

БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»



# СБОРНИК ТРУДОВ

У МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ,  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

ТОМ I

Балаково 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

# **СБОРНИК ТРУДОВ**

**V Международной  
научно-практической конференции**

**«Актуальные проблемы и пути развития энергетики,  
техники и технологий»**

**24 апреля 2019 года**

**Том I**

Балаково 2019

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» (24 апреля 2019 года). М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. Т. I. – 276 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» 24 апреля 2019 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.

Редколлегия: В.М. Земсков (ответственный редактор),

Р.А. Кобзев, О.В. Виштак, С.Н. Грицюк, М.А. Фролова, Н.М. Чернова, Т.А. Голова,

Е.Н. Донская, О.Н. Михайлова, В.М. Герасимова, Е.В. Свиридова

Статьи сборника издаются в авторской редакции.

Материалы получены до 19.04.2019

ISBN 978-5-7262-2584-5

© Балаковский инженерно-технологический  
институт (филиал)  
Национального исследовательского ядерного  
университета «МИФИ», 2019

Подписано в печать 27.05.2019. Формат 60x84 1/16

Печ. л. 17,25. 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**

### **V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»**

#### **СЕКЦИЯ 1:**

#### **«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

<b>БАРДАЕВ А.А., ЕГОРОВ М.М., АРЗАМАСЦЕВ С.В.</b>	
Лепестковый подшипник с газовой смазкой.....	10
<b>ЕЛИСТРАТОВА А.О., КРОХА А.М., УСТИНОВ Н.А.</b>	
Совершенствование газопаровой энергетической установки с поршневым ДВС изменением температурного диапазона циклов ДВС.....	17
<b>КАЛАШНИКОВ А.А., МОДИНА М.Д., УСТИНОВ Н.А.</b>	
Применение линейных электрогенераторов для преобразования акустического шума в электрическую энергию.....	21
<b>КУЗНЕЦОВА В.О.</b>	
Проблемы учёта влияния агрессивных сред на напряжённо-деформированное состояние пологих сферических оболочек из титановых сплавов.....	26
<b>МОСТОВОЙ В.Д., БИРЮКОВ В.П.</b>	
Система управления процессом токарной обработки нежестких валов.....	32
<b>РАЗУВАЕВ А.В., АКИНФИЕВА А.А., БЕЛОСТРОПОВА В.Э., СЕМИН Д.С.</b>	
Модернизированная схема установки компенсатора давления.....	39
<b>РОМАНОВА А.В., КУДАШЕВА И.О.</b>	
Влияние смазочно-охлаждающей жидкости при фрезеровании поверхностей.....	45
<b>СОРБАТ Д.М.</b>	
Расчет распределения пористости вдоль радиуса топливной таблетки.....	49
<b>ТРЕТЬЯКОВ С.С., БИРЮКОВ В.П., МОСТОВОЙ В.Д.</b>	
Анализ возможности повышения точности расчета силы резания при токарной обработке нежестких валов.....	54
<b>УСТИНОВ Н.А.</b>	
Высокотемпературное охлаждение высокофорсированных тепловозных дизелей и задачи исследования.....	63

<b>ЧЕРНОВА Н.М., МАМОНТОВА А.Е.</b>	
Исследование космических лучей.....	67
<b>ЧЕРНОВА Н.М., АКИНФИЕВА А.А.</b>	
Исследование закономерностей $\beta$ -распада на основе капельной модели ядра.....	71
<b>ЧЕРНОВА Н.М., БЕЛОСТРОПОВА В.Э., АЛЕМАСКИНА О.П.</b>	
Исследование радиационного фона с применением диффузионной камеры.....	78

## СЕКЦИЯ 2:

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

<b>АБУШАЕВ И.Р., ВИШТАК Н.М.</b>	
Web-проекты в практике цифрового образования.....	85
<b>АРХИПОВ А.Ю., ВИШТАК О.В.</b>	
Функциональные компоненты автоматизированной системы контроля знаний обучающихся.....	89
<b>ГЕРАСИМОВ Е.М., ВИШТАК О.В.</b>	
Разработка программного модуля для электромиографа.....	96
<b>ГЛЕБОВА Я.А., ШТЫРОВА И.А.</b>	
Анализ требований для разработки информационной системы гостиничного комплекса.....	100
<b>ГОРКУН О.П.</b>	
Оценка качества работы алгоритма машинного обучения.....	103
<b>ЗЕНКИНА О.Н., ХОДАКОВА Н.П.</b>	
Особенности построения магистратского курса «Математическое моделирование и решение задач оптимизации».....	107
<b>ДОСТАНБЕКОВА Ф.Х., МИХАЙЛОВ В.А., СМИРНОВ А.Р., ШАГИЕВ Р.Р., ВИШТАК Н.М.</b>	
Анализ социальных сетей.....	112
<b>КАРГИН В.А., КАЧАНОВ Б.В.</b>	
Применение современных ИТ-технологий в обучении безопасности жизнедеятельности.....	117
<b>КОХ Ю.А., ВИШТАК Н.М.</b>	
Средства разработки образовательных веб-квестов.....	121
<b>ЛУКЪЯНОВ А.С., ШЛЯХТА Д.Н., МАМЕДОВ Р.Р., МИХЕЕВ И.В.</b>	
Анализ социальных интернет-сервисов.....	134

<b>МАНУЙЛОВА Е.И., ВИШТАК Н.М.</b>	
Возможности мультимедийных средств обучения в практике дополнительного образования.....	142
<b>НАРАНОВИЧ О.И.</b>	
Решение производственной задачи с использованием компьютерных технологий....	146
<b>ПАРШИН Г.К., МИХЕЕВ И.В.</b>	
Обзор и выбор инструментальной среды разработки для создания Интернет-представительства.....	151
<b>ПЕТЧЕНКО В.В., ВИШТАК О.В.</b>	
Информационная поддержка деятельности центра дополнительного образования....	160
<b>СЕМЕНОВА Г.В.</b>	
Поддержка при адаптивном компьютеризированном тестировании по иностранному языку в вузе.....	164
<b>ФРОЛОВ Д.А., БЫСТРОВ А.В.</b>	
Моделирование программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза.....	169
<b>ШАХ А.В., ШАПОВИЧ Е.Г.</b>	
Применение технологии дополненной реальности в маркетинге.....	175
<b>ШТЫРОВА И.А., МАНУЙЛОВА Е.И.</b>	
Использование flash-технологий при разработке информационных обучающих систем.....	180
<b>ШТЫРОВА И.А., ШАМАКАЕВА Н.П.</b>	
Модель информационной системы ДЮСШ.....	183
<b>ЯКОВЛЕВА Е.А.</b>	
Применение информационных технологий в обеспечении безопасности АЭС.....	188

### **СЕКЦИЯ 3:**

#### **«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УПРАВЛЕНИИ»**

##### **АЛЕМАСКИНА М.П., ГРИЦЮК С.Н.**

Испытательный стенд гамма-контроля металлобетонного контейнера для отработанного ядерного топлива.....	194
--	-----

<b>АМАНТУРЛИЕВА Ю.Ж., ФРОЛОВА М.А.</b>	
Сравнительный анализ методов оценки надёжности оборудования атомных электростанций.....	200
<b>БЕЛЯКОВА Н.О., ФРОЛОВА М.А.</b>	
Пути повышения надёжности элементов атомной станции.....	205
<b>ДВОРНИКОВ М.А., НЕДОШИВИН В.Г., ХОДЫКИН Д.В., ЗЕНИН М.И., ПАЧИНА О.В.</b>	
Программа для расчета параметров ленточного конвейера на базе «ВСС».....	210
<b>ЕФРЕМОВА Т.А., ГРИДИНА Е.В.</b>	
Особенности тепловизионного контроля при исследовании дефектов клеток сортопрокатного стана.....	213
<b>ЕФРЕМОВА Т.А., МОИСЕЕВА Ю.Р.</b>	
Особенности спектрального анализа для исследования электрических дефектов асинхронных электродвигателей.....	218
<b>ИГНАТЬЕВ А.А., ДОБРЯКОВ В.А., СИГИТОВ Е.А.</b>	
Методы оптимизации процессов резания на основе использования современных средств автоматизации виброизмерений.....	222
<b>КОЗЛОВА Т.Д., ДРУЖИН Д.С.</b>	
Применение аппарата нейронных сетей для решения трудно формализуемых задач...	228
<b>КОЗЛОВА Т.Д., КОЛЬЦОВ В.С.</b>	
Модель базы данных прокатных валков для участка подготовки производства сортопрокатного цеха.....	232
<b>КОРНИЛОВА Н.В.</b>	
Программная реализация многосекционного исполнительного элемента.....	235
<b>КУБКО Д.Д., ПОДГОРНОВ А.А.</b>	
Управление режимом обогрева помещения с помощью контроллера Arduino.....	240
<b>МАКСИМОВ Д.И., ПЕСТОВА Е.Д.</b>	
Разработка и применение имитатора электроприводной аппаратуры.....	246
<b>МЕФЕДОВА Ю.А., ПЕСТОВА Е.Д.</b>	
Разработка и исследование имитационной модели САР уровня парогенератора атомной станции.....	250
<b>МОТКОВ А.Г., ЩЕГОЛЕВ С.С.</b>	
Выявление зависимости виброакустических колебаний свободного кольца подшипника от расположения трещины в его структуре.....	255

**РЯЗАНОВ С.А.**

Компьютерная геометрическая модель производящей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза»..... 261

**ТАРАНОВ А.А., ФРОЛОВА М.А.**

Анализ цифровой системы управления подачей технологических жидкостей на базе ПНПИР..... 268

**ШАПОВИЧ Е.Г., ШАХ А.В.**

Модуль распознавания лиц для ОС Android..... 272

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ,**  
**ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»**

**СЕКЦИЯ 1**  
**«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ**  
**ЭНЕРГЕТИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

УДК 621.822

**Лепестковый подшипник с газовой смазкой**

Бардаев Арнольд Александрович, студент специальности «Наземные транспортно-технологические средства»;

Егоров Максим Михайлович, студент специальности «Наземные транспортно-технологические средства»;

Арзамасцев Сергей Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Природная и техноферная безопасность»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Развитие современного машиностроения связано с ростом скорости роторов, так как это приводит к повышению производительности машин, уменьшению их габаритов, массы. Возросшие требования предполагают применение подшипников, обеспечивающих работоспособность и долговечность работ машин и механизмов.*

Подшипники – устройства, применяемые повсеместно в технике для вращения осей механизмов и валов. Они передают радиальные и осевые нагрузки, приложенные непосредственно к валу или оси на раму, корпус или иные части конструкции. Одним из основных предназначений подшипника является удержание вала в пространстве, обеспечение его вращения в плоскости, качения или линейного перемещения при минимальных энергетических потерях. От качества подшипников во многом зависит КПД механизма, его работоспособность и длительность бесперебойной работы всего узла.

Классификация подшипников качения возможна по различным признакам, например:

- 1) По виду тел качения:
  - a. шариковые;
  - b. роликовые (игольчатые, если ролики тонкие и длинные).
- 2) По типу воспринимаемой нагрузки:
  - a. радиальные. При радиальной нагрузке усилие вдоль вала не допускается;
  - b. радиально-упорные. Допускается воздействие нагрузок как вдоль, так и поперек оси нагруженного вала. Часто нагрузка вдоль оси только одного направления;
  - c. упорные (нагрузка поперек оси вала не допускается).
- 3) По числу рядов тел качения:
  - a. однорядные;
  - b. двухрядные;
  - c. многорядные;
  - d. самоустанавливающиеся;
  - e. несамоустанавливающиеся.
- 4) По материалу тел качений:
  - a. полностью стальные;
  - b. гибридные (стальные кольца, тела качения неметаллические. Как правило, керамические).

Конструкция подшипников качения включает следующие составляющие: два кольца, тела качения (в качестве которых выступают ролики, шарики) и разделяющий сепаратор, который отделяет тела качения друг от друга и удерживает на равном расстоянии, направляя их движения. Тела качения при работе подшипника двигаются по специально предусмотренным желобам. Они выполняются как по наружной поверхности внутреннего кольца, так и внутренней поверхности наружного кольца (торцевые поверхности колец упорных подшипников).

