разделены. В монарных установках рабочим телом турбины является смесь продуктов сгорания и водяного пара (рис. 1).

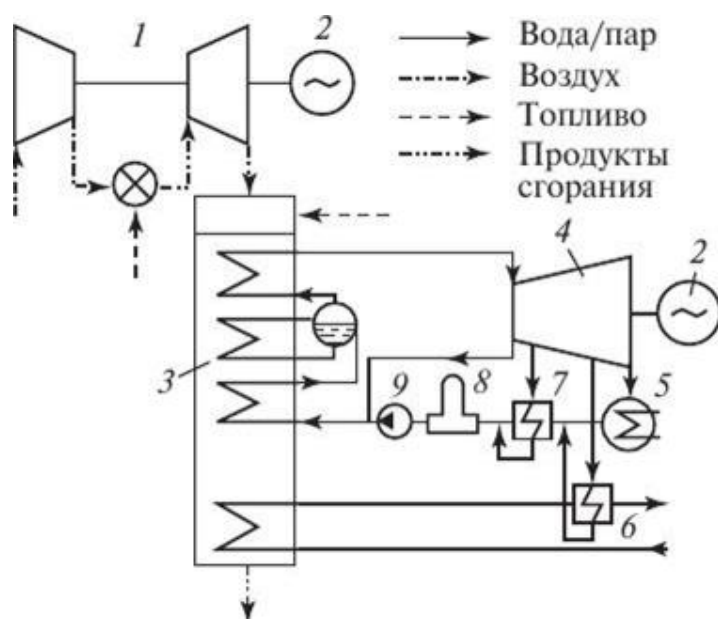


Рис. 1. Принципиальная схема ПГУ КУ

1 – ГТУ; 2 – турбогенераторы; 3 – котел-утилизатор; 4 – паровая турбина;  
 5 – конденсатор; 6 – подогреватель сетевой воды; 7 – регенеративный подогреватель;  
 8 – деаэрактор; 9 – насос

Часто используются парогазовые установки со сбросом выхлопных газов газотурбинной установки в энергетический котел. В них тепло отработанных газов ГТУ, содержащих нужное количество кислорода, направляется в энергетический котел, замещая в нем воздух, подаваемый вентиляторами котла, продувающими атмосферу в нем. Это устраняет необходимость в воздухоподогревателе котла, поскольку выхлопные газы газотурбинной установки имеют высокую температуру. Большим преимуществом системы на отходах является возможность использования сравнительно недорогого энергетического твердого топлива в паротурбинном цикле. В парогазовой установке на отходящих газах топливо направляется не только в камеру сгорания газотурбинной установки, но и в энергетический котел. В ней реализуются два термодинамических цикла. Тепло, приходящее в камеру сгорания газотурбинной установки вместе с топливом, преобразуется в электроэнергию так же, как и в парогазовой установке, то есть с КПД 50 %, а тепло, поступающее в энергетический котел, как в обычном паротурбинном цикле, то есть с КПД 40 %.

Принцип работы ПГУ-ТЭЦ заключается в последовательной выработке электроэнергии турбогенераторами за счет теплоты уходящих газов. Первичная выработка электроэнергии происходит при сжигании топлива в камере сгорания энергетической газовой газотурбинной установки (ГТУ). На выходе из ГТУ продукты сгорания имеют достаточно высокую энтальпию, так как отдают только часть ее на паросиловую установку, состоящую из котла-утилизатора и конденсационной либо теплофикационной паровой



турбины. Парогазовая установка отличается от паросиловой значительным увеличением КПД за счет меньших потерь теплоты, связанных с работой конденсационной установки паровой турбины. Парогазовые установки способны производить как тепловую энергию, так и электрическую.

Преимущества ПГУ-ТЭЦ:

1. Общий электрический КПД ПГУ, где турбины работают по конденсационному циклу, на сегодня составляет приблизительно 58...64 %. В паросиловых же установках при работе в конденсационном режиме этот КПД обычно изменяется в интервале 33...42 %.

2. Низкая стоимость установленной мощности.

3. Потребление меньшего объема воды на единицу выработки электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками.

4. Более высокие экологические показатели по сравнению с паросиловыми установками.

Недостатками ПГУ-ТЭЦ являются:

1. Низкая единичная мощность оборудования.

2. Необходимость фильтрации воздуха, используемого для сжигания топлива.

3. Ограничения на типы используемого топлива. Как правило, основным топливом является природный газ.

Способами повышения эффективности выработки электроэнергии и теплоты являются:

1. Использование котлов–утилизаторов ГТУ, оснащенных горелками для сжигания дополнительного топлива.

2. Оптимизация распределения нагрузок между агрегатами станции.

3. Установка турбин на параметры пара промышленного отбора.

4. Замена редукционно-охладительной установки (РОУ) на микротурбину с противодавлением, что позволит повысить экономичность производства тепла за счет комбинированной выработки тепла и электроэнергии.

Главный корпус тепловой электростанции – это основное здание, внутри тепловой электростанции размещается основное и вспомогательное энергетическое оборудование, осуществляющее главный технологический процесс перехода теплоты сгорания топлива в электрическую энергию.

В главный корпус подаются топливо, которое в дальнейшем используется, вода из градирни, предназначенная для охлаждения отработавшего пара турбин. Из главного корпуса тепловой электростанции отводятся: охлаждающая вода после конденсаторов,

дымовые газы парогенераторов, а также полученная продукция электростанции – электрическая и тепловая энергия с паром, и горячей водой.

В главном корпусе и во всех зданиях на тепловой электростанции соблюдаются требования:

а) продольные оси здания и световых фонарей ориентированы в пределах от  $45^\circ$  до  $110^\circ$  к меридиану;

б) продольные оси аэрационных фонарей и стены зданий с проёмами, используемыми для аэрации помещений, ориентированы в плане перпендикулярно или под углом не менее  $45^\circ$  к преобладающему направлению ветров летнего периода года.

Главный корпус здания является многопролетным зданием, в котором все пролеты предназначены для размещения однотипного оборудования. Главный корпус состоит из деаэрационного, машинного, котельного и дымососного отделений.

Деаэрационное отделение сооружено в виде этажерки, образующей пространственную раму, на которую передаются горизонтальные усилия, действующие поперек здания, от ветра и торможения мостовых кранов.

Оборудование главного корпуса ТЭЦ расположено в соответствии с технологической последовательностью, что сокращает протяженность коммуникаций.

В компоновке главного корпуса ТЭЦ учтены требования, связанные с ремонтными работами: наличие ремонтных площадок между агрегатами и у торцов здания, возможность транспортирования оборудования с помощью кранов и напольных средств без нарушения безопасности обслуживания оборудования, находящегося в работе.

Высота машинного отделения и отметка установки деаэраторов определена так, чтобы обеспечивалась возможность транспортирования статора генератора мостовым краном.

Высота подвала определяется диаметром циркуляционных водоводов с учетом диаметра труб, пересекающих водовод, и составляет 3 м.

Поперечные температурные швы в главном корпусе располагаются между котлами.

Фундаменты под турбоагрегаты и сами турбогенераторы спроектированы с учетом требований СТП 34-03-73.

При нормальном режиме эксплуатации турбогенератора максимальное расчетное значение амплитуд вынужденных колебаний верхних блоков фундаментов в зонах опор подшипников не превышает 15 мкм.

Междуэтажные перекрытия, полы выполнены водонепроницаемыми, огнестойкими, ровными, нескользкими и легко очищаются от загрязнений.

Все выходы и входы хорошо освещены, свободны и безопасны для движения работников и транспорта; в местах выхода из ворот и дверей зданий в зону движения железнодорожного и автомобильного транспорта установлены предупредительные знаки.

Количество эвакуационных выходов из зданий более двух. Лестницы для эвакуации в главном корпусе спроектированы наружными, у торцевой стены деаэрационного отделения – открытыми.

Монтажная площадка ремонта трансформаторов имеет железобетонное ограждение высотой 1,5 м, обеспечивающее защиту от растекания трансформаторного масла, и маслосток для аварийного слива масла в резервуар, находящийся под землей, расположенный вне машинного зала, емкость которого не менее объема масла, находящегося в трансформаторе.

Шахта лифта, расположенная в котельном отделении, ограждена металлическими сетками, а стена лифта выполнена пылегазонепроницаемой.

Ограждающие и несущие конструкции газоходов выполнены из промышленных сборных железобетонных конструкций. Повороты газоходов плавные с исключением возможности образования завихрений дымовых газов.

В помещении главного щита управления предусмотрены подвесные потолки из трудносгораемых материалов со встроенными светильниками.

Помещение аккумуляторных батарей расположено на нулевой отметке и имеет естественное освещение.

Параметры вибрации на рабочих местах в производственных помещениях отвечают требованиям ГОСТ 12.1.012-98, а вибрация турбоагрегатов, возбудителей, электродвигателей не превышает допустимых значений, установленных «Правилами технической эксплуатации электрических установок потребителей».

#### Литература

1. Охлопкова, О. А. Тепловая электростанция (ТЭЦ): учебное пособие / О. А. Охлопкова. – Москва, 2019.: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/5992000/> (дата обращения: 15.11.2021). – Текст: электронный.

2. Зысин, В. А. Комбинированные парогазовые установки и циклы / В. А. Зысин. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 186 с.: [сайт]. – URL: [https://www.studmed.ru/zysin-va-kombinirovannye-parogazovye-ustanovki-i-cikly\\_7812547d08d.html](https://www.studmed.ru/zysin-va-kombinirovannye-parogazovye-ustanovki-i-cikly_7812547d08d.html) (дата обращения: 17.11.2021). – Текст: электронный.

3. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; под ред. С. В. Цанева. – М.: МЭИ, 2002. – 584 с.

4. Кудинов, А. А. Тепловые электрические станции: учебное пособие / А. А. Кудинов. – Самара: СамГТУ, 2008. – 348 с.: [сайт]. – URL: <https://www.labirint.ru/books/675797/> (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.

5. Рихтер, Л. А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций / Л. А. Рихтер, Д. П. Елизаров, В. М. Лавыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.: [сайт]. – URL: [https://energoworld.ru/files/2014/01/Rihter-Elizarov-Lavyigin-Vspomogatelnoe-oborudovanie-teplovuyih-e%](https://energoworld.ru/files/2014/01/Rihter-Elizarov-Lavyigin-Vspomogatelnoe-oborudovanie-teplovuyih-e%20) (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 691.32

### **Оценка эффективности применения металлургического шлака в монолитных железобетонных конструкциях для зданий ТЭЦ**

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*Данная работа направлена на оценку эффективности применения металлургического шлака в монолитных железобетонных конструкциях для зданий ТЭЦ. Производится анализ армирования конструкционных бетонов из составов на обычном и шлаковом заполнителях, полученных экспериментально – путём проведения численного эксперимента в ЛИРЕ-САПР. На основе анализа конструируется дополнительное армирование наиболее нагруженной нижней части плиты. На основании полученных результатов и исходных данных обосновывается экономическая целесообразность монолитного железобетона с металлургическим заполнителем.*

Строительство энергетических объектов характеризуется большой материалоемкостью [1]. При возведении различных зданий и сооружений выполняются большие объёмы монолитных работ при устройстве бетонных и железобетонных конструкций. При этом возрастает необходимость в использовании бетонов, обеспечивающих повышение технических качеств и снижение стоимости выполнения

монолитных работ и строительства в целом. Данные факторы, а также развитие направления безотходных технологий оставляют актуальным применение отходов промышленности в строительной отрасли [2-6, 8].

В энергетической отрасли в последнее время всё большее количество стран переходят на атомную энергетику. В то же время доля энергии, вырабатываемой тепловыми электростанциями, остаётся доминирующей [1]. Кроме того, строительство тепловых электростанций востребовано в местах с тяжёлыми региональными условиями. Возведение ТЭЦ имеет преимущество при строительстве в черте города. Также ТЭЦ с парогазовыми установками имеют более совершенную технологию выработки электроэнергии и тепла, чем традиционные. Для таких ТЭЦ одним из главных зданий является главный корпус. Данный корпус можно представить как совокупность нескольких совмещённых зданий, состоящих из главного корпуса с примыкающими этажерками. На перекрытиях одной из этажерок располагаются водоподготовительные установки. Наиболее тяжёлая установка – деаэрационное оборудование.

На основании наиболее тяжёлого деаэрационного оборудования, характерного для этажерок зданий ТЭЦ, выполняем численный эксперимент в ПК ЛИРА-САПР с получением обоснования эффективности применения металлургического шлака в монолитных железобетонных конструкциях перекрытий. В качестве исходных составов, подлежащих сравнению, принимаем составы, полученные экспериментально. При проведении эксперимента проектировался бетон класса В20 с подвижностью по осадке конуса 4-5 см [2, 7]. Экспериментально в соответствии с предварительным расчётом был подобран состав на обычных заполнителях (кварцевый песок, щебень гранитный) необходимой консистенции (табл. 1). Для сравнительного анализа изготавливали несколько составов с частичной заменой обычного заполнителя шлаковым. Заливали образцы-кубики 10·10 см и после твердения в воздушно-влажной среде их испытывали в возрасте 28 суток или 7 суток (с дальнейшим переводом значений в проектную прочность) методом неразрушающего контроля.

Таблица 1

Экспериментальные составы конструкционного бетона

№ п/п	Заполнитель	Компоненты: масса, г					В/Ц
		Ц	П кв.	ШП	Щ гр.	В	
1.	Кварцевый песок	1400	3620	-	4440	750	0,54
2.	Кварцевый песок, шлаковый песок	1400	1090	2530	4440	850	0,6

На основании полученных результатов прочности был присвоен класс бетона (табл. 2) [9]. Для контрольного образца средняя кубиковая прочность в возрасте 28 суток составила 20,4 МПа, что соответствует классу бетона по прочности на сжатие В20, для наиболее оптимального состава с заменой кварцевого песка шлаковым в количестве 30 % от общей массы мелкого заполнителя прочность составила 31,5 МПа, что соответствует классу бетона В30.

Таблица 2

Кубиковая прочность бетона через 28 сут.

№ образца-кубика	Кубиковая прочность бетона $R_{b,k}$ , МПа через 28 сут	
	Состав	
	1	2
1	21.8	34.3
2	19.9	31.9
3	19.4	28.2
$R_{b,k}^{cp}$ , МПа	20.4	31.5
Класс бетона	В20	В30

В качестве расчётной схемы принята плита размером 12x12 м, вырезанная из перекрытия балочной системы сетки основных колонн 12x12 м с жёстким защемлением вдоль главных балок (за исключением оси Z) и жёстким защемлением в угловых точках (рис. 1).

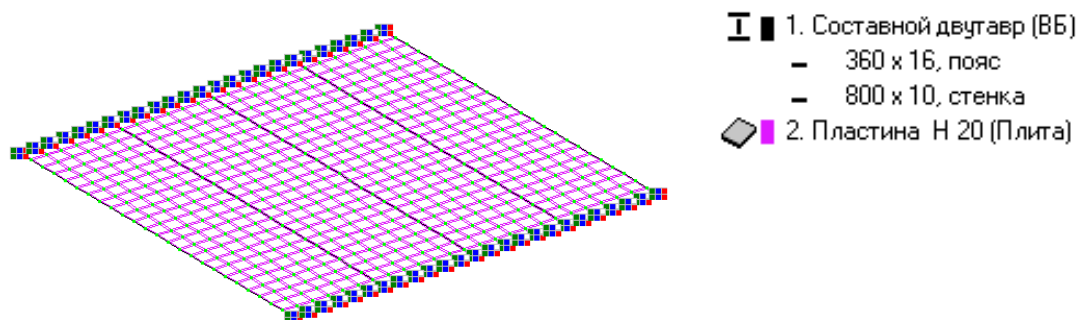


Рис. 1. Расчётная схема плиты перекрытия:  
*a* – расчётная схема; *б* – жесткостные характеристики

Данную плиту рассчитываем с учётом 3 загрузений:

- собственный вес;
- нагрузка от пола;
- технологическая нагрузка.

Коэффициент надёжности по ответственности принимается  $\gamma_n = 1,1$ , так как рассматриваемая плита перекрытия в этажерке относится к главному корпусу здания ТЭЦ [10].

Ручным способом собираются представленные выше нагрузки в нормативном значении. Расчётные нагрузки формируются в ПК ЛИРЕ-САПР путём создания таблицы РСУ [11].

Собственный вес плиты перекрытия (рис. 2) задаём с помощью функции задания собственного веса. Коэффициент надёжности  $\gamma_{f,пер} = 1,1$ .

Нагрузка от пола (рис. 3) учитывает нагрузку от слоёв пола. Слой пола принимается один в виде цементно-песчаного покрытия ( $\rho = 2000 \text{ кг/м}^2$ ) толщиной 20 мм. Расчётное значение нагрузки от пола:

$$p_{п} = \gamma_n \gamma_{f,п} \rho t = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 2000 \cdot 0,02 = 57,2 \text{ кг/м}^2 = 0,57 \text{ кН/м}^2 . \quad (1)$$

Технологическая нагрузка (рис. 4) включает собственный вес деаэрационного оборудования. Расчётное значение нагрузки технологической нагрузки:

$$G_{д} = \gamma_n (\gamma_{f1} m_{об} + \gamma_{f2} m_{в}), \quad (2)$$

где  $\gamma_{f1}, \gamma_{f2}$  – коэффициенты надёжности по нагрузке, принятые по табл. 7.1 [10];  $m_{об}$  – масса оборудования, кг;  $m_{в}$  – масса воды, заполняющая полностью бак с колонкой, кг.

Для расчёта принимается деаэратор ДА-300/75, который характеризуется вместимостью бака в  $75 \text{ м}^3$  [12].

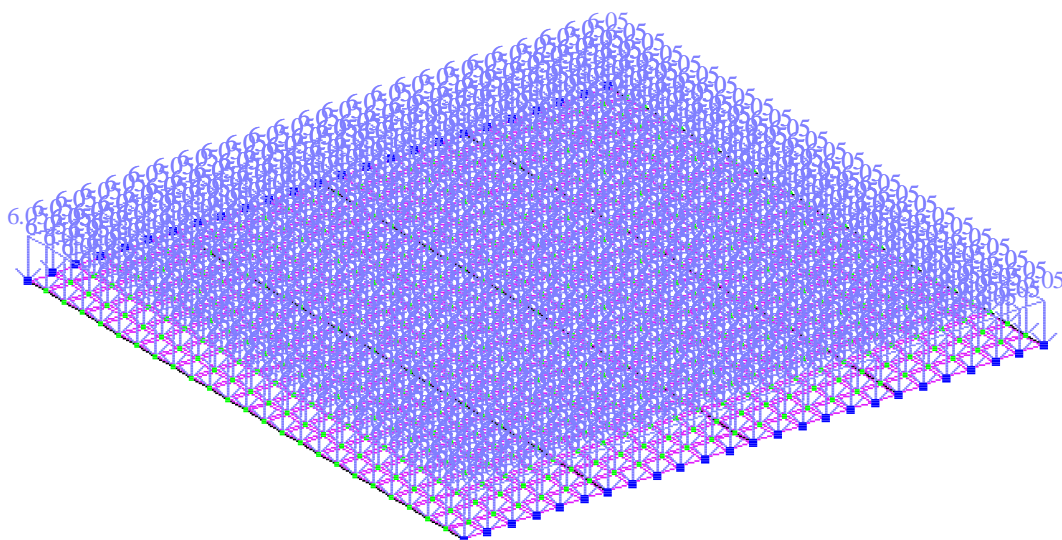
$$G_{д} = \gamma_n (\gamma_{f1} m_{об} + \gamma_{f2} m_{в}) = 1,1 \cdot (1,05 \cdot 18120 + 1,0 \cdot 1000 \cdot 75) = 103428,6 \text{ кг} = 1034,3 \text{ кН}. \quad (3)$$

Полученную расчётную нагрузку распределяем на узлы:

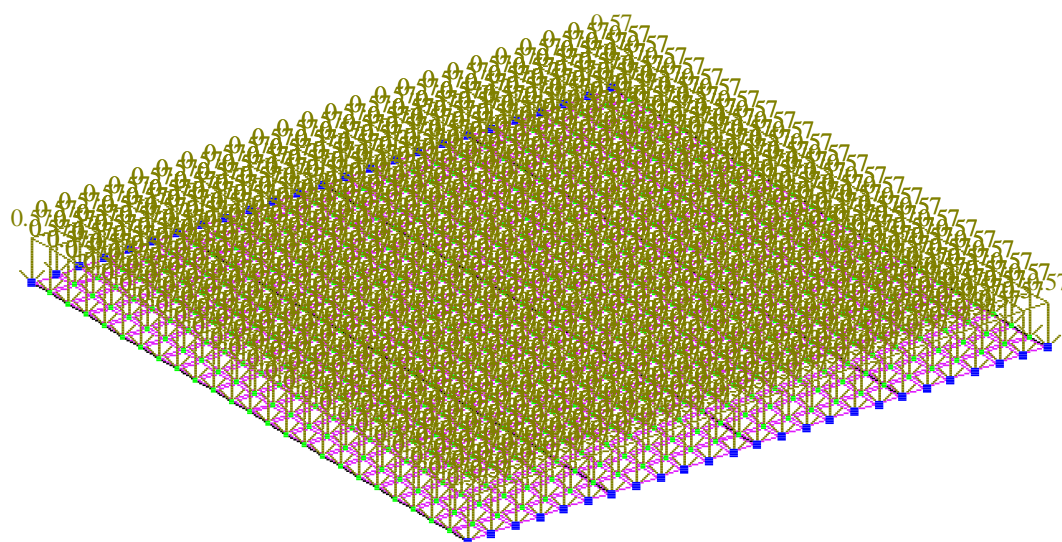
$$G_{д,уз} = G_{д}/10 = \frac{1034,3}{10} = 103,4 \text{ кН}. \quad (4)$$

На плиту перекрытия учитывается также действие прочего технологического оборудования (установок, трубопроводов):

$$g_{тр} = \gamma_n \gamma_{f,п} g_{тр}^n = 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 1,155 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}. \quad (5)$$



*Рис. 2. Расчётная схема плиты перекрытия от собственного веса плиты*



*Рис. 3. Расчётная схема плиты от нагрузки от пола*



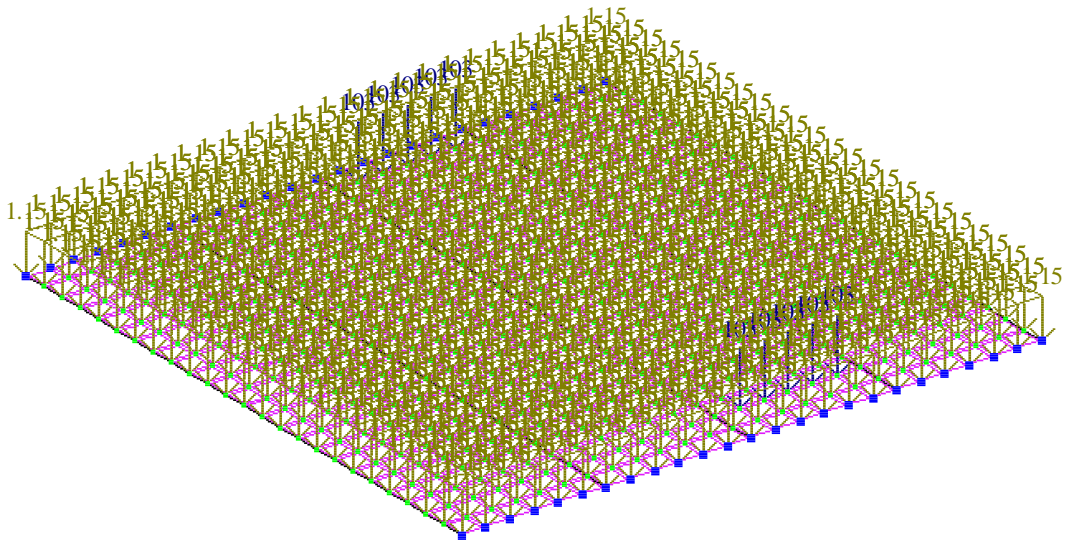


Рис. 4. Расчётная схема плиты от технологической нагрузки деаэрационного оборудования

Для заданных загрузений формируется таблица РСУ, на основании её - таблица РСН.

В результате расчёта плиты перекрытия получены эпюры внутренних усилий (рис. 5-7), а также выполнен подбор арматуры на основании задания геометрических, конструктивных и проектных характеристик армируемой плиты.