Подшипник скольжения представляет собой корпус, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется вкладыш или втулка из антифрикционного материала. Обычно для этой цели используют цветные металлы. Главной особенностью подшипников скольжения является то, что взаимоподвижные поверхности рабочего механизма (вала и корпуса) разделены смазочным веществом (газ или специальное масло). В подшипнике скольжения имеется зазор, который позволяет валу свободно вращаться. Этот зазор для нормальной работы механизма заранее рассчитывается [2].

Важным достоинством газовых подшипников, обусловившим их применение в двигателях компрессоров криогенных систем, является отсутствие продуктов износа. Это позволяет существенно упростить турбокомпрессоры, в которых используется газ

высокой чистоты. В этом случае полости компрессора выполняют сообщающимися с полостью двигателя; отпадает необходимость в передаче вращающего момента с двигателя на компрессор через герметичные стенки.

Достоинства подшипников скольжения:

- сохранение работоспособности при высоких угловых скоростях вращения валов (газодинамические подшипники в турбореактивных двигателях при  $n > 10\ 000$  об/мин);
- наиболее допустимая работа подшипников скольжения при больших скоростях вращения или при необходимости точного центрирования осей;
- возможность работы валов при существенных радиальных нагрузках;
- возможность изготовления разъемной конструкции, что позволяет использовать их для коленчатых валов;
- небольшие габаритные размеры в радиальном направлении, что позволяет использовать их в машинах с очень малыми габаритами;
- сохранение работоспособности в различных условиях (в химически агрессивных средах, в воде, при значительном загрязнении);
- бесшумность работы и обеспечение требуемой виброустойчивости вала при работе подшипника в режиме жидкостного трения (масляный слой, находящийся между поверхностями цапфы и вкладыша, имеет способность гасить колебания);
- теоретически бесконечный ресурс при жидкостном трении;
- способность демпфирования;
- простота изготовления и ремонта.

Преимущества подшипников качения:

- сравнительно низкая стоимость при массовом производстве;
- низкие потери на трение и несущественный нагрев при работе;
- высокая взаимозаменяемость, что значительно облегчает монтаж и ремонт машин при эксплуатации;
- малый расход цветных металлов при изготовлении и смазочного материала при эксплуатации;
- малые осевые размеры.

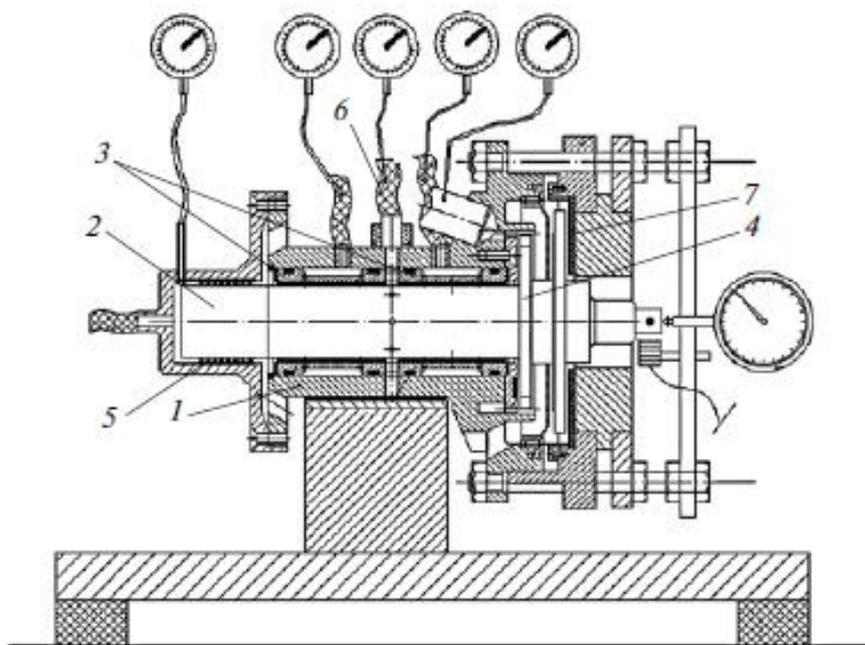
Опоры с газовой смазкой по сравнению с традиционно используемыми масляными подшипниками скольжения имеют целый ряд преимуществ, главное из которых — минимизация потерь на трение вследствие малой вязкости газов, что обеспечивает высокие частоты вращения роторов турбомашин различного спектра

назначения, в том числе и используемых в судовой энергетике. В частности, турбомашинной с высокой частотой вращения является используемый в конструкциях судов турбокомпрессор наддува двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Традиционные подшипники с жидкостным скольжением, используемые в турбокомпрессорах наддува ДВС, очень быстро изнашиваются и выходят из строя. Газовые опоры позволят существенно повысить степень надежности турбомашин. Подшипники с газовой смазкой перспективно использовать в воздушных холодильных машинах (например, на морозильных траулерах), внимание к которым возрастает в последние годы в связи с ограничением применимости фреонов.

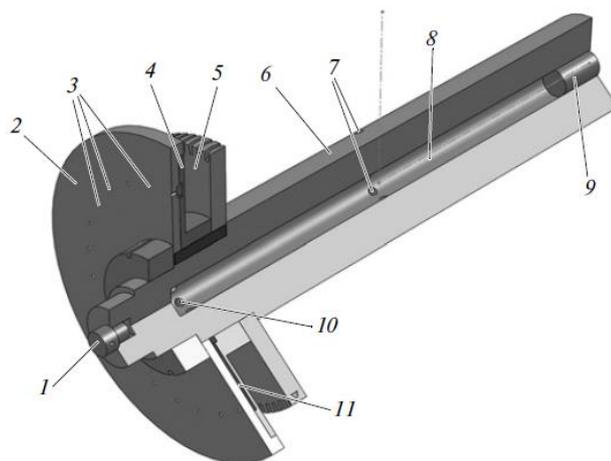
Применение турбодетандеров на газовой смазке предотвращает загрязнение холодного воздуха маслом. Это означает, что воздух можно направлять непосредственно в камеру холодильной машины. Однако проблема использования газовых подшипников в машиностроении заключается в низкой несущей способности используемых газовых опор, поэтому в настоящее время чрезвычайно актуальной является задача существенного повышения несущей способности. Возможно использование так называемых газостатических подшипников с внешним наддувом газа, при выполнении необходимого условия подачи сжатого газа от внешнего источника непосредственно в смазочный зазор. Опора в этом случае может иметь высокую несущую способность, зависящую в основном от давления подаваемого газа. В станкостроении, например, используют такие газовые опоры в шпиндельных узлах. Применение газостатических опор в турбокомпрессоре наддува судового двигателя не требует монтажа дополнительных компрессоров, поскольку воздух для смазки получают непосредственно от самого турбокомпрессора, однако давление, создаваемое турбокомпрессором, может быть недостаточным для поддержания ротора используемого агрегата. Ликвидировать этот недостаток можно с помощью применения газодинамических подшипников, блокирующих внешнее нагнетание газа в смазочный зазор. Однако такие подшипники имеют чрезвычайно низкую несущую способность и достаточно высокие требования к точности изготовления и монтажа. Дальнейшее направление развития газовой смазки подшипников потенциально возможно с применением гибридных опор, в которых сочетаются положительные свойства газодинамических и газостатических подшипников, обеспечивающие значительно более высокую несущую способность. В таких агрегатах, устройствах, и механизмах могут использоваться радиальные и осевые подшипники.

Разработка этих подшипников ведется на основе использования математической модели и программы расчета характеристик подшипника. Физические эксперименты

для подтверждения полученных аналитическим способом результатов проводятся на специальной установке для исследования. Основная проблема модернизации при использовании таких подшипников заключается в необходимости замены ротора. Исходя из конструктивных особенностей исследуемых подшипников, сжатый воздух первоначально подают через подпятник. Для лепестковых подшипников это оказалось невозможным, поэтому воздух требуется подавать со стороны пяты через каналы в роторе (рис. 1) [1]. Установка для исследования подшипников (рис. 1) состоит из металлического корпуса 1, в котором расположен ротор 2, опирающийся на два радиальных подшипника 3 с наддувом воздуха. Ротор вращается под действием сжатого воздуха, подаваемого на лопатки колеса 4 турбины, закрепленного на валу ротора 2. Нагрузка на осевой подшипник 7 – объект исследования, создается с помощью нагрузочного устройства 5. Воздух через шланг 6 подается к ротору и далее в камеру, расположенную в корпусе установки между двумя радиальными подшипниками 3. Из камеры воздух поступает через предусмотренные радиальные отверстия в ротор и далее по имеющимся каналам к поверхности пяты [1].



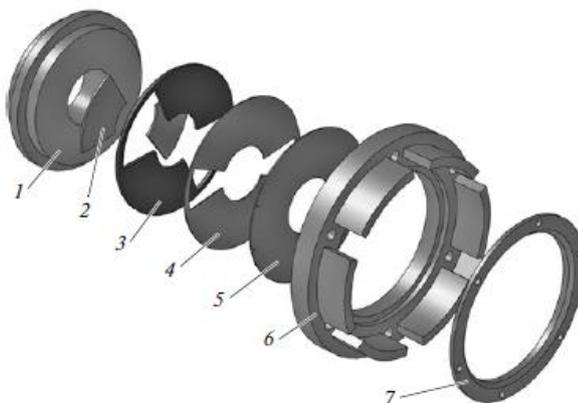
*Рис. 1. Конструкция экспериментальной установки:  
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – радиальные подшипники; 4 – колесо турбины;  
5 – нагрузочное устройство; 6 – шланг; 7 – осевой подшипник*



*Рис. 2. Трехмерная модель ротора:*

*1 – болт для измерения частоты вращения; 2 – пята; 3 – питатели; 4 – крышка пяты; 5 – колесо турбины; 6 – вал; 7 – отверстие для подачи воздуха в вал; 8 – центральное осевое отверстие; 9 – заглушка; 10 – отверстие для подачи воздуха в пяту; 11 – радиальные каналы*

Испытания подшипника проходят с помощью ротора, трехмерная модель которого показана на рисунке 2. В валу 6 ротора выполнены шесть радиальных отверстий 7 диаметром 4 мм, через которые воздух из камеры в корпусе исследовательской установки подается через рассверленное в валу несквозное осевое отверстие 8 диаметром около 10 мм к месту расположения пяты 2 на передней части вала. Через шесть радиальных отверстий 10 диаметром 6 мм воздух проходит в каналы 11 пяты, которые образуются при ее сборке, и равномерно распределяется по питателям, выходящим в смазочный зазор исследуемого осевого подшипника.



*Рис. 3. Модель осевого подшипника:*

*1 – ступенчатый диск (опора); 2 – регулировочный лепесток; 3 – упругая подложка; 4 и 5 – первый и второй лепестки; 6 – корпус подшипника; 7 – прижимное кольцо*

Подшипник (рис. 3) состоит из металлического ступенчатого диска 1, запрессовываемого в корпус 6, упругой подложки 3, лепестков 4 и 5. Пакет лепестков с подложкой закрепляют с помощью кольца 7. Для получения максимального зазора  $h_0$  используют лепестки 2, которые укладывают на поверхность диска 1 в вырезы упругой подложки 3.

При повышении давления в смазочном слое лепестки деформируются таким образом, что рабочая поверхность подшипника принимает клиновидно равномерный профиль. Несущая способность при этом напрямую зависит от толщины зазора [3].

В ходе экспериментов было установлено, что подшипник даже при кратковременной работе в режиме сухого трения повреждается, поэтому необходимо использовать специальное антифрикционное покрытие рабочей поверхности. Исследуемый осевой газовый лепестковый подшипник доказал свою работоспособность и повышенную несущую способность по сравнению с используемыми в настоящее время газовыми опорами. Его применение позволит существенно расширить использование газовой смазки в различной вида технике.