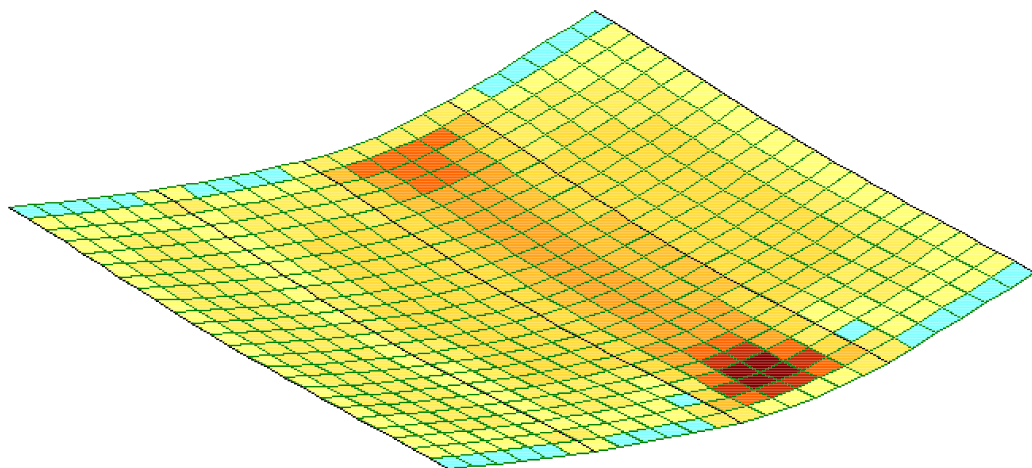
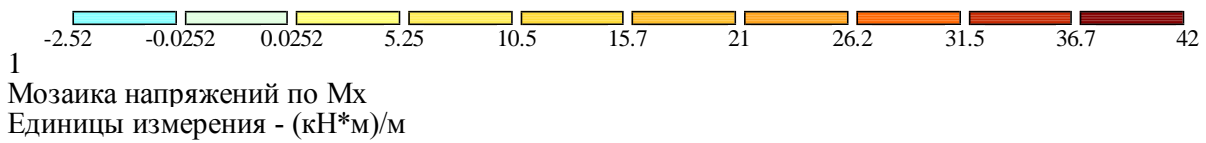
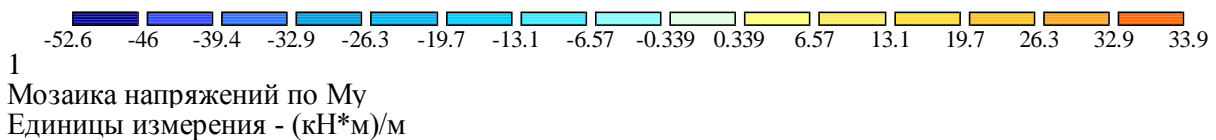


Рис. 5. Мозаика напряжений  $M_x$  в плите перекрытия от РСН 1, 2, 3



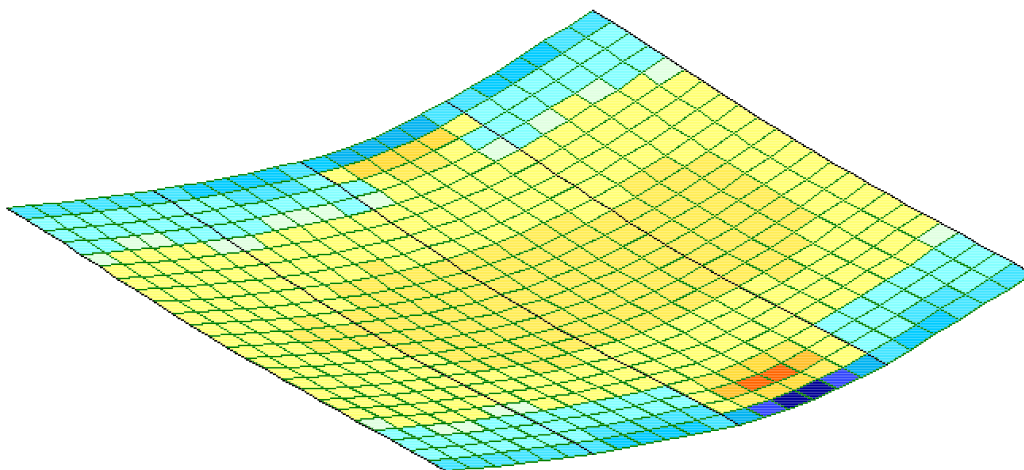


Рис. 6. Мозаика напряжений  $M_y$  в плите перекрытия от РСН 1, 2, 3

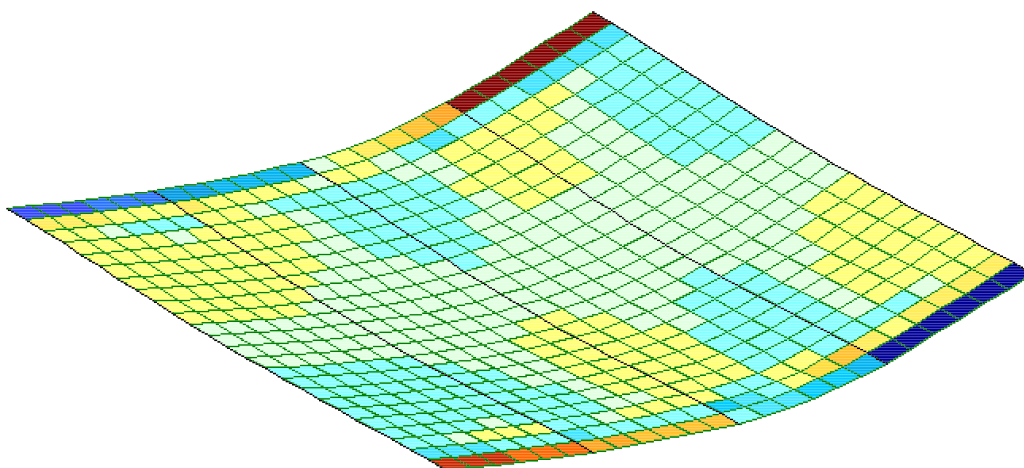
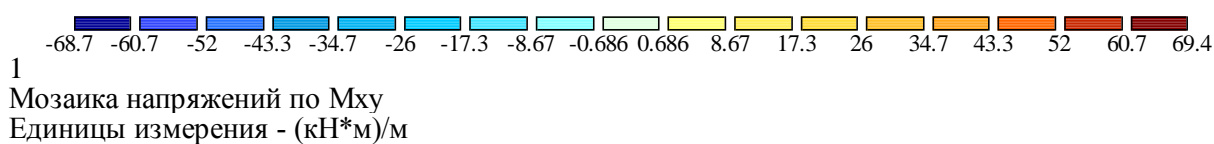
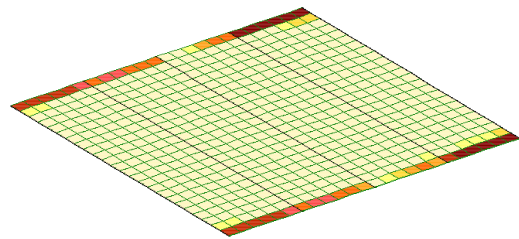
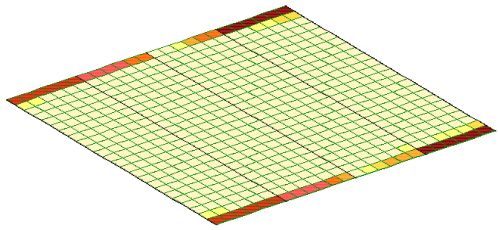
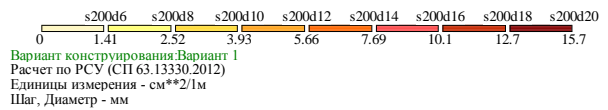
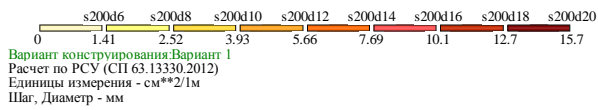


Рис. 7. Мозаика напряжений  $M_{xy}$  в плите перекрытия от РСН 1, 2, 3

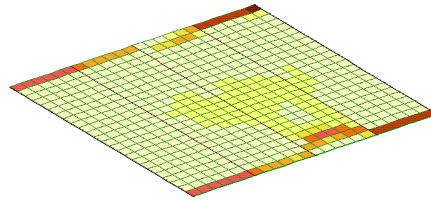
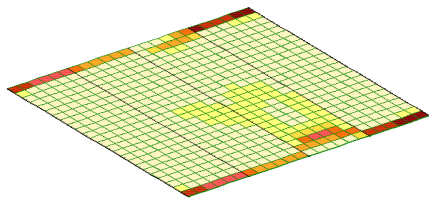
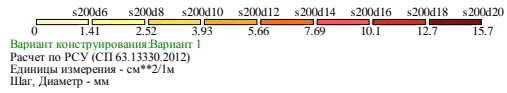
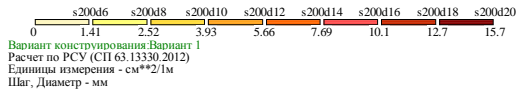
Для выполнения армирования было произведено предварительное задание типа рассчитываемого элемента (оболочка), в качестве материалов выбран бетон для обычного бетона на традиционном заполнителе В20, для бетона на шлаковом заполнителе – В30. Заданы толщина защитного слоя (сверху и снизу 30 мм), рабочая арматура в направлении X и Y класса А400 с шагом 200 мм. В результате выполнения расчёта по подбору арматуры подобрана продольная арматура внизу и вверху рассматриваемой плиты. По результатам расчёта для двух вариантов проектирования плиты получена примерно сопоставимая верхняя арматура в направлении оси X (рис. 8), нижняя и верхняя арматура в направлениях Y (рис. 9, 10). При армировании продольной нижней арматурой в направлении X армирование отличалось.



Площадь арматуры на 1м по оси X у верхней грани; максимум в элементе 696

Площадь арматуры на 1м по оси X у верхней грани; максимум в элементе 673

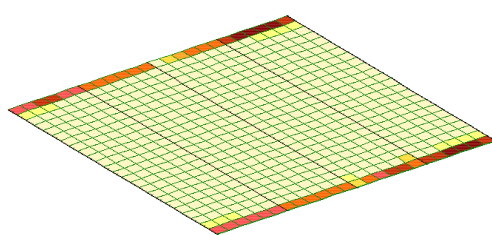
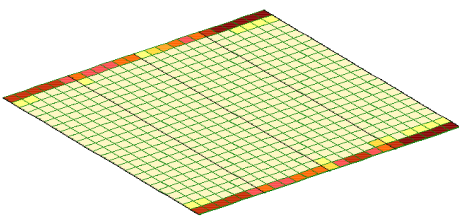
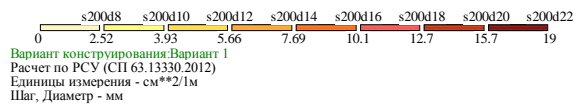
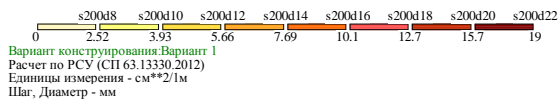
*Рис. 8. Подобранный верхняя арматура по X в плите:  
 слева – на обычном; справа – на шлаковом бетоне*



Площадь арматуры на 1м по оси Y у нижней грани (балки-стенки - посередине); максимум в эл

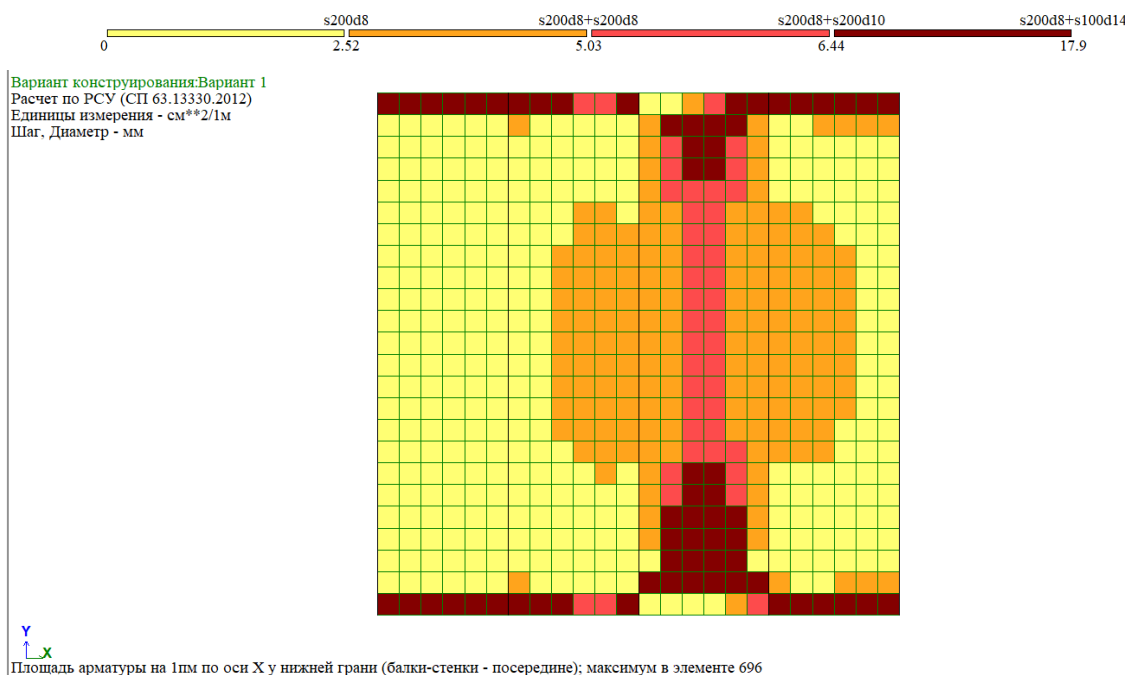
Площадь арматуры на 1м по оси Y у нижней грани (балки-стенки - посередине); максимум в :

*Рис. 9. Подобранный нижняя арматура по Y в плите:  
 слева - на обычном; справа – на шлаковом бетоне*

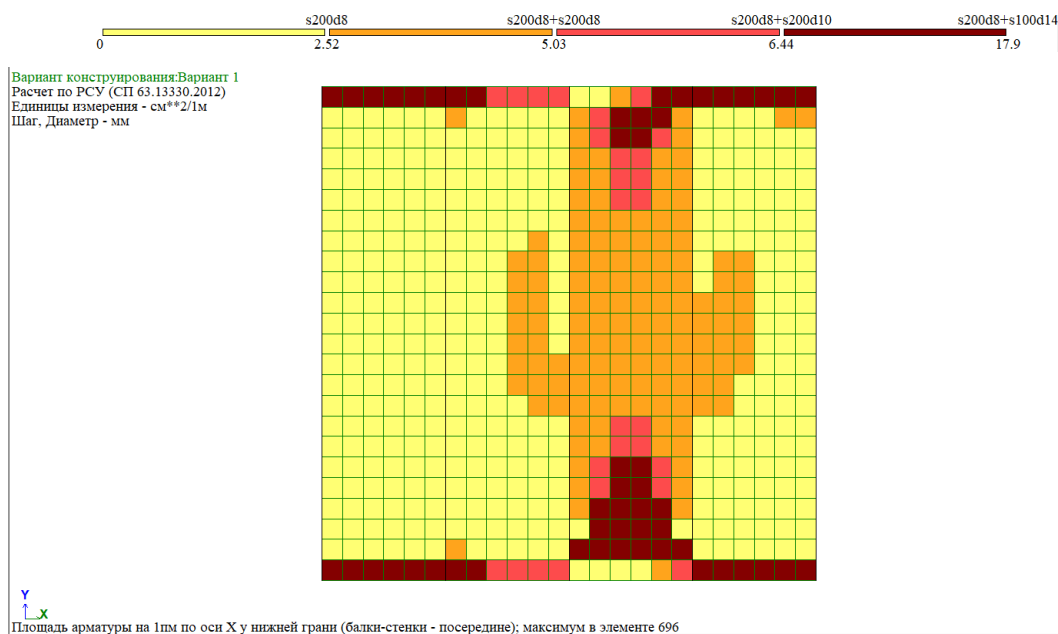


*Рис. 10. Подобранный верхняя арматура по Y в плите:  
 слева – на обычном; справа – на шлаковом бетоне*

Для обеспечения возможности конструирования нижнего армирования плиты в направлении X применена функция задания дискретного армирования пользователем (рис. 11, 12). При этом задана фоновая нижняя арматура  $\varnothing 8$  A400. Для удобства раскладки сеток плиты помимо фоновой арматуры задана дополнительная в нижней зоне плиты.



*Рис. 11. Подобранный нижняя арматура в направлении X для плиты перекрытия на обычном бетоне*



*Рис. 12. Подобранный нижняя арматура в направлении X для плиты перекрытия на шлаковом бетоне*

Для осуществления сравнительного анализа полученных вариантов конструирования произведено сравнение по расходу арматурной стали стержней дополнительных сеток в направлении X путём принятия их схемы размещения (рис. 13).

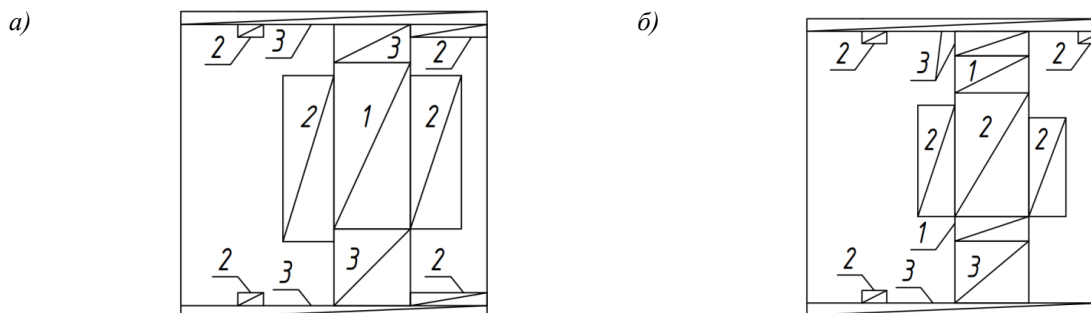


Рис. 13. Схема раскладки нижних дополнительных сеток в монолитной плите:  
а) на обычном бетоне; б) на шлаковом бетоне:  
стержни вдоль X (1 -  $\varnothing 10$ , шаг 200 мм; 2 -  $\varnothing 8$ , шаг 200 мм; 3 -  $\varnothing 14$ , шаг 100 мм)

На основании полученной раскладки дополнительных сеток производим технико-экономическое сравнение полученных вариантов путём составления табл. 3 расхода и стоимости арматурной стали для стержней в направлении X.

Таблица 3

Технико-экономическое обоснование расхода арматурной стали  
для стержней нижних дополнительных сеток в направлении X шлакового бетона

№ п/п	Арматура							Стоимость, руб	
	Кол-во, шт.	Класс	Диаметр, мм	Длина стержня, м	Длина общая, м	Масса кг/пог. м	Масса общая, кг	пог. м	общая
Бетон на обычном заполнителе									
1	34	А400	$\varnothing 10$	3	102	0.617	62.93	64	6528
2	64		$\varnothing 8$	2	142	0.395	50.56	41	5822
3	6			3	18	0.395	7.11		738
4	6			1	6	0.395	2.37		246
5	45		$\varnothing 14$	3	135	1.208	163.08	114	15390
6	12			12	144	1.208	173.95		16416
ИТОГО							460.01	-	45184
Бетон на шлаковом заполнителе									
7	14	А400	$\varnothing 10$	3	42	0.617	25.91	64	2688
8	26		$\varnothing 8$	3	78	0.395	30.81	41	3198
9	44			1.5	66	0.395	26.07		2706
10	9			1	9	0.395	3.56		369
11	35		$\varnothing 14$	3	105	1.208	126.84	114	11970
12	12			12	144	1.208	173.95		16416
ИТОГО							255.22	-	37347

Анализ размещения нижней рабочей арматуры в направлении X представленной раскладки дополнительных сеток (рис. 13а, б; табл. 3) показывает, что в случае применения шлакового бетона расход арматурной стали  $\varnothing 10$  снижается в пролёте, где размещено оборудование с 62,93 кг до 25,91 кг. Кроме того, в менее нагруженных смежных пролётах характерно меньшее количество рабочих стержней  $\varnothing 8$  (26,07 кг вместо 50,56 кг). Около опор плиты для шлакового бетона необходим меньший расход арматурной стали  $\varnothing 14$ , чем для обычного бетона (126,84 кг против 163,08 кг).

Стоимостная оценка арматурной стали стержней в направлении X нижних дополнительных сеток показывает, что стоимость при применении металлургического шлака в бетоне составляет 37347 рублей, что меньше стоимости арматурной стали в плите из обычного бетона (45184 рублей).

В целом запроектированная плита перекрытия на бетоне с шлаковым песком получается на 15,8 % экономичнее по расходу и на 17,3 % по стоимости арматурной стали, необходимой для армирования в дополнительных нижних сетках вдоль оси X.

Также может быть произведена стоимостная оценка по расходу материалов, необходимых для изготовления обычного бетона и бетона на шлаковом песке (табл. 4).

Таблица 4

Технико-экономическое обоснование состава шлакового бетона

№ п/п	Вид заполнителей для конструкционных бетонов	Соотношение компонентов состава бетона (Ц:П:Щ при В/Ц)	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> конструкции	Стоимость материалов на 1 м <sup>3</sup> конструкции, руб.
1	Песок кварцевый, щебень гранитный	1:2,6:3,2 при В/Ц=0,54	1. Цемент – 324 кг 2. Песок кв. – 842 кг 3. Щебень гр. - 1037 кг	1296 1263 1244 3803
2	Песок кварцевый, песок шлаковый, щебень гранитный	1:2,6:3,2 при В/Ц=0,6 и ШП/П=30%/70%	1. Цемент – 324 кг 2. Песок кв. – 589 кг 3. Песок шл. – 253 кг 3. Щебень гр. - 1037 кг	1296 884 61 1244 3485

Анализ табл. 4 показывает, что при введении 30 % шлакового металлургического песка вместо обычного кварцевого уменьшается стоимость по материалам на 8 %.

Таким образом, полученный экспериментальный состав бетона с введением шлакового заполнителя – металлургического песка в количестве 30 % от общей массы песка – обеспечивает повышение прочности бетона при аналогичном расходе материалов с получением класса по прочности на сжатие В30 против В20 на обычном заполнителе. Рассмотренный расчёт применения такого бетона в монолитной железобетонной плите

перекрытия здания ТЭЦ, где установлено наиболее тяжёлое деаэрационное оборудование, показывает, что при армировании плиты перекрытия доминирующей составляющей экономии арматурной стали является экономия расхода и стоимости стержней дополнительных сеток в нижней зоне плиты в направлении X. Сконструированные возможные варианты расположения таких сеток позволяют оценить, что в случае шлакового бетона можно получить на 15,8 % меньше расхода арматурной стали и на 17,3 % меньше её стоимости по сравнению с вариантом проектирования плиты на обычном бетоне. Кроме того, приведённый анализ по стоимости материалов, необходимых для изготовления шлакового бетона, показывает, что возможно уменьшение его стоимости на 8 % за счёт малой стоимости шлакового песка. Детальный анализ вышеприведённых факторов свидетельствует о рациональном и экономичном применении металлургического песка в несущих конструкциях из монолитного железобетона в зданиях ТЭЦ, обеспечивающего повышение прочности бетона на сжатие и уменьшение стоимости материалов, необходимых для изготовления.

#### Литература

1. Строительство тепловых электростанций. Проектные решения тепловых электростанций: учебник для вузов / И. К. Вишницкий, Ю. И. Кириллов, Б. Ф. Лейпунский [и др.]; под ред. В. И. Теличенко. – Москва: Изд-во АСВ, 2010. – Т. 1. – 376 с.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона: учебник / Ю. М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 528 с.: [сайт]. – URL: <https://www.litres.ru/u-bazhenov/tehnologiya-betona-17187374> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
3. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебное пособие / Л. И. Дворкин, И. А. Пашков. – К.: Высшая школа, 1989. – 208 с.
4. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. – Москва: [сайт]. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
5. Металлургический завод Балаково: [сайт]. – URL: – <https://ballmetall.ru> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
6. ТУ 08.12.13.000-002-82663090-2019 Песок шлаковый фракции 0-10 мм. Технические условия. – АО «Металлургический Завод Балаково», 2019. – 6 с.
7. Голова, Т. А. Подбор состава бетонной смеси как основа формирования эффективных строительных конструкций / Т. А. Голова, Л. Д. Зотов // Актуальные вопросы современной науки и практики. – 2019. – № 10(25). – С. 35-41.: [сайт]. – URL:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41784980> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

8. Голова, Т. А. Шлаки металлургического производства и их применение в бетонах / Т. А. Голова, Л. Д. Зотов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 350-355: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46124553&pff=1> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

9. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 124 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732352.pdf> (дата обращения: 01.12.2021) – Текст: электронный.

10. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – Москва: АО «НИЦ «Строительство», 2017. – 92 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747667.pdf> (дата обращения: 01.12.2021) – Текст: электронный.

11. Городецкий, Д. А. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2013: учебное пособие / Д. А. Городецкий [и др.]; под редакцией А. С. Городецкого. – Киев-Москва, 2013. – 376 с.

12. Теплокомплект. Котельно-вспомогательное оборудование от производителя: [сайт]. – URL: <https://teplokomplekt.ru> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 624

### **Проектирование сталежелезобетонных перекрытий зданий ТЭС**

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Старостина Екатерина Сергеевна, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*В настоящее время решение проблем экономии материалов, трудоемкости проектирования, изготовления и монтажа ведется по нескольким направлениям. Среди них важную роль играют совершенствование конструктивных форм зданий и сооружений,*



*применение прогрессивных строительных материалов, развитие новых методов анализа работы конструкций, более точно отражающих поведение материалов, разработка и внедрение систем автоматизированного проектирования и методов оптимизации в практику расчета и конструирования.*

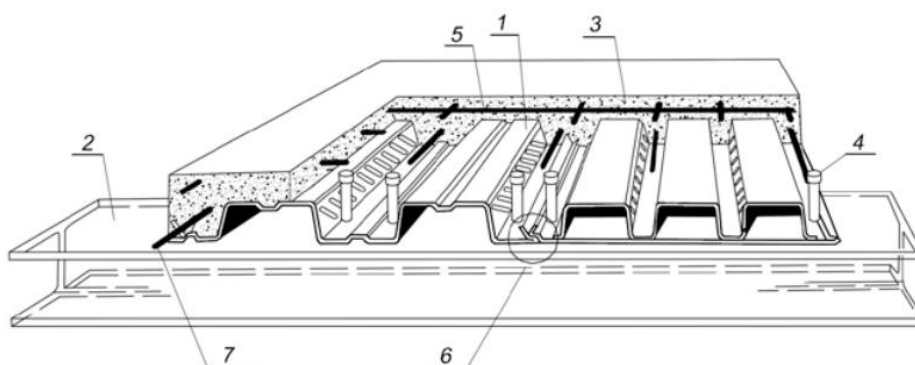
*Решение этих задач должно быть в первую очередь обеспечено в ведущих отраслях строительства, в том числе при строительстве и реконструкции промышленных зданий. Важнейшим видом несущих конструкций промышленных зданий являются перекрытия. Сталежелезобетонные конструкции в мировой строительной практике относятся к стандартным решениям. Они объединяют в себе ряд преимуществ, среди которых высокая скорость возведения и снижение ресурсоемкости, что позволяет значительно повысить экономическую эффективность в целых сегментах строительства промышленных сооружений.*

Здания современных ТЭС выполняются с каркасом, который воспринимает нагрузки от оборудования, атмосферных воздействий и собственной массы конструкций. При этом стены выполняют только функции ограждения и обеспечивают требуемый температурный режим. Каркасы главных корпусов и других зданий могут выполняться в железобетоне или в металле. Сталежелезобетонные перекрытия рекомендуется применять в конструкциях всех типов зданий на основе вариантного проектирования и сравнительного анализа затрат на строительство.