#### Литература

1. Грибиниченко М.В., Куренский А.В. Экспериментальное исследование гибридного лепесткового подшипника с газовой смазкой / М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский // Вестник машиностроения. – 2015. – №12 (12). – С. 47-49.
2. Самсонов А.И. Подшипники с газовой смазкой для турбомашин: учеб. пособие. – Владивосток: ДВГТУ, 2008. – 281 с.
3. Куренский А.В. Повышение несущей способности осевых гибридных лепестковых подшипников с газовой смазкой судовых турбомашин: дис. ... канд. техн. наук (05.08.05 – судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)) / А.В. Куренский; рук. работы Ю.Я. Фершалов. – Мор. гос. ун-т им. адмирала Г.И. Невельского. – Владивосток, 2012. – 168 с.
4. Подшипники: методические указания к выполнению курсовых работ и проектов / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Р.Е. Абашкин, А.А. Норовский, И.Н. Путинцева. – Курск, 2011. – 145 с.

**Совершенствование газопаровой энергетической установки с поршневым ДВС  
изменением температурного диапазона циклов ДВС**

Елистратова Анна Олеговна, студент направления «Теплоэнергетика и теплотехника»;

Кроха Анна Михайловна, студент направления «Теплоэнергетика и теплотехника»;

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

*Выявлены пути совершенствования оборудования, входящего в состав энергетической установки с целью снижения габаритов (и материалоемкости) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и котла, использующего отработавшие газы ДВС и паровой турбины.*

Термический КПД поршневого ДВС ограничен снизу температурой конденсации водяных паров при атмосферном давлении в 100 °С. Для паровой турбины нижняя температура снижается до 30-40 °С, то есть становится немногим выше температуры окружающей среды по условиям передачи теплоты в нее. При этом верхняя температура цикла поршневого ДВС намного превышает максимальную температуру пара в паровой турбине. Последовательное использование теплоты, сначала в поршневой машине, затем в паровой турбине, существенно увеличивает термический КПД цикла. По этой причине парогазовому циклу в последнее время оказывают пристальное внимание.

Эффективность поршневого ДВС, с точки зрения термического КПД, возрастает пропорционально увеличению хода расширения (продолженное расширение). Увеличение хода расширения увеличивает полезную работу цикла, так как удаление газов из цилиндра проводится с меньшим давлением. Термический КПД возрастает, так как снижается температура выпускных газов. Отрицательными явлениями становятся:

- 1) увеличение габаритов (и массы) двигателя из-за увеличения размеров цилиндра и увеличения радиуса кривошипа;
- 2) увеличение продолжительности выпуска отработавших газов, т. к. они удаляются при меньшем давлении;
- 3) увеличение средней скорости поршня и, соответственно, ухудшение механического КПД.

Со вторым и третьим недостатком борются уменьшением частоты вращения, но при этом пропорционально уменьшается мощность ДВС, то есть мощность на единицу объема и единицу массы становится меньше.

На рис. 1 изображено пояснение повышения термического КПД при переходе на парогазовый цикл.

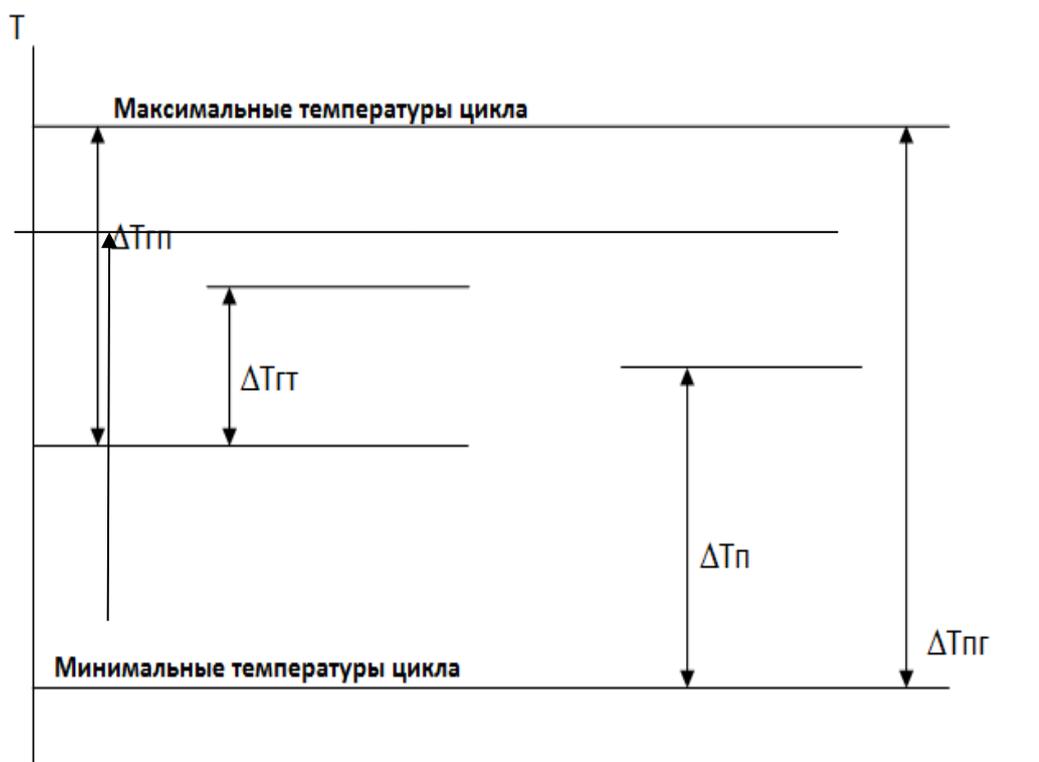


Рис. 1. Пояснение повышения термического КПД

На рис. 1  $\Delta T_{пт}$  – перепад температуры в поршневом ДВС;  $\Delta T_{гт}$  – перепад температуры в газотурбинном двигателе;  $\Delta T_{п}$  – перепад температуры в паровом двигателе;  $\Delta T_{пг}$  – перепад температуры в парогазовой установке.

Максимальная температура цикла поршневого ДВС 2200-2400 °С, газовой турбины – 1500°С, паровой турбины – 800 °С.

Температура отработавших газов поршневого ДВС и газовой турбины обычно не превышает 600 °С, но может и снижаться до 200 °С при работе на частичных нагрузках.

Вопросы общей минимизации массогабаритных показателей установки можно начать с последнего элемента – паровой турбины. Ее мощностные показатели тем лучше, чем выше температура пара. Турбины на закритических параметрах пара работают с температурой пара 650 °С. Следовательно, температура выхлопных газов поршневого ДВС должна быть существенно выше, т. к. поверхность теплообмена

котла-утилизатора обратно пропорциональна температурному напору между выхлопными газами и перегретым паром.

На рис. 2 показано распределение процессов в теоретическом парогазовом цикле.

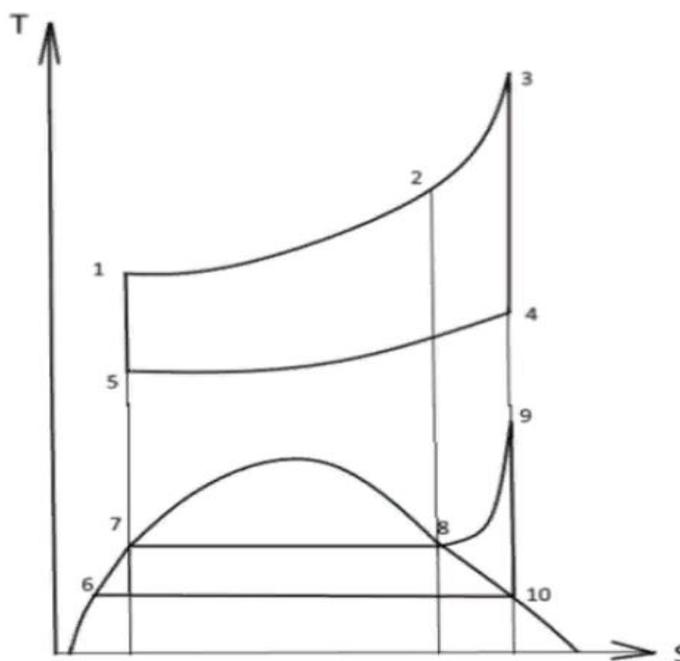


Рис. 2. Диаграмма процесса парогазовой установки

Здесь процессы, которые происходят в ДВС: 1-2, процесс впуска воздуха в цилиндр; 2-3, процесс впуска топлива и сгорания топливовоздушной смеси (подвод теплоты); 3-4, процесс расширения продуктов сгорания; 4-5, процесс выпуска продуктов сгорания из цилиндра ДВС в котел-утилизатор. Процессы, происходящие в паровой части цикла: 6-7, процесс нагрева воды в котле-утилизаторе, 7-8, процесс парообразования; 8-9, процесс перегрева пара; 9-10, процесс адиабатического расширения пара в паровой турбине; 10-6, процесс конденсации пара (отвод теплоты) [1].

Для получения температуры перегретого пара (точка 9) до достижимого на сегодня в паровых турбинах значения в 650 °С, температура выпускных газов в точке 4 должна быть существенно выше, чем происходит в поршневых ДВС в настоящее время.

Принцип повышения температуры отработавших газов пояснен на рис. 3.

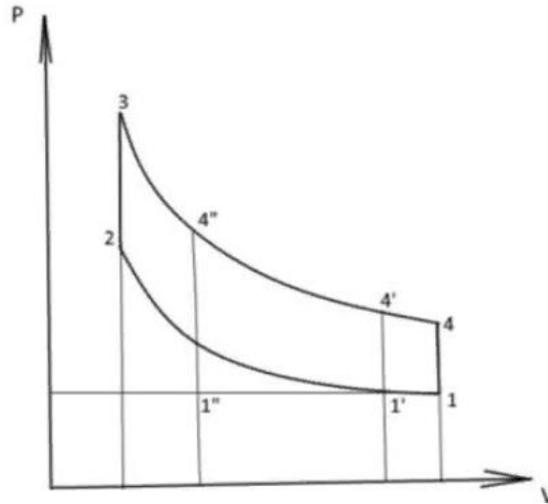


Рис. 3. Теоретическая диаграмма цикла ДВС

Здесь представлена теоретическая диаграмма цикла со сгоранием при постоянном объеме. При существующих на сегодня принципах конструирования ДВС в т. 4 температура редко превышает 550 °С. Продолженное расширение может существенно снизить это значение (на сегодня этот способ не применяется). При сокращении продолжительности такта расширения до т. 4' или 4'' возрастает конечное давление такта расширения и его температура [2].

Увеличение температуры повышает температурный напор в котле-утилизаторе и уменьшает его размеры. Увеличение давления выпуска увеличивает скорость прохождения отработавших газов через котел-утилизатор, что увеличивает коэффициент теплоотдачи и так же приводит к снижению размеров котла-утилизатора.

Выводы:

- сокращением хода поршня в ДВС уменьшается его мощность и габариты;
- повышением температуры выхлопных газов уменьшается поверхность котла;
- повышением температуры пара увеличивается мощность паровой турбины и увеличиваются ее габариты;
- увеличивается итоговый термический КПД установки;
- возрастает итоговая мощность установки;
- необходимо установить соотношение мощностей ДВС и паровой турбины для минимизации размеров установки.

## Литература

1. Ляшков В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели : учеб. пособие / В.И. Ляшков. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 124 с.
2. Нащекин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащекин. – М.: Высшая школа, 1980. – 469 с.

УДК 621.548.4

### **Применение линейных электрогенераторов для преобразования акустического шума в электрическую энергию**

<sup>1</sup>Калашников Артемий Евгеньевич, учащийся;

<sup>1</sup>Модина Мария Дмитриевна, учащаяся;

<sup>2</sup>Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Атомная энергетика»

<sup>1</sup>Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №2», г. Балаково;

<sup>2</sup>Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

*Использование линейных электрогенераторов в устройствах по преобразованию энергии звуковых волн в электрическую энергию позволяет достаточно просто и эффективно создавать напряжение и вырабатывать заданную мощность электричества посредством принудительного направления звукового давления на мембраны громкоговорителей. Являясь базовым конструкционным элементом энергопреобразующего устройства, линейные электрогенераторы в зависимости от своих технических характеристик и параметров определяют выбор того или иного варианта сборки модели устройства по преобразованию шума в электроэнергию из однотипных стандартных элементов громкоговорителей и при необходимости – изменения его размеров.*

Акустическая электрическая панель (АЭП-преобразователь) – совершенно самостоятельное устройство модульного типа малой мощности с выработкой электроэнергии в предлагаемой конструктивной версии в пределах до 1,0 кВт/ч производственно-эксплуатационного назначения с возможностью его установки и монтажа в местах с повышенной шумовой производительностью: заводских цехах, турбинных помещениях, аэропортах, стадионах. Оно предназначено улавливать и направлять потоки звуковых волн различной мощности для осуществления процесса

преобразования бесполезного акустического шума в востребованный ресурс – электроэнергию, обеспечивая частичное покрытие энергозатрат объекта и определяя экономический эффект работы АЭП-преобразователя. Применение в конструкции устройства модульного принципа – системы технически автономных элементов – позволяет осуществлять любые проекты сборки акустической электрической панели с учетом предварительного измерения габаритных параметров конкретного места его установки и текущих потребностей в электричестве, что делает их эксплуатацию оправданной.

Ключевой предпосылкой научно-технической работы по разработке устройства, преобразующего кинетическую энергию звука в электрическую энергию, послужила актуальность исследования базовых фундаментальных основ будущих прорывных технологий в сфере использования ресурсов акустики в качестве «строительного материала» энергетики. Технологии будущего направлены на создание «чистой» энергии на основе применения альтернативных нетрадиционных методов, представляющих возможность извлечь электроэнергию из так называемых неофициальных возобновляемых источников, в том числе из звуковых волн. При этом в настоящее время непосредственно технологии будущего могут показаться либо неудобными в бытовой эксплуатации, либо довольно сложными для внедрения в производственных масштабах.

Однако состояние и перспективы экономики и экологии, а также уровень развития технической науки определяют современные вызовы, выявляют «точки роста» и требуют ответных мер, а именно: новых разработок в области извлечения и преобразования энергии. Так, инженерами-исследователями из американской аэрокосмической компании *Ducommun Miltec* были созданы экспериментальные устройства, способные вырабатывать небольшое количество электрической энергии, извлеченной в шумных местах (метрополитен), которой достаточно для запуска специальных датчиков, необходимых для нужд работы эскалатора метро и управления турникетами. В рамках этого же направления разработчики системы *Sonea Energy Absorbing* работают над прибором, способным генерировать до 30 Ватт мощности и вырабатывать до 5 В энергии, позволяющим подзаряжать мобильный телефон от проигрывания музыки или разговора человека [1].

Что касается краткого описания физических процессов явления, то в окружающей среде присутствует шум, создаваемый звуковыми колебаниями, которые распространяются в пространстве и оказывают давление на разные препятствия, что вызывает их самопроизвольные колебания. Это создает необходимые условия для

преобразования шума механических колебаний в электрическую энергию. Получение механических колебаний возвратно-поступательного движения от звуковой волны четко прослеживается с помощью тонкой пластины: чем меньшую массу и толщину она будет иметь, тем легче вызвать ее колебательные движения, и, следовательно, осуществить преобразование шума в электрический ток.

Максимально реализуемым проектом в условиях лабораторных испытаний учебного заведения выступает применение линейных электрогенераторов при преобразовании акустического шума в электроэнергию. Этим целям устройство линейного электрогенератора отвечает, с одной стороны, с позиции доступности комплектующих элементов для создания модели «звукоэлектростанции», а с другой стороны по причине упрощения процесса энергопреобразования. Принцип действия линейного электрогенератора, в качестве которого служит электродинамический громкоговоритель от карманного радиоприемника, состоит в следующем: малые размеры мембраны-диффузора громкоговорителя обеспечивают легкость приведения ее в движение под действием звуковых колебаний. При необходимости увеличения количества акустической энергии, воздействующего на мембрану, используется рупор как звукоулавливающий компонент.

На практике процесс преобразования колебаний шума в электрическую энергию осуществляется несколькими типами устройств, классифицированными ниже в таблице [2].

Таблица 1

Типы и основные характеристики устройств для преобразования звука в электроэнергию

Электротехнические устройства	Их характеристики: конструкция, преимущества, недостатки
	<b>Пьезоэлектрики</b> – усилие от воздействия внешних звуковых колебаний, применяемое к образцу пьезоэлектрического материала, приводит к появлению на электродах разности потенциалов (электрического поля): пьезоэлектрический элемент деформируется и на его поверхности возникают электрические разряды, т.е. вырабатывается электрический ток.
<b>Пьезоэлектрические пластины</b>	Пластины «сжимаются-разжимаются», удлиняются-укорачиваются вследствие воздействия акустического переменного давления и из-за возникновения электродвижущей силы, что индуцирует электроразряды.
<b>Пьезоэлектрические ворсинки и стержни</b>	Стержни и пьезоворсинки под влиянием механического переменного давления от акустического шума начинают изгибаться и колебаться, что провоцирует образование электрических разрядов.
<b>Важная особенность:</b> индуцированные электрические заряды пьезоэлемента сохраняются только до тех пор, пока на него действует механическая нагрузка.	
<b>Роторные электрогенераторы</b>	В его устройстве пластина через шатун соединена с кривошипом, вращение которого передается роторному электрогенератору: механическая энергия вызывает движение ротора и преобразуется с его помощью в электрический ток.

<b>Особенность устройства:</b> конструкция роторного электрогенератора собирается из комплекта сложных в изготовлении деталей очень маленького размера.	
<b>Линейные электрогенераторы</b>	Система преобразования звуковых колебаний воздушной среды имеет такую конструкцию, что пластина жестко соединена с магнитом, который перемещается вперед-назад по амплитуде вибрации в электрической катушке: при перемещении магнита в ней индуцируется электрический ток.
<b>Проблема:</b> могут возникать искажения из-за неодинаковой эффективности конструктивных элементов для различного уровня силы звуковой волны.	

Как видно из пояснений в табл. 1, наиболее предпочтительным по конструкционным подходам и критериям эффективности, с нашей точки зрения, является вариант с пьезоэлементами в виде «ворсинок». Однако отсутствие технической возможности реализации такого варианта исключает использование его в рабочем проекте. Рассмотрение варианта с применением роторного электрогенератора также представляется технически невозможным, поскольку микроскопические размеры элементов – шатунов и коленвалов, мельчайшие величины радиусов кривошипов – относят его к нанорустройствам [3].

Остановившись на варианте с применением линейных электрогенераторов, нами предлагается следующая концепция разработки устройства акустической панели.

Акустическая электрическая панель выполняется в виде квадратного элемента 0,5 x 0,5 м, состоящего из 4-х диффузоров:

- на входе с параметрами 0,25 x 0,25 м;
- на выходе 0,05 м в диаметре.

В круглые выходные отверстия установлены стандартные громкоговорители серии 0,5 ГД, катушки которых соединены последовательно, что увеличивает выработку напряжения. Дополнительно, в целях еще большего его увеличения, напряжение электромагнитных катушек громкоговорителей подается на звуковой трансформатор. Данная модель акустической панели позволяет выработать небольшое электрическое напряжение мощностью до 1 Вт в зависимости от уровня производимого шума внешними источниками.

В дальнейшей работе в направлении выбранного исследования нами планируется:

- произвести уточнение конструктивных особенностей панели на основе экспериментов с различными вариантами конструкции рупоров, их длине и конусности, форме и разрезу изгибов;
- осуществить замену материалов мембраны на компоненты с дисковыми пьезоэлементами в виде пластин и стержней;

– повысить эффективность панели-преобразователя за счет проведения ряда экспериментов по сокращению потерь силы воздействия звуковой волны на мембрану-диффузор, по снижению отражения акустической волны с помощью монтажа звукоулавливающей мембраны в узкой части рупора.

Предполагается, что наибольшим эффектом от планируемых конструкционных изменений и от работы над повышением результативности будет не установка шумопоглощающей панели в области действия звука, а нанесение на шумоизлучающую поверхность пьезоэлектрического «ворса» (либо пьезоэлектрической пленки). В результате чего под действием акустической волны пьезоэлектрические ворсинки (или пьезоэлектрическая поверхность пленки) приобретут колебательное движение сразу возле источника звуковых сигналов. Отдельным преимуществом данного усовершенствования станет наличие экономической выгоды за счет отказа от изготовления каркаса для шумопоглощающей поверхности акустической панели.

Весь этот комплекс действий, связанных с освоением возможностей акустической панели, определяет круг научно-технических исследований и новых экспериментов, необходимых для продолжения работы над проектом по преобразованию энергии звуковых потоков в электрический ток, а также для его дальнейшего практического внедрения.

#### Литература

1. KM.RU // Ученые нашли способ получать энергию из звука. [Электронный ресурс] URL: <http://www.km.ru/science-tech/2013/12/12> (дата обращения: 02.12.2018).
2. ELECTRIC INFO // Пьезогенераторы – новые источники электроэнергии. Фантазии или реальность? [Электронный ресурс] URL: <http://electrik.info/main/news/652-pezogeneratorovy-novye-alternativnye-istochniki-elektroenergii.html> (дата обращения: 03.12.2018).
3. Червяков В.М. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата: учеб. пособие / В.М. Червяков, Ю.В. Воробьев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 37-38.

**Проблемы учета влияния агрессивных сред на напряженно-деформированное состояние пологих сферических оболочек из титановых сплавов**

Кузнецова Виолетта Олеговна, аспирант кафедры

«Строительство, строительные материалы и конструкции»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет»  
(ТулГУ), г. Тула

*В данной статье учет влияния агрессивной водородосодержащей среды построен на основе нелинейных определяющих соотношений для изотропных разносопротивляющихся сред, рассмотренных в работах А.А. Трещева. Большинство известных методов расчета для материалов, испытывающих воздействие водорода, имеют ряд недостатков, таких как накладываемые ограничения на механические свойства материалов и недостаточная точность аппроксимации экспериментальных данных при сложных видах напряженного состояния.*

Воздействие агрессивных водородосодержащих сред на пологие сферические оболочки, выполненные из титановых сплавов, приводит к значительному ухудшению механических свойств конструктивных элементов и сокращению сроков их эксплуатации. Такие оболочки являются распространенными конструктивными элементами, работающими в этих условиях, например, основные элементы летательных аппаратов в авиа- и ракетостроении. В таких областях, как металлургическая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленности, как правило, основной агрессивной средой оказывается водородосодержащая [1, 2].

Потенциал деформаций  $W$  для материалов с изначально наведенной чувствительностью к наводороживанию строится аналогично уравнениям деформационной теории пластичности, как для материалов с изначальной разносопротивляемостью. В итоге представляем его как сумму квазилинейной и нелинейной частей, зависящих от степени водородонасыщения:

$$\begin{aligned}
 W_1^*(\lambda) = & [A_1(\lambda) + B_1(\lambda)\alpha_1] \sigma_1^2 + [A_1(\lambda) + B_1(\lambda)\alpha_2] \sigma_2^2 + [A_1(\lambda) + B_1(\lambda)\alpha_3] \sigma_3^2 + \\
 & + [C_1(\lambda) + D_1(\lambda)(\alpha_2 + \alpha_3)] \sigma_2 \sigma_3 + [C_1(\lambda) + D_1(\lambda)(\alpha_1 + \alpha_2)] \sigma_1 \sigma_2 + [C_1(\lambda) + \\
 & + D_1(\lambda)(\alpha_1 + \alpha_3)] \sigma_1 \sigma_3 + \{ [A_2(\lambda) + B_2(\lambda)\alpha_1] \sigma_1^2 + [A_2(\lambda) + B_2(\lambda)\alpha_2] \sigma_2^2 + \\
 & + [C_2(\lambda) + D_2(\lambda)(\alpha_1 + \alpha_2)] \sigma_1 \sigma_2 + [C_2(\lambda) + D_2(\lambda)(\alpha_1 + \alpha_3)] \sigma_1 \sigma_3 \}^n
 \end{aligned}$$

где  $A_1(\lambda)$ ,  $B_1(\lambda)$ ,  $C_1(\lambda)$ ,  $D_1(\lambda)$  – материальные функции квазилинейной части;  $A_2(\lambda)$ ,  $B_2(\lambda)$ ,  $C_2(\lambda)$ ,  $D_2(\lambda)$  – материальные функции нелинейной части, изменяющиеся в зависимости от степени насыщения материала агрессивной средой;  $\lambda$  – концентрация агрессивной среды в конструкционном материале [3].

Исходя из нормированного пространства №2, потенциал деформаций с учетом изменения механических свойств материала под влиянием агрессивной среды ( $\lambda$ ) представляем следующим образом:

$$W_1(\lambda) = [A_e(\lambda) + B_e(\lambda)\xi] \sigma^2 + [C_e(\lambda) + D_e(\lambda)\xi + E_e(\lambda)\eta \cos 3\varphi] \tau^2 + \\ + [ [A_p(\lambda) + B_p(\lambda)\xi] \sigma^2 + [C_p(\lambda) + D_p(\lambda)\xi + E_p(\lambda)\eta \cos 3\varphi] \tau^2 ]^n;$$

$$A_e(\lambda) = 3[A_1(\lambda) + C_1(\lambda)]; B_e(\lambda) = \sqrt{3}[B_1(\lambda) + 2D_1(\lambda)]; C_e(\lambda) = 3[A_1(\lambda) - C_1(\lambda)]/2;$$

$$D_e(\lambda) = \sqrt{27}B_1(\lambda); E_e(\lambda) = \sqrt{1,5}[B_1(\lambda) - D_1(\lambda)]; A_p(\lambda) = 3[A_2(\lambda) + C_2(\lambda)];$$

$$B_p(\lambda) = \sqrt{3}[B_2(\lambda) + 2D_2(\lambda)]; C_p(\lambda) = 3[A_2(\lambda) - C_2(\lambda)]/2; D_p(\lambda) = \sqrt{27}B_2(\lambda);$$

$$E_p(\lambda) = \sqrt{1,5}[B_2(\lambda) - D_2(\lambda)];$$

где  $n$  – показатель степени нелинейности материала с учетом изменения механических характеристик материала под влиянием агрессивной водородосодержащей среды;  $A_e(\lambda)$ ,  $B_e(\lambda)$ ,  $C_e(\lambda)$ ,  $D_e(\lambda)$ ,  $E_e(\lambda)$  и  $A_p(\lambda)$ ,  $B_p(\lambda)$ ,  $C_p(\lambda)$ ,  $D_p(\lambda)$ ,  $E_p(\lambda)$  – функции зависимости механических свойств материала от степени водородонасыщения.

Для поставленной задачи рассматривается упругое равновесие полой сферической оболочки из титанового сплава ВТ1-0 толщиной  $h$  под действием поперечной осесимметричной равномерно-распределенной нагрузки  $q$  и водородосодержащей среды с концентрацией  $\lambda$ . Срединная поверхность оболочки характеризуется радиусом  $R$  (м). Оболочка имеет жесткое защемление по контуру.

В сферической оболочке справедливо постоянство главных радиусов кривизны срединной поверхности оболочки в пределах ее плана:  $R_1 = R_2 = R$ . Тогда ее главные кривизны принимают значение  $k_1 = k_2 = k = 1/R$ . Оболочку примем достаточно тонкой. В этом плане справедливы традиционные гипотезы Кирхгофа-Лява:

1) нормаль к срединной поверхности после деформации остается перпендикулярной к этой поверхности в деформированном состоянии;

2) при определении параметров напряженного состояния влиянием нормальных напряжений  $\sigma_z$  можно пренебречь [1].

Кинематические соотношения рассматриваемой оболочки в рамках теории пологих оболочек примут вид:

а) компоненты деформации в срединной поверхности имеют вид:

$$\varepsilon_r = u_{,r} - kw + 0,5\theta_\varphi^2; \varepsilon_\varphi = \frac{u}{r} - kw, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi$  – относительные деформации в срединных поверхностях;  $u, w$  – радиальные перемещения и прогибы;  $k$  – главная кривизна;  $\theta_\varphi = -w_{,r}$  – поворот нормали к срединной поверхности,  $r$  – радиальная координата;

б) компоненты изгибной деформации (кривизны) запишем в виде:

$$\chi_r = -w_{rr}; \chi_\varphi = -\frac{w_{,r}}{r}, \quad (2)$$

в) компоненты тензора деформаций через параметры деформации  $\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi$  и кривизны  $\chi_r, \chi_\varphi$  срединной поверхности примут вид:

$$e_r = \varepsilon_r + z\chi_r; e_\varphi = \varepsilon_\varphi + z\chi_\varphi, \quad (3)$$

где  $z$  – вертикальная координата, отсчитываемая от срединной поверхности оболочки.

Подставляя выражения (1) в (3), получим компоненты тензора деформаций через перемещения и прогибы:

$$\dot{a}_r = u_{,r} - kw + 0,5w_{,r}^2 - zw_{,rr}; e_\varphi = \frac{u}{r} - kw - z\frac{w_{,r}}{r}, \quad (4)$$

Усилия и моменты получим через напряжения следующим образом:

$$\begin{aligned} N_r &= \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_r dz; N_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi dz; \\ M_r &= \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_r z dz; M_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi z dz; \end{aligned} \quad (5)$$

Моменты и усилия запишутся в следующем виде:

$$\begin{aligned} M_r &= K_{11}\varepsilon_r + K_{12}\varepsilon_\varphi + D_{11}\chi_r + D_{12}\chi_\varphi, \\ M_\theta &= K_{21}\varepsilon_r + K_{22}\varepsilon_\varphi + D_{21}\chi_r + D_{22}\chi_\varphi, \\ N_r &= C_{11}\varepsilon_r + C_{12}\varepsilon_\varphi + K_{11}\chi_r + K_{12}\chi_\varphi, \\ N_\theta &= C_{21}\varepsilon_r + C_{22}\varepsilon_\varphi + K_{21}\chi_r + K_{22}\chi_\varphi, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{где } \tilde{N}_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} B_{ij}(\lambda) dz; \quad K_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} B_{ij}(\lambda) z dz; \quad D_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} B_{ij}(\lambda) z^2 dz;$$

Приведем внутренние усилия и моменты к срединной поверхности  $z = 0$ , и при условии  $zk \ll 1$  уравнения равновесия принимают вид:

$$\begin{aligned} M_{r,rr} - M_{\varphi,r}/r + 2M_{r,r}/r + k(N_r + N_{\varphi}) + N_r w_{,rr} &= -q; \\ N_{r,r} + (N_r - N_{\varphi})/r - k[M_{r,r} + (M_r - M_{\varphi})/r] &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Важно учесть степень насыщения среды водородом во времени.

Запишем выражения для приращений деформаций срединной поверхности, следуя двухшаговому методу последовательного возмущения параметров В.В. Петрова:

$$\delta \varepsilon_r = \delta u_{,r} - k \delta w + w_{,r} \delta w_{,r}; \quad \delta \varepsilon_{\varphi} = \frac{\delta u}{r} - k \delta w, \quad (8)$$

Приращения кривизн срединной поверхности запишутся в виде:

$$\delta \chi_r = -\delta w_{,rr}; \quad \delta \chi_{\varphi} = -\frac{\delta w_{,r}}{r}, \quad (9)$$

Запишем приращения деформаций через приращения деформаций срединной поверхности  $\delta \varepsilon_r$ ,  $\delta \varepsilon_{\varphi}$  и кривизн срединной поверхности  $\delta \chi_r$  и  $\delta \chi_{\varphi}$  с учетом изменения концентрации водорода:

$$\delta e_r = \delta \varepsilon_r + z \delta \chi_r + \delta \lambda; \quad \delta e_{\varphi} = \delta \varepsilon_{\varphi} + z \delta \chi_{\varphi} + \delta \lambda, \quad (10)$$

Используя выражения (8) – (10), получаем выражения, связывающие приращения деформаций и перемещений с учетом изменения степени концентрации водорода:

$$\delta e_r = \delta u_{,r} - k \delta w + w_{,r} \delta w_{,r} - z \delta w_{,rr} + \delta \lambda; \quad \delta e_{\varphi} = \frac{\delta u}{r} - k \delta w - z \frac{\delta w_{,r}}{r} + \delta \lambda. \quad (11)$$

Количество вещества, диффундирующего в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярное потоку вещества, или иначе плотность потока  $J$ , пропорциональна пространственному градиенту концентрации  $\lambda$ . Для небольших перепадов концентрации примем так называемый первый закон Фика. Согласно этому закону, количество вещества, проходящее через воображаемое сечение, перпендикулярное направлению диффузии, пропорционально величине градиента концентрации в этом сечении, площади сечения и времени диффузии:

$$J = -D \text{grad } \lambda = -D \frac{\delta \lambda}{\delta z}, \quad (12)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии.

При решении одномерной задачи уравнение переходит в первый закон Фика, который запишем в виде:

$$J = -D \delta \lambda, z, \quad (13)$$

здесь  $z$  – координата в направлении диффузии.

Так как коэффициент диффузии не зависит от концентрации водорода, из первого закона Фика следует второй закон Фика:

$$\frac{(\delta \lambda)}{\delta t} = D \frac{\delta^2 \lambda}{\delta z^2}, \quad (14)$$

где  $t$  – текущее время.

Ввиду одномерности задачи по диффузии уравнение соответствует второму закону Фика, таким образом, решение строится по двойным преобразованиям Фурье (прямым и обратным):

$$\lambda(r, t) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\Psi_k(\gamma_k, r / R_2)}{\Psi_k} K_0 \exp\left(-\gamma_k^2 \frac{Dt}{R_2^2}\right), \quad (15)$$

где функция  $\Psi_k(\gamma_k, r / R_2)$  зависит от направления воздействия водорода:

При действии водорода изнутри оболочки получим:

$$\Psi_k(\gamma_k, r / R_2) = Y_0(\gamma_k R_1 / R_2) J_0(\gamma_k r / R_2) - J_0(\gamma_k R_1 / R_2) Y_0(\gamma_k r / R_2). \quad (16)$$

Для решения уравнения (16) в процессе односторонней и двухсторонней диффузии принимаем известные аналитические решения, представленные в работе [4].

Для процесса односторонней диффузии решение имеет вид:

$$\lambda(z, t) = \lambda_1 + (\lambda_2 - \lambda_1) z / h + (2 / \pi) \sum_{i=1}^{\infty} \sin(i \cdot \pi \cdot z / h) \exp(-F_o \pi^2 i^2) \times \\ \times [\lambda_2 \cos(i \cdot \pi) - \lambda_1] / i, \quad (17)$$

где  $F_o = Dt / h^2$  – число Фурье;  $i$  – число членов ряда;  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – краевые условия;  $h$  – толщина оболочки;  $z$  – координата точки по толщине оболочки.

Краевые условия представим следующим образом:

а) воздействие среды происходит со стороны действия поперечной силовой нагрузки:

$$\lambda(-h / 2, t) = \lambda_{\infty} = \lambda_1, \\ \lambda(+h / 2, t) = 0 = \lambda_2, \quad (18)$$

здесь  $\lambda_{\infty}$  – равновесная концентрация водородосодержащей среды.

Начальные условия имеют вид:

$$\lambda(z, 0) = 0. \quad (19)$$

Множество известных методик расчета конструкций, выполненных из материалов с приобретенной разносопротивляемостью, имеют ряд недостатков. Например, таких, как накладываемые ограничения на характеристики материалов и малая точность аппроксимации экспериментальных данных при сложных видах напряженного состояния.

Воздействие водородосодержащей среды в данной работе учитывается на основе нелинейных определяющих соотношений для изотропных разносопротивляющихся сред, предложенных в работах А.А. Трещева [3, 4].

#### Литература

1. Астафьев В.И. Накопление поврежденности и коррозионное растрескивание металлов под напряжением / В.И. Астафьев, Л.К. Ширяева. – Самара: Изд-во Самарский университет, 1998. – 123 с.