Каркас состоит из колонн, ригелей и ферм, образующих в поперечном направлении раму с жесткими или шарнирными узлами. Продольная жесткость главного корпуса обычно обеспечивается с помощью распорок, жестко присоединяемых к колоннам. Для металлического каркаса применяются шарнирные распорки со связями. При выборе той или иной схемы следует иметь в виду, что в схеме со связями колонны, примыкающие к ним, несут большую нагрузку за счет передачи на связи усилий от продольного торможения крана, ветра, действующего на торец, и других нагрузок.

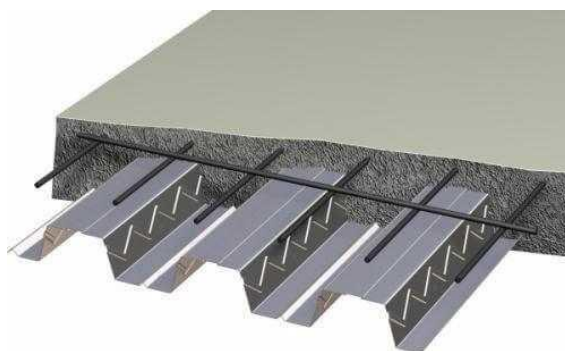
В производственных объектах плиты по профилированным настилам в комбинации со стальными элементами балочной клетки также следует применять для закрытых и открытых этажей, технологических площадок, транспортных галерей, перекрытий перегрузочных станций и т.д. В таком случае применение сталежелезобетонного перекрытия дает возможность заменить сложные по конфигурации опалубочные работы несъемной опалубкой из профнастила и получить жесткое ребристое перекрытие, упростить устройство проемов и выбрать наиболее простые схемы балочных клеток.

Проектирование сталежелезобетонных плит (рис. 1, 2) с профилированным настилом следует выполнять согласно СП 266.1325800 [1], а также СТО АРСС 1 1251254.001-018-4 «Руководство по проектированию сталежелезобетонных конструкций» [2].



*Рис. 1. Устройство сталежелезобетонного перекрытия:*

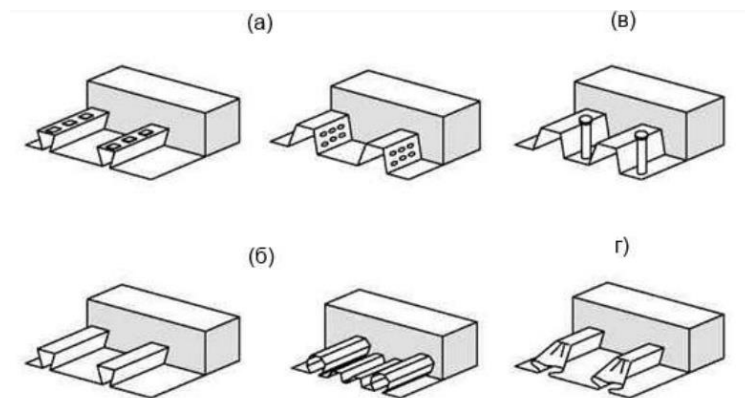
- 1 – стальной профилированный настил с рифлеными стенками гофров;  
 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон плиты; 4 – стержневой упор;  
 5 – сетка противоусадочного армирования; 6 – соединение гофрированных профилей  
 между собой; 7 – рабочая арматура*



*Рис. 2. Бетонирование перекрытий по профнастилу*

Плита по профилированному настилу может рассчитываться как сталежелезобетонная только при использовании профнастила, способного к передаче горизонтального сдвига по контакту с бетоном. Адгезионное сцепление стального профилированного листа с бетоном не считается эффективным обеспечением совместной работы. Совместная работа стального профилированного настила и бетона [1-5] обеспечивается одним или комбинацией следующих методов (рис. 3):

- а) механическая связь сдвига при помощи выштамповок в профиле (рифлы и тиснения);
- б) фрикционная связь в настилах с гофрами закрытого типа;
- в) концевая анкеровка соединительными элементами только в комбинации с (а) или (б);
- г) концевая анкеровка деформацией гофров только в комбинации с (б).



*Рис. 3. Типовые формы образования сдвигового соединения в сталежелезобетонных плитах*

При устройстве перекрытия с использованием в качестве несъемной опалубки и внешней арматуры настила из профилированного листа по СТО 57398459-001-2010 [6] обеспечивается сцепление и совместная работа настила с бетоном. При опирании перекрытия на прогоны обеспечивается их совместная работа за счет болтов, привариваемых по всем несущим балкам.

Эффективность широкого применения и перспективность данного типа конструкций в перекрытиях объясняется рядом существенных преимуществ [4, 5]:

1. Высокая скорость строительства. Подавляющее большинство сталежелезобетонных конструкций зданий представляют собой сборную металлическую основу, которая одновременно служит частью несущего каркаса, армированием и несъемной опалубкой, куда укладывается бетон. Такое решение позволяет в кратчайшие сроки выполнить монтаж каркаса и значительно упростить бетонные работы, исключая большую часть опалубочных работ, в частности демонтаж опалубки. Одно звено рабочих способно монтировать до 150м<sup>2</sup> профнастила для плит перекрытий в смену с привлечением крана только для подачи пачек на высоту. При этом настил одновременно является несъемной опалубкой перекрытия, уменьшает объем армирования и создает рабочую площадку для передвижения рабочих, позволяя раньше приступить к последующим процессам.

2. Снижение материалоемкости каркаса. Сталежелезобетонные перекрытия обеспечивают увеличение несущей способности и жесткости конструкции. В них используется принцип совместной работы металлических элементов с железобетоном, что распределяет внутренние усилия между соответствующими частями сечений, повышая их расчетные характеристики. Благодаря этому снижается общая металлоемкость, уменьшаются размеры сечений и общая строительная высота перекрытий. Снижение металлоемкости типового длинно-пролетного перекрытия благодаря композитной работе составляет до 20 %. При использовании варианта монолитных плит по стальным профилированным настилам

результатом является более эффективная ребристая плита взамен классической – плоской. Приведенная толщина наиболее простых плит по настилам высотой до 85 мм находится в пределах 100 мм в сравнении с 120-150 мм для аналогичной плоской плиты.

3. Большие пролеты при небольших габаритах. Повышенная жесткость говорит об уменьшении их габаритов обеспечения совместной работы с железобетоном. Положительными эффектами подобной оптимизации станут увеличение пространства для разводки коммуникаций перекрытия, возможность повышения этажности, уменьшение отапливаемого объема и теплопотерь. Например, высота 16-метровой балки перекрытия 500 мм взамен 1000 мм при аналогичной металлоемкости благодаря обеспечению совместной работы с плитой, использованию стали повышенной прочности, приданию балке строительного подъема.

4. Экономия бетона до 30 % в сравнении с традиционным конструктивным решением перекрытия, в котором элементы работают независимо.

5. Работа перекрытия как диафрагмы, что позволяет обеспечить общую устойчивость колонн и равномерно распределить горизонтальную нагрузку на вертикальные связи каркаса.

6. Увеличение жесткости перекрытия в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что позволяет уменьшить конструктивную высоту перекрытия для одного и того же пролета при тех же нагрузках и получить меньшую высоту этажа, экономя затраты на обшивку здания, вертикальные несущие конструкции или давая больше пространства под инженерные сети.

7. Снижение веса перекрытия, что обуславливает снижение стоимости несущих конструкций и фундаментов.

8. Многофункциональность стального профилированного настила: воспринимает нагрузки при монтаже, действует как рабочая площадка во время монтажа, работает совместно с бетоном в стадии эксплуатации, препятствует потере общей устойчивости металлических балок, дает возможность гибкого размещения электрических систем, служит облицовкой нижней поверхности плиты перекрытия.

9. Исключение многорядности стержневой арматуры по высоте сечения монолитной плиты благодаря использованию арматуры из профлиста, что позволяет значительно упростить укладку и уплотнение бетона.

10. Легкость опалубки для транспортировки вручную и резки.

11. Возможность использования в каркасах при нестандартных шагах и пролетах конструкций, а также при реконструкции зданий.

## Литература

1. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные, правила проектирования. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 132 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747659.pdf> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.
2. СТО АРСС 1 1251254.001-018-4 Руководство по проектированию сталежелезобетонных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 4 и национальными приложениями Украины. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 114 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293727/4293727164.pdf> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.
3. Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 107 с.: [сайт]. – URL: <https://docplayer.com/74289047-Evrokod-4-proektirovanie-stalezhelezobetonnyh-konstrukciy-chast-1-1-obshchie-pravila-i-pravila-dlya-zdaniy.html> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.
4. Беляев, Н. А. Проектирование сталежелезобетонных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 4: учебник для иностранных студентов строительного факультета / под общ. ред. Н. А. Беляева. – Киев: ИД «Освита Украины», 2021. – 500 с.: [сайт]. – URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/publications/eurocodes/navchalne-vidannya-proektuvannya-stalezal%D1%96zobetonnih-konstrukts%D1%96j-bud%D1%96vel-v%D1%96dpov%D1%96dno-do-uevrokodu-4.pdf> (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.
5. Балугев, В. Ю. Автоматизированное оптимальное проектирование сталежелезобетонных перекрытий: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Балугев Владимир Юрьевич; Уральский государственный технический университет. – Екатеринбург, 2004. – 149 с.: [сайт]. – URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01002627772.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002627772.pdf) (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.
6. СТО 57398459-001-2010 Профили стальные листовые гнутые для сталебетонных перекрытий. Технические условия. – Рязань, 2010. – 34 с.: [сайт]. – URL: [http://www.proflist.ru/techinfo/STO\\_57398459-001-2010.pdf](http://www.proflist.ru/techinfo/STO_57398459-001-2010.pdf) (дата обращения: 26.11.2021). – Текст: электронный.

### **Закрытые градирни, применяемые в промышленности**

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*Рассмотрены закрытые градирни, применяемые в промышленности, их принцип и особенности работы; приведены основные свойства градирен и их области применения. Указаны преимущества и недостатки каждого типа градирен.*

Градирни применяются практически во всех отраслях промышленности. Они находят применение в энергетической, химической, нефтеперерабатывающей, металлургической отраслях, в производстве минеральных удобрений и в других сферах. Наибольшее применение они нашли на атомных и тепловых электростанциях для охлаждения различного технологического оборудования, где используется огромное количество оборотной воды.

В гражданских зданиях градирни также используются, например, для охлаждения такого оборудования, как конденсаторы холодильных установок; при кондиционировании воздуха в разных помещениях; широко применяют при охлаждении электрогенераторов.

Разновидности градирен.

По передаче тепла атмосферному воздуху градирни (рис. 1) делят на:

- испарительные; здесь передача тепла от воды к воздуху осуществляется в основном за счет испарения;
- радиаторные (сухие); здесь передача тепла от воды к воздуху осуществляется через стенку радиаторов, причем за счет теплопроводности и конвекции;
- смешанные; здесь используется одновременная передача тепла за счет трех факторов – испарения, теплопроводности и конвекции.



Рис. 1. Типы наиболее распространенных градирен [1]

За предел охлаждения воды в испарительных градирнях принимают температуру атмосферного воздуха по смоченному термометру, а в радиаторных градирнях принимают температуру атмосферного воздуха по сухому термометру. Практика эксплуатации градирен показала, что температура в испарительных градирнях бывает ниже температуры по сухому термометру.

Существенное различие разных типов градирен заключается в следующем.

Испарительные градирни обеспечивают лучшее охлаждение воды по сравнению с радиаторными градирнями. Если в оборотной воде имеются примеси (взвеси в сочетании с маслами и нефтепродуктами), то целесообразно использовать брызгальные градирни.

Радиаторные градирни имеют небольшую глубину охлаждения воды и небольшие коэффициенты теплоотдачи. У них малая теплоемкость воздуха, из-за чего для охлаждения требуется значительное количество воздуха. Однако радиаторные градирни целесообразно применять в районах с дефицитом воды, а также когда надо ограничить контакт охлаждаемой воды с воздухом.