2. Баландин П.П. К вопросу о гипотезах прочности / П.П. Баландин // Вестник инженеров и техников. – 1937. – № 1. – С. 37-41.

3. Трещев А.А. Теория деформирования и прочности материалов, чувствительных к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения: монография / А.А. Трещев. – М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2008. – 264 с.

4. Трещев А.А. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной и наведенной чувствительностью к виду напряженно-деформированного состояния. Определяющие соотношения: монография / А.А. Трещев. – М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2016. – 326 с.

### **Система управления процессом токарной обработки нежестких валов**

<sup>1</sup>Мостовой Владимир Дмитриевич, аспирант;

<sup>2</sup>Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Атомная энергетика», Почетный работник высшего профессионального образования РФ, лауреат Премии правительства РФ

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

<sup>2</sup>Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

*В работе представлена многомерная система управления продольным профилем нежесткого вала, результаты ее исследования методом математического моделирования, приведены структурные схемы системы, даны количественные показатели эффективности системы.*

В настоящее время основными направлениями развития металлообработки являются повышение точности и производительности, которые могут достигаться за счет повышения точности и жесткости узлов механической системы станка. Однако возможности данного направления ограничены, т. к. при любой высокой жесткости под действием сил резания имеются деформации элементов упругих систем заготовки и инструмента, приводящие к получению недопустимых погрешностей и необходимости снижения режимных параметров по отношению к возможностям оборудования.

Другим направлением повышения эффективности является выбор оптимальных режимных параметров. Суть его заключается в выборе режимных параметров, обеспечивающих погрешности именно на уровне допустимых, что позволяет получить максимальные возможные производительности, которые могут быть значительно меньше технических возможностей металлорежущих станков, что также снижает эффективность применения дорогого оборудования.

Современным направлением совершенствования процесса металлообработки является применение адаптивных систем управления, выполняемых в виде надстройки над системой с числовым программным управлением (ЧПУ), которые позволяют получать точность и производительность обработки, существенно превышающие возможности первых двух направлений.

Известно большое количество теоретически проработанных [1, 2] и внедренных в промышленности адаптивных систем управления [3], которые реализуют различные принципы управления и обладают различным быстродействием. Однако возможности данных систем также ограничены и имеют собственные недостатки:

1. Сложность построения систем управления непосредственно качественными показателями обработанных деталей.

2. Недостаточное быстродействие электрических приводов продольной и поперечной подачи ограничивает эффективность систем управления силой резания и продольным профилем обрабатываемых деталей вследствие ограничения частотного диапазона обрабатываемых неконтролируемых возмущающих воздействий.

3. Малый диапазон перемещения быстродействующих исполнительных механизмов (ИМ) [4] не позволяет их использовать в системах управления режимными параметрами.

4. При одновременной работе систем управления силой резания по продольной подаче и положением резца по поперечной подаче происходит взаимное генерирование возмущающих воздействий, что приводит к нестабильной работе и дополнительным погрешностям [5].

Целью работы является повышение эффективности системы управления продольным профилем нежестких валов путем отработки деформаций по траекториям предыскажения, повышения точности реализации траектории предыскажения путем стабилизации силы резания, расширения частотных диапазонов эффективной работы и компенсации взаимосвязей контуров по продольной и поперечной подачам.

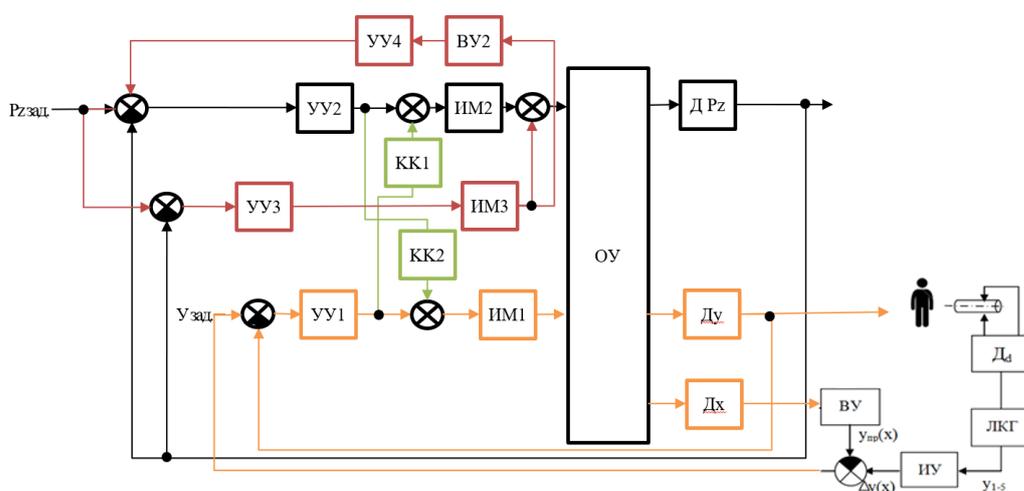


Рис. 1. Упрощенная структурная схема многомерной системы

На рис. 1 представлена структурная схема многомерной системы управления продольным профилем нежестких валов, в которой предприняты шаги по устранению указанных ограничений. Многосвязная система содержит систему управления движением резца по поперечной оси по заданной траектории предсказания при движении суппорта по продольной оси. Внешний контур расчета и корректировки траектории предсказанного движения режущего инструмента данной системы содержит датчик положения резца по продольной оси  $D_x$ , вычислительное устройство ВУ, которое на основании заложенной математической модели деформации нежесткого вала определяет расчетную траекторию предсказания  $u_{пр(x)}$ , датчик  $D_d$ , который считывает фактические размеры обработанной детали в пяти точках по ее длине, ЛКГ – линейно-квадратичный гауссов регулятор, который по отклонениям диаметров в данных точках от заданных значений определяет управляющее воздействие в виде корректировки координат резца в этих пяти точках, ИУ – интерполирующее устройство преобразует эти управляющие воздействия в пяти точках по длине вала в непрерывную траекторию поправки  $\Delta u(x)$ , которая прибавляется к рассчитанной по математической модели траектории предсказания  $u_{пр(x)}$ , формируя заданную траекторию предсказанного движения резца по поперечной оси  $u_{зад}$ . Эта траектория обрабатывается следящей системой, включающей датчик положения резца по поперечной оси  $D_y$ , управляющее устройство УУ1, привод поперечной подачи ИМ1, объект управления ОУ. Тем самым при движении суппорта по продольной оси рассмотренная система реализует движение резца по поперечной оси по рассчитанной по математической модели и корректируемой по обратной связи линейным квадратичным регулятором траектории предсказания [5].

На работу данной системы через силу резания влияют колебания припуска, характеристик материала заготовки, износ инструмента и другие неконтролируемые возмущения, что снижает эффективность ее работы. Для уменьшения их влияния многомерная система дополнительно включает два контура стабилизации силы резания. Первый контур включает датчик силы резания  $DP_z$ , управляющее устройство УУ2, привод продольной подачи ИМ2 в качестве исполнительного механизма. Второй контур включает датчик силы резания  $DP_z$ , управляющее устройство УУ3, пьезоактюатор ИМ3 в качестве быстродействующего исполнительного механизма, управляемое удлинение которого корректирует продольную подачу режущего инструмента. Вычислительное устройство ВУ2 определяет текущее среднее, а регулятор УУ4 стабилизирует текущее среднее удлинение пьезоактюатора в среднем положении, обеспечивая тем самым частотную развязку низкочастотного контура управления силой резания на основе продольного привода и высокочастотного контура управления силой резания на основе пьезоактюатора.

Каналы компенсации КК1 и КК2 обеспечивают развязку контуров управления силой резания и положением резца по поперечной оси и исключают взаимное генерирование дополнительных возмущающих воздействий вследствие связи контуров через объект управления.

Методика синтеза и результаты математического моделирования данной системы управления представлены в [6], на рис. 2 приведена структурная схема системы управления в среде имитационного моделирования Simulink пакета программ Matlab.

В табл. 1 представлены качественные показатели управления силой резания типовой одноконтурной системы по продольной подаче и предлагаемой системы с двумя исполнительными механизмами. На рис. 3 представлены расчетные функции распределения колебания резца по поперечной оси при имеющихся возмущениях по силе резания и неработающей системе управления, а также представлены функции распределения для системы управления положением резца по поперечной оси и взаимосвязанной системы управления с дополнительным быстродействующим исполнительным механизмом и каналами компенсации взаимосвязей.

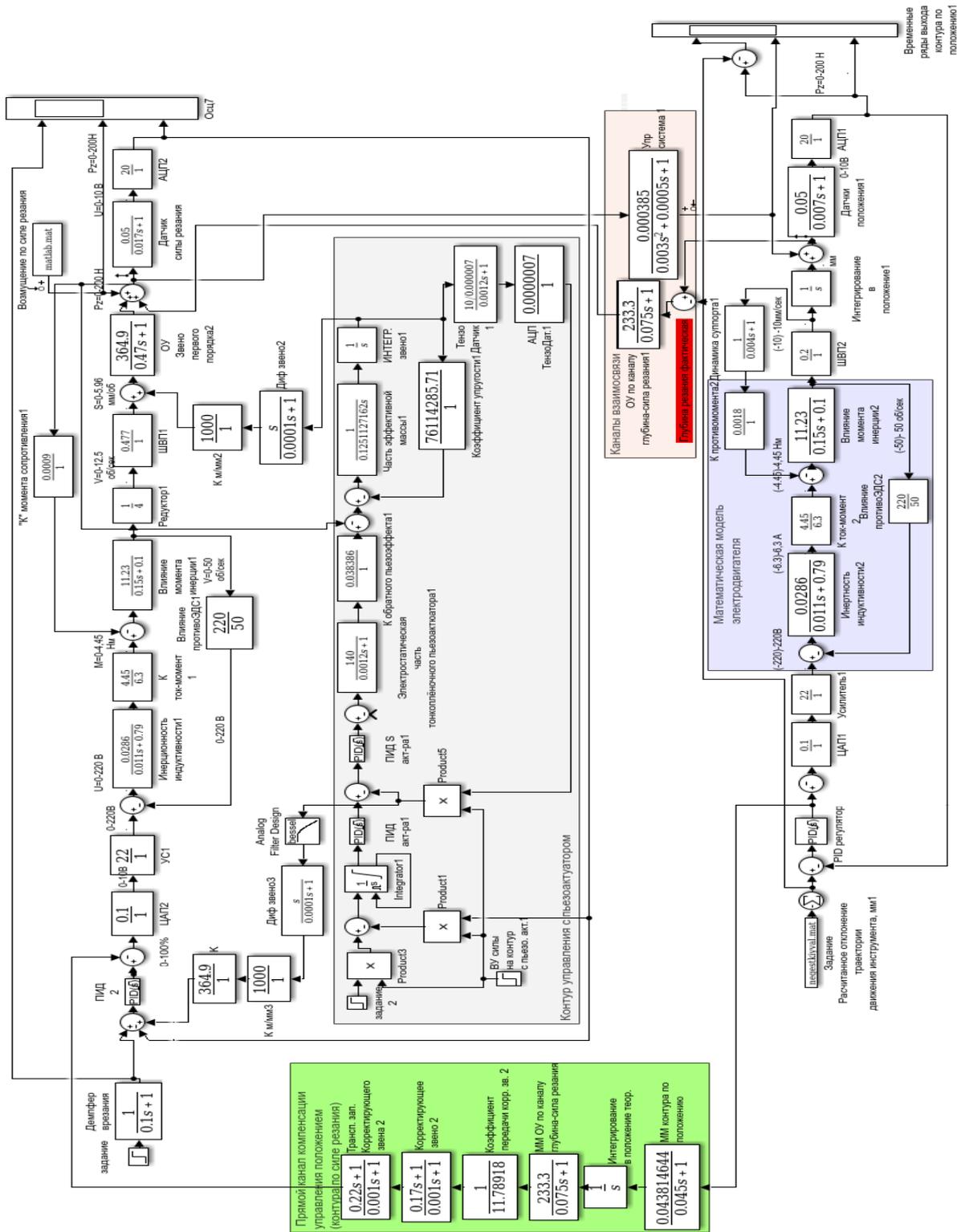


Рис. 2. Структурная схема системы управления процессом токарной обработки нежестких деталей при наличии возмущений по припуску, выполненная с Simulink

Показатели эффективности управления силой резания

Тип системы регулирования силы резания	Дисперсия силы резания, $H^2$	K, эффективности	Частотный диапазон эффективной работы, Гц
Без управления	24.8	1	-
Одноконтурная система	4.24	5.8	3.1
С пьезоактюатором и частотной развязкой с дополнительным контуром	1	24.8	190

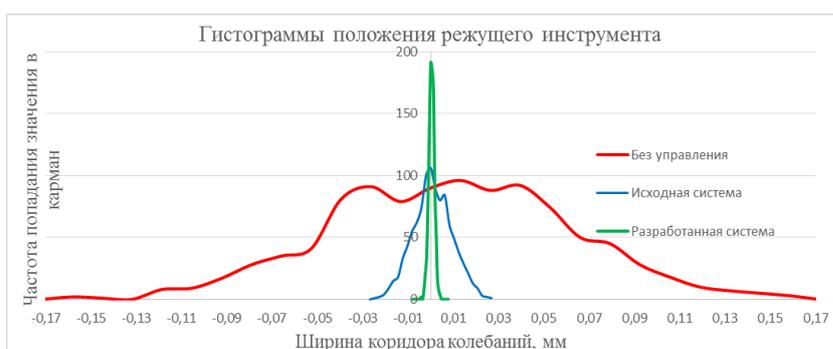


Рис. 3. Ширина коридора колебания положения режущего инструмента

## Выводы:

1. Построение системы управления продольным профилем нежесткого вала, реализующей движение резца по прогнозируемой на основании математической модели и корректируемой по обратной связи траектории предвыскажения, позволяет производить обработку с большей производительностью.