В комбинированных (радиаторно-испарительных) градирнях охлаждение воды происходит через стенки радиаторов, которые орошаются водой снаружи. Вода, движущаяся по радиаторам к воздуху, охлаждается за счет теплопроводности радиаторной стенки и испарения орошаемой воды.

Приведенные типы градирен имеют разные модификации, размеры, а также виды оросительных устройств и могут быть выполнены из разных материалов [2].

В данной работе рассмотрим некоторые типы закрытых (сухих) градирен подробнее.

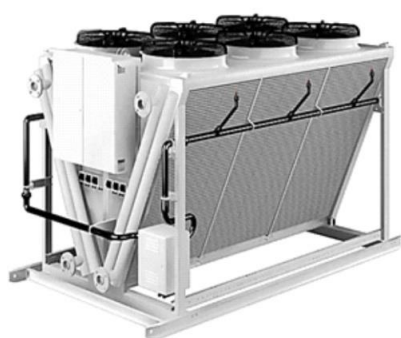
Драйкулерная градирня.

Драйкулерная градирня относится к сухой градирне, класса вентиляторных градирен.

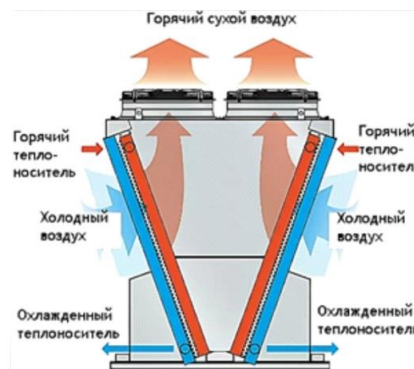
Здесь происходит охлаждение воды за счет ее распыления в окружающей среде и

накопления в резервуаре (рис. 2а). Из данной емкости охлажденная вода поступает по трубопроводам уже на потребитель. При распылении воды и происходит самоохлаждение и увлажнение воздуха. Если охлаждение выполняется в закрытом теплообменнике, то драйкулер уже является закрытой сухой градирней, в которой отсутствует увлажнение окружающей среды [1].

Принцип работы основан на прохождении теплоносителя через систему трубок с оребрением, на которые происходит обдув вентиляторами (рис. 2б). Благодаря этому получается передача теплоты наружному воздуху. Данная система циркуляции теплоносителя происходит по замкнутому герметичному контуру, поэтому потери теплоносителя при испарении практически исключены.



а



б

Рис. 2. Драйкулерная градирня:

а – вид снаружи (драйкулер GUNTNER) [3]; б – схема работы [4]

Достоинства драйкулерной градирни:

- ◆ простота конструкции позволяет легко обслуживать в процессе эксплуатации градирни;
- ◆ возможность применения различных теплоносителей;
- ◆ заметное уменьшение электроэнергии для функционирования драйкулерной градирни;
- ◆ возможная установка градирен в разных объемно-планировочных помещениях и на открытых площадках;
- ◆ несложная конструкция градирни позволяет снизить затраты на ремонтные работы.

Недостатки градирни:

- технологические трудности с охлаждением воды до требуемой температуры;
- малая производительность градирни.

Применение градирни.



Рассмотренные драйкулерные градирни преимущественно используются, когда достаточно охлаждения теплоносителя до температуры, несколько отличающейся от температуры наружного воздуха. В качестве теплоносителя используется вода или гликолевые растворы (этиленгликоль или пропиленгликоль) [1].

Драйкулерные (сухие) градирни применяют:

- в общественных зданиях: в торгово-развлекательных центрах, на рынках, в административных зданиях и офисных центрах; на аэровокзалах и др.;
- на промышленных объектах: атомных и тепловых станциях; химической и пищевой промышленности.

Закрытые испарительные градирни.

Данный тип испарительных градирен имеет закрытый контур охлаждаемой воды (рис. 3). То есть охлаждаемая вода проходит по трубкам теплообменника и не смешивается с водой из внутреннего контура градирни. Теплообменник выполняют из нержавеющей стали. Из собственного контура градирни вода поступает в бассейн (рис. 3). Вода поступает на ороситель. Проходя через него, испаряется, охлаждается и попадает на теплообменные трубки. Внутри теплообменных трубок течет охлаждаемая жидкость. Для этого применяют воду, масло, фреон или другие вещества. Вода охлаждает теплоноситель, и сама при этом нагревается [5].

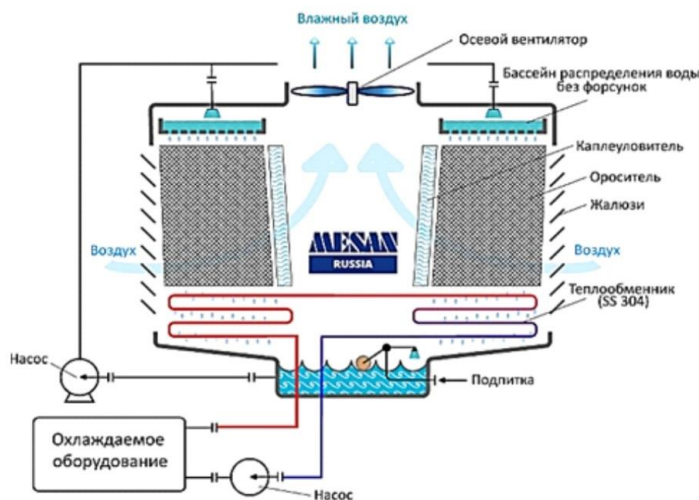


Рис. 3. Схема работы закрытой испарительной градирни [5]

Достоинства градирни:

- ◆ экологически чистый объект; теплоноситель не загрязнен; охлаждаемое оборудование практически чистое;
- ◆ объем теплоносителя постоянный; подпитка контура не требуется;
- ◆ возможность применения в качестве теплоносителей различных веществ – масла, фреона и других;

- ◆ существенное снижение затрат на обслуживание градирни.

Недостатки градирни:

- в сравнении с открытыми градирнями имеет большую стоимость;
- для выполнения технологического процесса дополнительно требуется насос;
- относительно большой удельный вес.

Применение градирен.

Закрытые испарительные градирни целесообразны на объектах, где по условиям технологических процессов и их обслуживания предъявляются жесткие требования к чистоте теплоносителя (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Закрытая испарительная градирня [5]:  
а – MESAN MST-7100/7200; б – действующая градирня, Россия

Такие типы градирен применяются в качестве воздушных кондиционеров, контрольно-измерительных приборов, электропечей в металлургической и химической промышленности, на подстанциях атомных электростанций. Они могут быть использованы в промышленном производстве охлаждающего масла и медной фольги, а также для охлаждения крупных масляных компрессоров.

Выводы.

В результате краткого анализа градирен установлено:

- градирни по способу передачи тепла атмосферному воздуху подразделяются на испарительные, радиаторные и смешанные;
- закрытые градирни делят на драйкулеры и испарительные;
- драйкулеры используются, когда в качестве теплоносителя применяют жидкости, такие как этиленгликоль;
- закрытые испарительные градирни целесообразно применять, когда в оборотной воде наличие солей, пыли или других веществ не допускается, когда требуется охладить не воду, а какой-либо теплоноситель.

## Литература

1. Градирни и очистные сооружения / НПО Агростройсервис: [сайт]. – URL: <https://acs-nnov.ru/gradirnya.html> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
2. Студенческая библиотека онлайн: [сайт]. – URL: [https://studbooks.net/623573/tovarovedenie/analiz\\_suschestvuyuschih\\_tipovyh\\_konstruktsiy\\_gradiren](https://studbooks.net/623573/tovarovedenie/analiz_suschestvuyuschih_tipovyh_konstruktsiy_gradiren) (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
3. StroiRem: [сайт]. – URL: <https://stroirem.net/board/i-231094/sukhie-gradirni-okhladiteli-zhidkostej-drajkulery-kondensatory-vozdushnye/> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
4. Дымohod-msk.ru. – Все про отопление: [сайт]. – URL: <https://dymohod-msk.ru/gradirna/> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
5. Компания ЭСТ – эксклюзивный дистрибутор продукции абсорбционных холодильных машин: [сайт]. – URL: <https://est-rus.ru/oborudovanie/gradirni/vidyi-gradiren/zakryitiye/> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
6. Портал ТопКлимат: [сайт]. – URL: [http://www.topclimat.ru/publications/cooling\\_towers\\_for\\_types.html#5](http://www.topclimat.ru/publications/cooling_towers_for_types.html#5) (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.

УДК 624.953.046

### **Конструктивные особенности вытяжных башен, применяемых на промышленных объектах**

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Князькина Екатерина Владимировна, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

*В данной работе рассмотрены вопросы проектирования вытяжных башен, даны основные конструктивные решения несущих башен. Приводятся конструктивные решения башен с различными изломами граней и без них, проанализированы основные их*

*достоинства, недостатки и применение. Представлены технико-экономические показатели элементов из разных профилей.*

Постоянно возрастает потребление энергетических ресурсов. В последнее время бурное развитие ряда отраслей производств, включая энергетические ресурсы, вызывает увеличение объемов вредных отходов предприятий. Это ставит проблему охраны чистоты атмосферного воздуха на одно из первых мест, возводит ее в одну из важнейших мировых проблем в современном мире. Вытяжные башни на различных объектах способствуют рассредоточению вредных веществ, и чем выше газоотводящие трубы, тем большее рассредоточение грязных веществ. Поэтому тема статьи весьма актуальна. Вытяжные башни и дымовые трубы являются уникальными высотными сооружениями, подверженными воздействию термических, ветровых, весовых нагрузок. В процессе эксплуатации сооружений происходит насыщенный коррозионный процесс, разъедающий антикоррозионные слои внутренних и наружных поверхностей газоходных труб.

Назначение и условия работы высотных сооружений вследствие непрерывного роста производственной сферы, а также уровня развития технологических процессов имеют значительные изменения. С появлением инновационных материалов существенно изменяются и улучшаются защитные слои. Постоянно совершенствуется конструкция башен с учетом ее назначения, района строительства и необходимой высоты.

Разновидности вытяжных труб и башен.

В зависимости от назначения газоотводящие трубы и вытяжные башни возводят различных конструктивных решений. В целом их можно разделить на три типа [1]: свободно стоящие трубы, подкрепленные трубы, самонесущие вытяжные башни с газоходами (рис. 1).

Вытяжные башни – это пространственные высотные сооружения, имеющие четкое разделение конструктивных решений и обслуживающего оборудования и состоящие из несущей конструкции и газоотводящих стволов, представляющих оборудование производства. Башня выполняется из стали решетчатой, а газоотводящие стволы из труб, предназначенных для отвода газов различной концентрации в атмосферу.

Основное отличие конструктивного решения вытяжной башни от свободно стоящих вытяжных труб, совмещающих две функции: несущей конструкции и отводящей газы – это четкое разделение несущих и технологических функций сооружения. Такой подход позволяет применить для труб и решетки башни разные материалы, повысить коррозионную стойкость газоходных труб и в целом долговечность высотного сооружения.

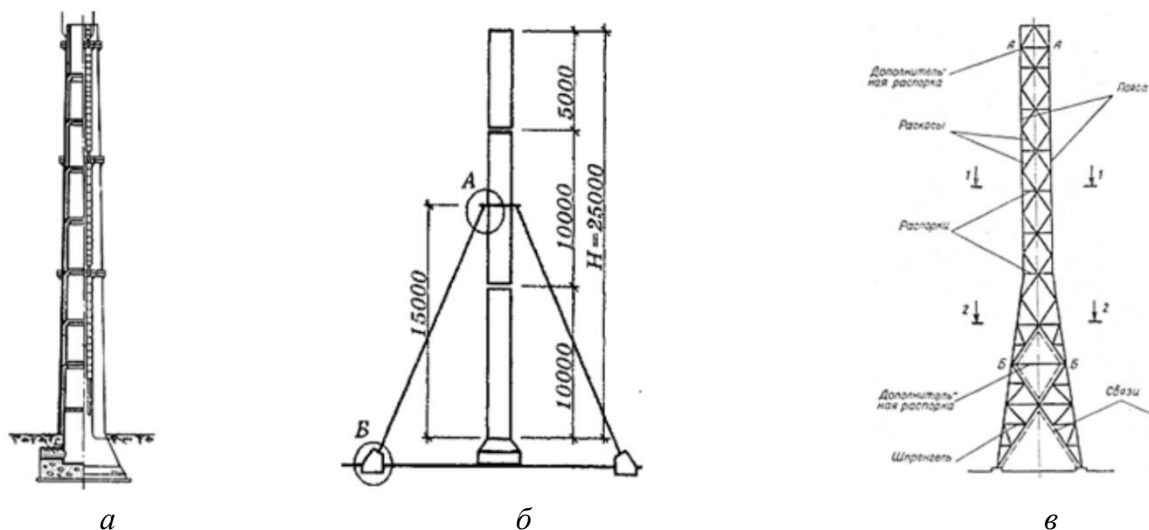


Рис. 1. Конструктивное решение газоотводящих сооружений:  
 а – свободно стоящая труба; б – труба, подкреплённая оттяжками;  
 в – самонесущая вытяжная башня

Рассмотрим вытяжные стальные башни с газоходами более подробно [1-5]. Согласно рекомендациям вытяжные башни экономически целесообразно применять при высоте сооружения 120 м и более [1]. Стальные решетчатые башни можно классифицировать следующим образом:

- по количеству граней – трех-, четырех- и многогранные (6, 8 и более граней);
- по конструктивной схеме – без переломов граней по высоте и с переломами граней;
- по схеме решетки – крестовая, ромбическая, треугольная, комбинированная, разреженная.

В практике строительства наибольшее распространение получила башня с четырьмя гранями. Она наиболее целесообразна к применению при высоте сооружения более 200 м (рис. 1в).

Пространственная форма вытяжных башен.

Форма башни определяется соотношением ее основных размеров и ее контуром в пространстве. Наибольшее распространение нашла форма башни с одним и двумя переломами поясов (рис. 2, 3). При небольшой высоте сооружения целесообразно использовать башни без переломов поясов с постоянным уклоном граней по всей высоте сооружения (рис. 4) либо с параллельными поясами. На выбор формы башни влияют технологические требования, предъявляемые к проектируемому объекту.

Исходя из опыта проектирования и эксплуатации вытяжных башен, установлены некоторые соотношения ее основных размеров – ширина основания и диаметр газоотводящего ствола, определяющие выбор конструктивной формы. Для сооружений высотой 80...150 м они приведены в табл. 1. При высоте башен менее 80 м целесообразно принимать башни без изломов граней – с параллельными или наклонными поясами.

Рекомендуемые соотношения размеров вытяжных башен [1]

Количество изломов граней башни по высоте		$H/D$	$H/A$	$h_0/H_0$	$h_{cp}/H_0$	$h_n/H_0$	$A/a_1$	$h_{norm}/A$
По проектным данным	Один	16,7 – 33,3	5,22 – 9,24	0,46 – 0,73	--	0,27 – 0,54	1,87 –	0,74 – 1,31
	Два	30 – 75	4,8 – 6,67	0,28 – 0,5	0,18 – 0,36	0,3 – 0,45	3,3 2 – 3,22	0,56 – 1,22
Рекомендуемые	Один	< 30	> 6,7	0,46 – 0,73	--	0,27 – 0,54	1,9 – 3,3	0,6 – 1,3
	Один	30 – 33,3	5,2 – 6,7	--	--	--	1,9 – 3,3	0,6 – 1,3
	Или							
	Два Два	> 33,3	> 5,2	0,28 – 0,5	0,18 – 0,36	0,3 – 0,45	1,9 – 3,3	0,6 – 1,3

Каждая конструктивная форма башни имеет преимущества и недостатки и в основном зависит от технологического процесса объекта. Оценка эффективности той или иной формы осуществляется путем вариантного сравнения и обоснования данных по расходу материалов и трудозатратам на изготовление и монтаж высотного сооружения. При принятии формы башни немаловажный фактор – это ее эстетическое представление: сооружение должно выглядеть легким и красивым.

#### А. Форма башни с двумя переломами.

Силуэт башни с двумя переломами граней в наибольшей степени приближается к конфигурации стержня равного сопротивления, что обеспечивает относительное постоянство усилий по всей высоте пирамидальных частей башни.

#### Достоинства:

- приближение к конфигурации стержня равного сопротивления;
- обеспечивается относительное постоянство усилий по всей высоте башни;
- уменьшается расход стали.

#### Недостатки:

- имеют большую трудоемкость в процессе изготовления и монтажа сооружения в сравнении с другими типами башен;

- характеризуются наибольшим количеством разновидностей монтажных элементов и узловых сопряжений.



Рис. 2. Вытяжная башня в г. Балаково, АО «Апатит»

Применение:

- целесообразно применять при большой высоте;
- при достижении максимальной экономии стали.

На рис. 2 показана вытяжная башня с двумя изгибами граней, построенная на АО «Апатит», г. Балаково.

Б. Форма башни с одним переломом (рис. 3).

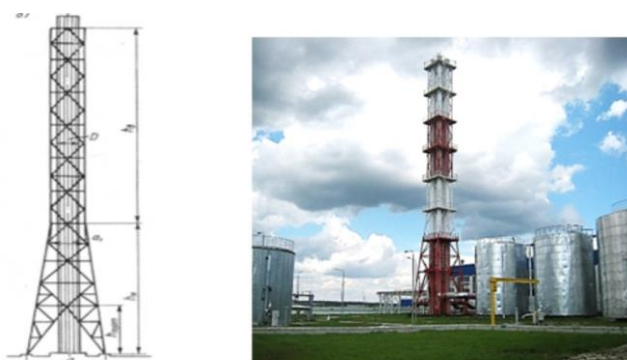


Рис. 3. Вытяжная башня с одним переломом:  
а - конструктивная схема; б – башня на ГРЭС, г. Нягань

Достоинства:

- конструкция башни имеет меньшее количество монтажных единиц в сравнении с башней с двумя переломами граней;
- повторяемость секций башни;
- уменьшается количество трудоемких узлов сопряжения элементов в поясах, где имеются переломы граней;
- снижаются трудоемкость и стоимость при изготовлении и монтаже башни.

Недостатки:

- много типов монтажных элементов и узловых сопряжений;
- большая трудоемкость работ при создании формы башни с двумя переломами.

Применение:

- целесообразно применять при высоте более 50 м;

- при достижении определенной экономии материалов.

В. Форма башни без переломов.

Схема башни с постоянным уклоном поясов в пространстве характеризуется более равномерным увеличением усилий в поясах и элементах решетки, заметно меньшей их величиной; особенно это наблюдается в верхней части башни.

Достоинства:

- просты в изготовлении за счет уменьшения сложных узлов в поясах башни;
- меньшее количество элементов в сравнении с другими типами.

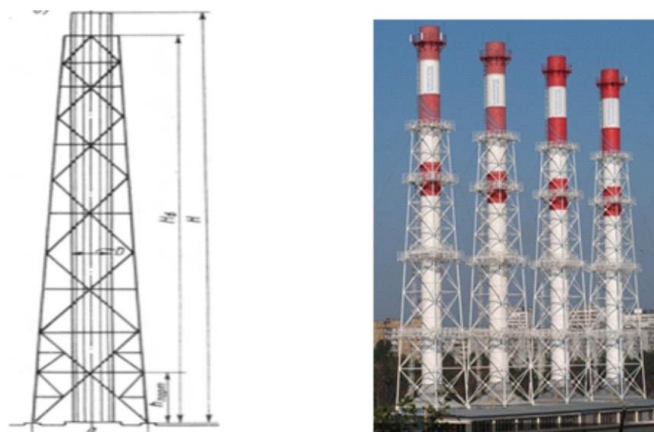


Рис. 4. Башня без переломов, РТС «Бирюлево», г. Москва

Недостатки:

- малая повторяемость элементов, что увеличивает трудоемкость на изготовление сооружения;
- повышенный расход металла за счет увеличенной длины элементов решетки, а также создания площадок и диафрагм.

Применение: башня с наклонными поясами построена в РТС «Бирюлево», г. Москва (рис. 4).

Схемы решеток башен и сечения их элементов.

Наибольшее распространение нашли следующие типы решеток: ромбическая, крестовая или треугольная (рис. 4). Выбор типа решетки в наибольшей степени зависит от высоты сооружения, района строительства, количества газоходов, а также от гибкости элементов самой решетки.

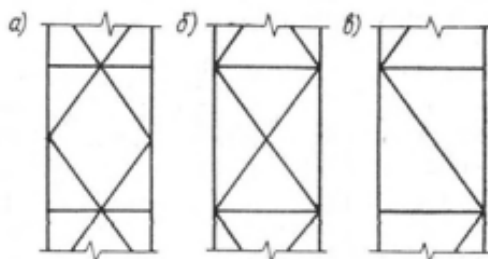


Рис. 5. Основные схемы решеток несущей башни:  
а – ромбическая; б – крестовая; в – треугольная [1]



В настоящее время распространенными типами сечений основных несущих элементов вытяжных башен являются круглые профили из труб, а также крестовые или коробчатые из прокатных уголков, гнутых профилей или листовой стали. Для анализа эффективности применения профилей в башенных конструкциях приняты пять разных вариантов выполнения элементов башни из различных профилей (табл. 2).

Расчет велся методом конечных элементов с применением программного комплекса «ЛИРА-САПР». Исходя из анализа вышеприведенных результатов, наиболее оптимальным профилем для всех элементов следует считать трубчатое сечение.

Материал для башенных сооружений.

Для вытяжных башен материал принимается в процессе выбора конструктивной схемы сооружения, назначения основной конструктивной схемы на основе вариантного сравнения и анализа характерных показателей. При этом необходимо учитывать тот факт, что качественные показатели материала существенно оказывают влияние не только на надежность сооружения и первоначальную стоимость его строительства, но и на последующие затраты во время эксплуатации.

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение разных профилей

Вариант	Профиль	Форма профиля	Номер элемента	Сечение мм	Площадь сечения, см <sup>2</sup>
1	Труба		127	127?10	76,65
2	Уголок		20	200?200?20	76,54
3	Двутавр		30Ш2	295?200?13	77,65
4	Два швеллера		300?100?8	300?100?8	75,24
5	Замкнутое сечение		250?8	250?250?8	75,24

Правильно выбранный материал позволяет:

- снизить затраты, связанные с преждевременным старением (износом) башенного сооружения; затраты включают в себя стоимость работ и материалов;

- снизить убытки при полной или частичной остановке технологического процесса. Например, применение дорогостоящих материалов, таких как титан, может окупиться в течение 3-5 лет за счет продления безремонтного срока эксплуатации башни;

- снизить коррозионные воздействия от окружающей атмосферы, вредных выбросов газов и других веществ.

Учитывая различное функциональное назначение конструкций несущей башни и газоотводящего ствола, материал для их изготовления следует выбирать с учетом условий их эксплуатации и расположения в пространстве, назначения, при этом учитывать воздействие вредной среды.

При назначении материала несущих конструкций башни и газоотводящих труб необходимо учитывать влияние изменения температуры наружного воздуха на температуру отводимых газов, приводящее к образованию конденсата, возможному нарушению нормального технологического процесса и, как следствие этого, вызывающее изменения в составе отводимых газов, их температуре и влажности.

Исходя из вышеизложенного материала, можно сделать вывод:

- ✓ многогранные башни не всегда целесообразны как по расходу металла, так и по другим показателям;

- ✓ на выбор конструктивной схемы башни существенно влияет количество газоотводящих стволов;

- ✓ решетку несущей башни наиболее часто принимают ромбическую, крестовую или треугольную;

- ✓ правильно выбранный материал для вытяжных башен позволяет снизить затраты, связанные с преждевременным старением (износом) башенного сооружения; убытки при полной или частичной остановке технологического процесса; коррозионные воздействия от окружающей атмосферы.

Таким образом, каждый из приведенных конструктивных типов вытяжных башен имеет свои преимущества и недостатки, которые преимущественно оцениваются при сопоставлении показателей по расходу стали. Наибольшее распространение нашли башни с переломами граней по высоте, так как они наименее трудоемки и позволяют максимально экономить материал при изготовлении башен. Данная работа позволила выявить основные особенности формы пространственных сооружений в виде башен.

## Литература

1. Солодарь, М. Б. Металлические конструкции вытяжных башен / М. Б. Солодарь, М. В. Кузнецова, Ю. С. Плишкин. – Изд-во: Стройиздат, 1975.
2. Краснощеков, Ю. В. Эффективность антенных опор, возводимых на ограниченной площади / Ю. В. Краснощеков // Вестник СибАДИ. – 2012. – Вып. 5(27). – С. 60-65.
3. Золотухин, С. Н. Анализ конструктивной формы антенных опор радиорелейной связи / С. Н. Золотухин, Е. Ю. Калашникова // Материалы Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный Вестник Воронежского архитектурно-строительного института. – 2011. – № 1. – С. 34-38.
4. Юрьев, А. Г. Особенности проектирования высотных стержневых конструкций из стали / А. Г. Юрьев, С. В. Ключев, А. В. Ключев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 4. – С. 42-45.
5. Серов, И. М. Специфика технического диагностирования дымовых промышленных труб для обеспечения промышленной безопасности / И. М. Серов, А. В. Зубков, С. В. Паршиков // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 12.: [сайт]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/12/61499> (дата обращения: 19.11.2021). – Текст: электронный.