2. Использование двух исполнительных механизмов – одного с широким диапазоном изменения управляющего воздействия и второго с высоким быстродействием позволило существенно расширить частотный диапазон обрабатываемых возмущений по силе резания и повысить точность обработки.

3. Использование каналов компенсации взаимосвязей контуров управления с продольной и поперечной подачами позволило обеспечить их совместную эффективную работу.

4. Построение данной системы позволило повысить точность позиционирования инструмента по поперечной оси при действии неконтролируемых возмущающих воздействий на процесс резания в 22,8 раза, что составляет: 0,15 мм против 0,33 мм без регулирования.

#### Литература

1. Балакшин Б.С. Адаптивное управление станками / Б.С. Балакшин, Б.М. Базаров, И.М. Баранчукова. – М.: Машиностроение, 1973. – 687 с.

2. Драчев О.И. Основы расчета и проектирования систем автоматического управления в машиностроении / Д.А. Расторгуев, А.А. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. Старый Оскол: ТНТ. – 2009. – 167 с.

3. Adaptive Kontroll- & Überwachungstechnologie- Systeme (ACM - Adaptive Control & Monitoring) für zur Optimierung von CNC Metallbearbeitung Technische Spezifikationen. Изд-во OMATIVE systems, 2013. – 27 с.

4. Harms A., Denkena B., Lhermet N. Tool adaptor for active vibration control in turning operations. ACTUATOR 2004, 9th International Conference on New Actuators, 14-16 June 2004, Bremen, Germany. – 694 с.

5. Кравченко С.А. Обеспечение точности автоматизированной системы управления продольным профилем нежестких валов при токарной обработке путем повышения эффективности обратной связи: диссертация / С.А. Кравченко. – Саратов: типография СГТУ, 2013. – 179 с.

6. Мостовой В.Д. Моделирование и обоснование эффективности двухконтурной системы управления процессом токарной обработки с использованием быстродействующего исполнительного механизма / В.Д. Мостовой, В.П. Бирюков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – №2 (22). – С. 205-221.

### **Модернизированная схема установки компенсатора давления**

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

Акинфиева Алена Андреевна, студент специальности  
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

Белостропова Вероника Эдуардовна, студент специальности  
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

Семин Денис Сергеевич, 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 статье рассматривается работа двухконтурной ЯЭУ, а также условия работы компенсатора давления. При модернизации схемы установки компенсатора давления авторами прогнозируется получение эффекта повышения надежности и экономичности данной системы и предлагается техническое решение для получения этих эффектов.*

Ядерная энергетическая установка содержит [1] два контура циркуляции жидкости, включающие следующее оборудование: реактор, главный циркуляционный насос, парогенератор, система быстрого ввода бора, система аварийного охлаждения зоны (гидроемкости 1-й и 2-й ступеней), барботер, компенсатор давления, защитная оболочка двойная бетонная, система аварийного расхолаживания и продувки ПГ, система планового и аварийного расхолаживания первого контура, ловушка активной зоны.

С целью упрощения схемы для анализа выделим гидравлическую схему первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки с компенсатором давления, которая представлена на рис. 1, которая и является предметом более подробного анализа.

На рис. 1 обозначены: 1 – реактор; 2 – парогенератор; 3 – главный циркуляционный насос; 4 – компенсатор давления; 5 – трубчатые электронагреватели; 6 – трубопровод к компенсатору давления; 7 – трубопровод парогенератор – главный циркуляционный насос; 8 – трубопровод главный циркуляционный насос – реактор; 9 –

трубопровод реактор – парогенератор. Позиции условных обозначений одинаковы для обоих вариантов.

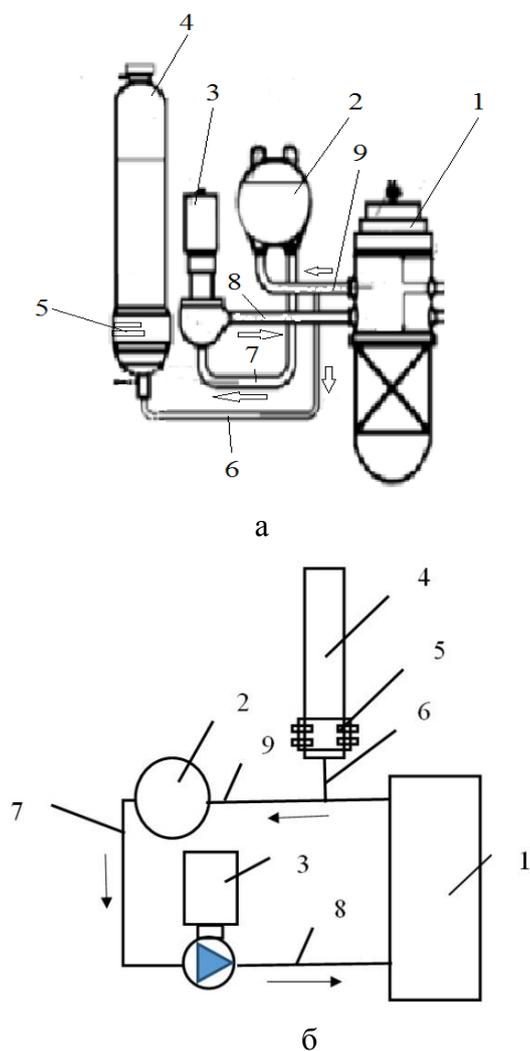


Рис. 1. Принципиальная упрощенная гидравлическая схема первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки:  
 а – технологическая схема; б – в условных обозначениях (развернутая)

В состав энергетической реакторной установки [1-3] входят следующие основные контуры и системы:

- первый контур;
- второй контур;
- промежуточный контур охлаждения оборудования реакторной установки;
- система аварийного отвода тепла;
- система аварийного охлаждения активной зоны;
- система подпитки первого контура;
- система ввода жидкого поглотителя;
- система снижения давления в герметичном ограждении;

- система охлаждения корпуса реактора (заполнения кессона реактора водой);
- система рециркуляции.

Первый контур [1] представляет собой герметичную замкнутую систему, предназначенную для отвода тепла от активной зоны реактора и передачи его воде-пару второго контура в парогенераторах (ПГ).

В состав первого контура входят:

- реакторный блок;
- система компенсации давления;
- система очистки и расхолаживания.

Циркуляция теплоносителя первого контура в реакторном блоке осуществляется следующим образом. Теплоноситель с напорной линии главного циркуляционного насоса (рис. 1, поз. 3) по главному циркуляционному контуру (рис. 1, поз. 8) попадает в реактор (рис. 1, поз. 1). Пройдя кольцевой зазор между корпусом реактора и обечайкой внутрикорпусной шахты, теплоноситель через щелевой фильтр попадает в напорную камеру активной зоны.

Пройдя активную зону, нагретый теплоноситель первого контура попадает в сливную камеру реактора, откуда через внутренние патрубки поступает в кольцевой зазор между обечайкой трубной системы и корпусом ПГ (рис. 1, поз. 2), а затем через переливные окна на трубную систему ПГ.

Из ПГ охлажденный теплоноситель первого контура по кольцевым полостям между главными и внутренними патрубками поступает в гидрокамеры на всасывании главного циркуляционного насоса (рис. 1, поз. 3).

При нормальной эксплуатации теплоноситель первого контура отводит тепло от активной зоны реактора (рис. 1, поз. 1) и передает его в парогенераторах (рис. 1, поз. 2) воде-пару второго контура. В аварийных режимах обеспечивает расхолаживание реактора, отводя тепло от активной зоны и передавая его в парогенераторах теплоносителю второго контура или в теплообменнике системы очистки и расхолаживания теплоносителю промежуточного контура.

В качестве теплоносителя первого контура используется специально подготовленная вода.

Система компенсации объема предназначена для компенсации увеличения объема воды при ее нагреве и создания давления в первом контуре реакторной установки в заданных пределах при работе реакторной установки в стационарных режимах в заданных пределах, а также ограничения отклонений давления в переходных и аварийных режимах.

В реакторной установке использована вынесенная паровая система компенсации давления (рис. 1, поз. 4). В качестве источника пара применяются электрические нагреватели (рис. 1, поз. 5) (например, в контуре реактора ВВЭР-1000 используется 4 блока по 6 кассет трубчатых электронагревателей (рис. 1, поз. 5) суммарной мощности подогревателей 2520 кВт).

Система компенсации объема относится к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности. В состав системы входят:

- паровой компенсатор давления;
- электронагреватели;
- регулирующая и предохранительная арматуры;
- трубопроводы;
- первичные измерительные преобразователи.

Размеры компенсатора давления (рис. 1, поз. 4) исключают оголение электронагревателей и превышение максимально допустимого уровня теплоносителя в нем при изменении мощности реакторной установки в диапазоне от нулевой до номинальной. При плановом разогреве и расхолаживании масса теплоносителя в первом контуре компенсируется системами. Компенсатор давления подключен к первому контуру по «горячей ветке» трубопроводом (рис. 1, поз. 6) к парогенератору.

Впрыск «холодного» теплоносителя в душирующее устройство компенсатора давления производится с напора главного циркуляционного насоса трубопроводом, на котором установлен регулирующий клапан.

Работа системы компенсации давления осуществляется следующим образом. При снижении давления в первом контуре производится включение в работу регулирующей группы нагревателей (рис. 1, поз. 5), при повышении давления – в паровую полость компенсатора давления производится впрыск «холодного» теплоносителя с напора главного циркуляционного насоса (рис. 1, поз. 3).

Объем компенсатора давления, соотношение пара и воды в нем, производительность впрыска и мощность нагревателей обеспечивают снижение, повышение и поддержание давления в первом контуре в определенных проектом интервалах и с допустимыми скоростями изменения во всех проектных режимах.

Кроме того, следует обратить внимание на то, как подключен сам корпус компенсатора давления (КД), а именно: только нижняя часть КД подключена по трубопроводу к горячему контуру, и поэтому прогрев самого корпуса возможен только тогда, когда будет греться вода внутри корпуса КД.

Это возможно при нагреве воды трубчатыми электронагревателями (ТЭНы),

которые имеют суммарную мощность 2500 кВт, а это можно отнести к затратам на собственные нужды самой реакторной установки. И далее с помощью этих же ТЭНов поддерживается давление пара в свободном объеме КД, т. е. не только при прогреве воды первого контура при запуске, но и при нормальной эксплуатации реакторной установки.

Далее необходимо обратиться к протоколу – программе при пуске реакторной установки, где сказано, что разность температур верха и низа корпуса КД при разогреве не должна превышать 85 °С., а при нормальной эксплуатации разность температур верха и низа корпуса КД не должна превышать 50 °С. Тем самым при работе реакторной установки необходимо обеспечивать эти перепады температур, и, соответственно, контролировать работу системы автоматики и работу электрических нагревателей (рис. 2, поз. 5), которые влекут за собой потребление выработанной электроэнергии и снижение КПД самой энергетической установки.

Это приводит к снижению надежности и экономичности самой электрической станции, что можно отнести к недостаткам включения КД в гидравлическую схему первого контура реакторной установки.

На основании анализа вопроса, как можно эти недостатки не устранить, но хотя бы уменьшить, а также с учетом работы аналогичных гидравлических схем с другими энергетическими установками, предлагается обеспечить циркуляцию горячей воды через корпус КД, гидравлическая схема которой представлена на рис. 2.

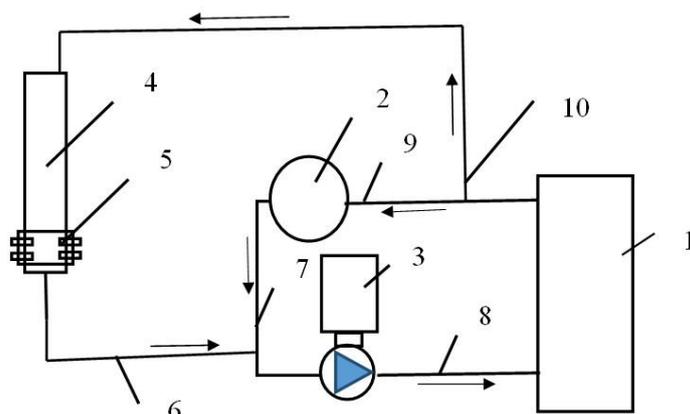


Рис. 2. Предлагаемая схема включения компенсатора давления в первый контур системы циркуляции двухконтурной ядерной энергетической установки

В предлагаемой гидравлической схеме только часть горячей воды (не более 40 процентов от общего расхода) поступает по трубопроводу (рис. 2, поз. 10) в свободный объем корпуса КД, отвод воды осуществляется на всасывании главного циркуляционного насоса.

Тем самым по предлагаемой схеме через КД будет осуществляться циркуляция горячей воды. При этой схеме будет осуществляться более равномерный прогрев корпуса и тем самым обеспечивать требования необходимых температурных перепадов.

Еще есть одно положение, которое говорит о необходимости обеспечения давления паровой подушки в КД, причем такого, чтобы запас по температуре воды в первом контуре составлял 25 °С.

С точки зрения экономических параметров – затрат на нагрев воды в КД ТЭНами, в предлагаемой схеме (рис. 2) при наличии в свободном объеме корпусе КД воздуха после заправки контура его водой и герметизации самого КД произойдет следующее: воздух начнет сжиматься от того, что при нагреве воды контура будет уменьшаться этот свободный объем, увеличивая давление этого воздуха и давление воды в первом контуре. Это позволит если не совсем исключить наличие ТЭНов, то уменьшить их мощность, что поспособствует повышению экономичности реакторной установки. По ориентировочным и оценочным расчетам, этого давления воздуха будет достаточно для обеспечения запаса по температуре воды (25 °С) в первом контуре.

Конечно, требуются более детальные комплексные расчеты различных параметров и их анализ при обеспечении циркуляции горячей воды через корпус КД, согласно предлагаемой гидравлической схеме.

На основании вышеизложенного, следует проведение, как минимум, комплекса расчетных исследований модернизированной схемы установки компенсатора давления в двухконтурной ядерной энергетической установке.

#### Литература

1. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах: учеб. пособие / С.М. Дмитриев [и др.] / под общ. ред. С.М. Дмитриева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, 2008. – 458 с.
2. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции / Т.Х. Маргулова. – Изд-во по атомной технике (ИздАТ), 5-е изд., 1994. – 269 с.
3. Дмитриев С.М. Конструирование основного оборудования АЭС: учеб. пособие / С.М. Дмитриев, В.А. Фарафонов / под общ. ред. С.М. Дмитриева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Изд. 2-е доп. и перераб., 2009. – С 509.

## **Влияние смазочно-охлаждающей жидкости при фрезеровании поверхностей**

Романова Анастасия Владимировна, студент направления «Машиностроение»;

Кудашева Ирина Олеговна, 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 рассматривается влияние смазочно-охлаждающей жидкости в процессе фрезерования. Предложены рекомендации по использованию смазочно-охлаждающей жидкости с различными материалами. Проанализирован график зависимости температуры поверхности детали от количества подаваемой смазочно-охлаждающей жидкости.*

При различных операциях обработки детали выделяется тепло, поэтому необходимо использование смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), которые главным образом отводят тепло от режущего инструмента. Они снижают температуру в зоне обработки и тем самым повышают стойкость режущего инструмента, улучшают качество обрабатываемой поверхности и предохраняют от коррозии режущий инструмент и обрабатываемую заготовку [1].

Рассмотрим применение смазочно-охлаждающих жидкостей в процессе фрезерной обработки. Фрезерование (фрезерная обработка) – это механическая обработка резанием плоскостей, пазов, лысок, при которой режущий инструмент (фреза) совершает вращательное движение (со скоростью  $V$ ), а обрабатываемая заготовка – поступательное (со скоростью подачи  $S$ ).

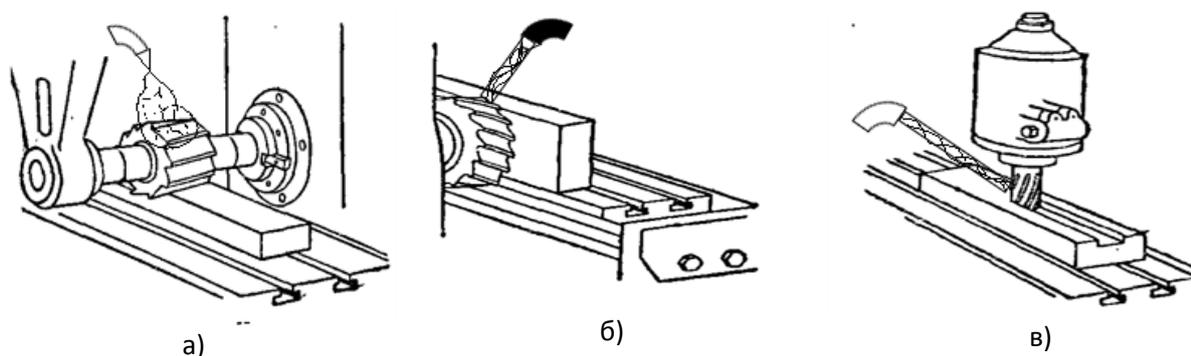
Фрезерная обработка может производиться следующими видами фрез:

- дисковые (для обрезки заготовок, прорезания пазов, снятия фасок);
- торцевые (для обработки торцевых поверхностей);
- цилиндрические (для обработки открытых поверхностей на горизонтально-фрезерных станках);
- угловые (для обработки наклонных поверхностей);
- концевые (для создания пазов, контурных уступов и выемок, обработки взаимно перпендикулярных плоскостей);
- фасонные (для обработки деталей со значительным соотношением длины заготовки к ее ширине);

- червячные (для нарезания зубчатых колес, шлицевых валов, имеющих эвольвентный профиль);
- кольцевые (для получения отверстий).

К смазочно-охлаждающим жидкостям при фрезеровании предъявляются следующие требования: высокая охлаждающая и смазывающая способность, антикоррозионность, безвредность для работающего.

Подвод СОЖ в зону резания может осуществляться несколькими способами, такими как подача масляным туманом (рис. 1а), струей под давлением, направленной на поверхность с помощью шланга (рис. 1б) и тонкой струей, воздействующей именно на сам разрез (рис. 1в).



*Рис. 1. Подвод СОЖ в зону резания:*

*а – масляный туман, б – струя под давлением, в – подача тонкой струей*

Рациональное применение СОЖ позволяет в ряде случаев повысить стойкость режущего инструмента от 1,5 до 4 раз [2]. Для каждой группы обрабатываемых материалов необходимо соответствующее использование СОЖ, во избежание их малоэффективности и вредного влияния при металлообработке. Каждой комбинации «обрабатываемый материал – вид обработки – инструментальный материал – режим резания» должна соответствовать определенная, наиболее эффективная для данных условий смазочно-охлаждающая жидкость. В табл. 1 приведены рекомендации по применению СОЖ при черновом и чистовом фрезеровании, полученные из литературных источников [2].

Таблица 1

Применение СОЖ при фрезеровании фрезами из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Применяемая жидкость	
	Черновое фрезерование	Чистовое фрезерование
Углеродистые, конструкционные, инструментальные и жаропрочные стали	Масляная эмульсия. Сульфифрезол	Водная и масляная эмульсии. Сульфифрезол. Смешанные масла

## Продолжение таблицы 1

Улучшенные и цементируемые стали	Масляная эмульсия. Сульфофрезол	Масляная эмульсия. Сульфофрезол. Минеральные масла с 5 % жира
Стальное литье	Водный раствор соды. Водная и масляная эмульсии	Водная и масляная эмульсии. Сульфофрезол. Смешанные масла
Чугунное литье	Обычно без охлаждения. Водный раствор соды. Эмульсия	Обычно без охлаждения. Водный раствор соды. Эмульсия
Ковкий чугун	Обычно без охлаждения. Эмульсия	Обычно без охлаждения. Сульфофрезол
Бронзовое литье	Без охлаждения. Водная эмульсия	Водная и масляная эмульсии. Смешанные масла. Сульфофрезол
Медь, латунь, медное литье	Без охлаждения. Водная и масляная эмульсии	Без охлаждения. Водная и масляная эмульсии. Смешанные масла. Сульфофрезол
Алюминий и его сплавы	Масляная эмульсия. Смешанные масла. Керосин. Скипидар	Осерненные масла. Смесь неочищенного сурепного масла с очищенными минеральными маслами. Керосин. Скипидар
Магниеые сплавы	Всухую. Минеральные масла с высокой температурой вспышки	
Никелевые сплавы	Масляная эмульсия. Сульфофрезол. Минеральное масло с 5 % жира	

На основании данных, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод, что большую часть материалов при черновом и чистовом фрезеровании требуют различные виды СОЖ. Связанно это с тем, что при черновом фрезеровании снимается больший слой материала, нежели при чистовом, а, следовательно, температура в зоне фрезерования больше там, где глубина срезаемого слоя ( $t$ ) больше, так как необходимо приложить больше усилий для снятия материала.

Фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава, обычно обрабатывают без СОЖ или с обильным охлаждением эмульсией.

Фрезерование серого чугуна на универсальных фрезерных станках производится без охлаждения, а ковкого чугуна с помощью охлаждения эмульсией. Но иногда рекомендуется использовать СОЖ при обработке серого чугуна. Например, при обработке длинных чугунных деталей, таких как станины и каретки металлорежущих станков, которые в процессе фрезерования без охлаждения достигают температуры 60-70 °С, рекомендуется использовать охлаждение, чтобы избежать деформации.

Резкий скачек температуры происходит в момент входа и выхода режущей кромки фрезы из зоны резания, поэтому режущая кромка испытывает термический шок в циклическом режиме, что приводит к образованию термических трещин и, в худшем случае, грозит преждевременным выходом инструмента из строя.

Так как скорость обработки и подача отличаются при различных материалах, а также зависят от детали и шероховатости, которую необходимо получить, то

температура нагрева детали и инструмента отличаются, поэтому необходимо подавать определенное количество СОЖ. Так же высокая температура при малом количестве СОЖ приводит к закипанию охлаждающей жидкости на поверхности детали, что может привести к изменению параметров поверхности и перегреву инструмента.

При чистовом фрезеровании использование СОЖ не обязательно, из-за выделения небольшого количества тепла и меньшей глубины резания