УДК 539.3

### **Дополнительные деформации основания фундаментов объекта культурного наследия, расположенного в зоне влияния нового строительства**

Редков Валерий Иванович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Строительные материалы, конструкции и технологии»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Приводятся результаты компьютерного моделирования слоистого нелинейно деформируемого основания объекта культурного наследия, расположенного в зоне влияния нового строительства. В программном комплексе PLAXIS построена конечно-элементная модель и выполнен анализ напряженно-деформированного состояния геотехнической системы с оценкой дополнительных перемещений основания фундаментов существующего здания при различных схемах экскавации котлована.*

Важнейшей задачей проектирования и строительства новых зданий в условиях плотной городской застройки является выявление, геотехническая оценка и мониторинг технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния нового строительства, для предотвращения развития опасных ситуаций техногенного характера.

В г. Саратове сохранилась крупнейшая в России (после Москвы и Санкт-Петербурга) система памятников истории и архитектуры [1]. Техническое состояние большинства объектов культурного наследия (ОКН) со сроком эксплуатации более 120 лет характеризуется как ограниченно работоспособное, а отдельных зданий как аварийное, что может привести к их полному разрушению и утрате. Обеспечение эксплуатационной надежности объектов культурного наследия в условиях г. Саратова часто связано с ограничением дополнительных деформаций их оснований вследствие негативного влияния строительства новых зданий.

Площадка строительства нового многоэтажного каркасно-монолитного сооружения на сплошной фундаментной плите расположена в центральной части г. Саратова с плотной городской застройкой. Конструктивная схема нового здания – рамно-связевая. Толщина фундаментной плиты составляет 700 мм.

В геологическом строении до глубины 30 м принимают участие делювиальные суглинки и глины четвертичного возраста, перекрытые с поверхности насыпными грунтами современного возраста. Основание проектируемого здания относится ко 2-ой категории сложности, уровень подземных вод расположен на глубине 2,5-3,5 м. По потенциальной подтопляемости территория относится к I области (подтопленной в техногенных измененных условиях).

Расстояние от несущих конструкций нового сооружения до стены ближайшего существующего двухэтажного здания – около 8 м. По конструктивной схеме ОКН относятся к сооружениям с продольными несущими стенами из кирпича. Конструкции перекрытий и покрытия из древесины, фундаменты – ленточные из кирпича на известковом растворе. В наружных и внутренних стенах существующих зданий имеются трещины осадочного характера. Техническое состояние здания – ограниченно работоспособное (III категория).

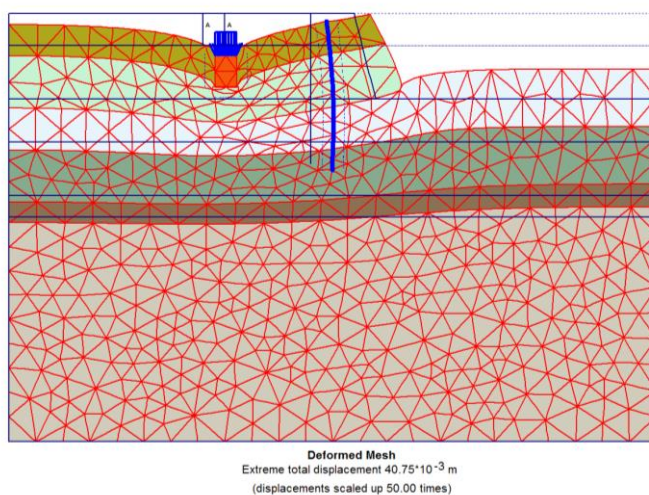
В соответствии с [2, 3] значения предельных дополнительных деформаций оснований фундаментов рассматриваемого двухэтажного здания исторической застройки – объекта культурного наследия – не должны превышать:  $(\Delta s/L)_u = 0,0004$ ;  $S_{ad, u}^{\max} = 0,5$  см.

Для анализа напряженно-деформированного состояния основания фундаментов существующего здания и шпунтового ограждения котлована в программном комплексе PLAXIS построена геометрическая модель слоистого нелинейно деформируемого

геомассива, включающего 6 инженерно-геологических элементов, определены граничные условия и создана конечно-элементная модель геотехнической системы (рис. 1).

Расчетный комплекс PLAXIS ориентирован на решение сложных геотехнических задач, возникающих на этапах строительства, эксплуатации и реконструкции сооружений.

После задания граничных условий в наборы данных введены сведения по свойствам материалов в кластерах грунта и других геометрических объектах. Для формирования начальных условий при деактивированных конструкциях геотехнической системы выполнено генерирование давления воды и начальных напряжений в основании.



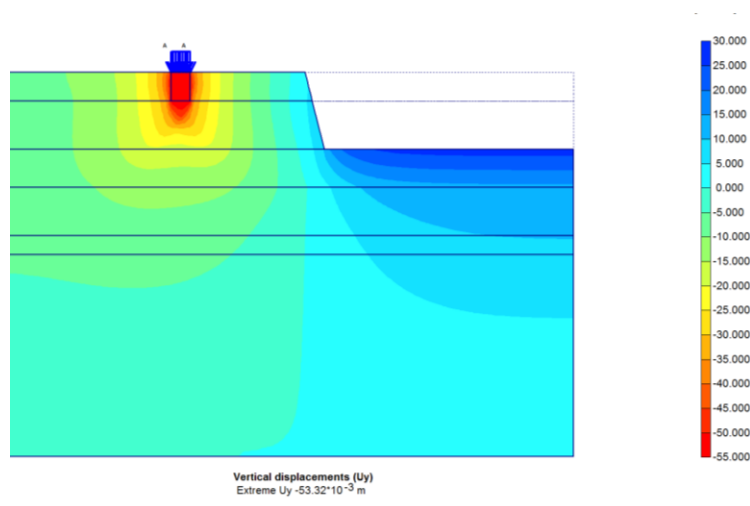
*Рис. 1. Деформированная схема конечно-элементной модели*

МКЭ–расчеты полной модели геотехнической системы производились шагово-итерационным методом в несколько этапов:

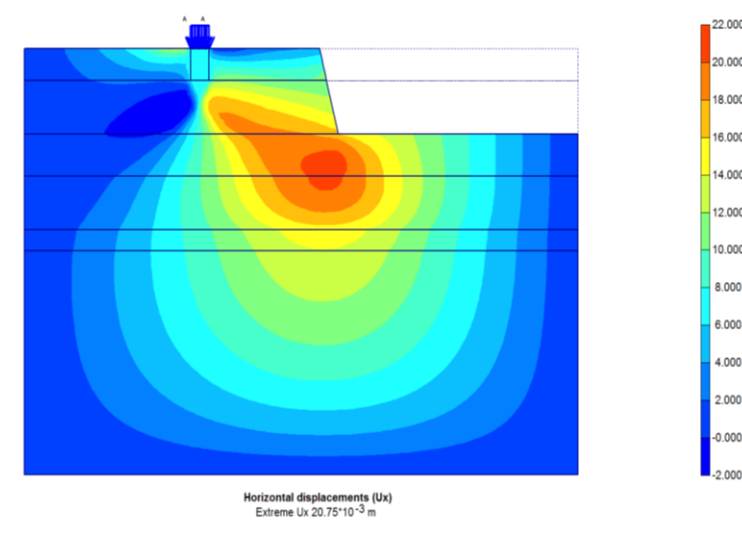
- на первом этапе моделировались ленточные фундаменты существующего здания и их загрузка (распределенная нагрузка  $150 \text{ кН/м}^2$ );
- на втором этапе моделировалось ограждение котлована из шпунта типа Ларсен-5УМ длиной 6.2 м;
- на третьем этапе моделировалась выемка грунта на глубину 3,45 м и выполнялись расчеты геомассива, включающего шпунтовое ограждение с оценкой их НДС.

В результате численных расчетов построенной КЭ-модели получены все компоненты напряженно-деформированного состояния геомассива в виде изополей напряжений, перемещений, областей предельного состояния, а также эпюры усилий в элементах шпунтового ограждения котлована для различных стадий строительства.

Предварительными расчетами геотехнической системы установлено, что при экскавации котлована без шпунтового ограждения полное перемещение основания ленточного фундамента существующего здания – ОКН возрастает с 34,92 мм до 53,32 мм (рис. 2а).

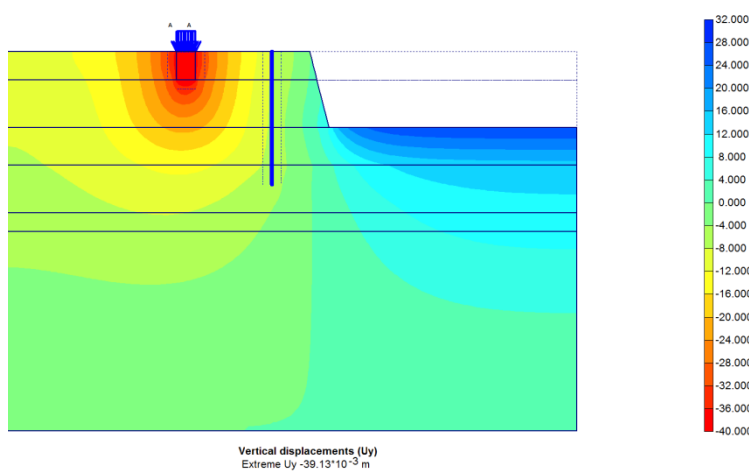


*a*

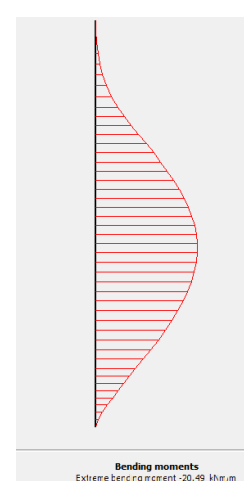


*б*

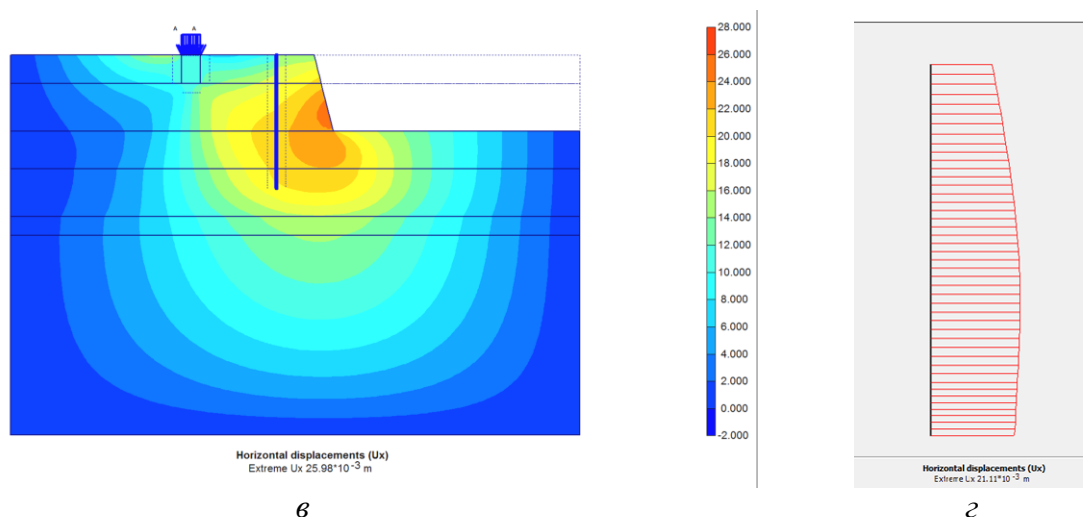
Рис. 2. Деформации основания ОКН без ограждения котлована:  
*a* – изополя вертикальных перемещений; *б* – изополя горизонтальных перемещений



*a*



*б*



*Рис. 3. Деформации основания ОКН и шпунтового ограждения котлована: а – изополя вертикальных перемещений основания; б – эпюра изгибающих моментов шпунтовой стены; в – изополя горизонтальных перемещений; г – эпюра горизонтальных перемещений шпунтового ограждения*

Анализ результатов расчетов компьютерной модели (рис. 3а) показывает, что экскавация котлована под защитой шпунтовой стенки приводит к дополнительным вертикальным перемещениям ленточного фундамента существующего здания, расположенного в зоне влияния нового строительства до 4,19 мм, что не превышает предельного значения дополнительных деформаций основания фундаментов ОКН [2, 3].

Область наибольших горизонтальных перемещений (12–26 мм) локализуется в грунтовом массиве между шпунтовой стенкой и бортом котлована (рис. 3в) и не представляет опасности для существующего здания.

На рис. 3б, 3г приведены эпюры изгибающих моментов и горизонтальных перемещений шпунтовой стенки. Принятый в проекте вариант ограждения котлована из стального шпунта по основным контролируемым параметрам обеспечивает инженерную защиту объекта культурного наследия при выполнении работ нулевого цикла.

#### Литература

1. Иноземцев, В. К. Экспертиза и мониторинг урбанизированных территорий и строительных объектов: учебное пособие / В. К. Иноземцев, В. И. Редков. – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2017. – 472 с.
2. ГОСТ Р 56198-2014. Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия. Недвижимые памятники. Общие требования. – Москва, Стандартинформ, 2015. – 24 с.
3. СП 22.13330-2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-83\*. – Москва, 2016 г. – 220 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК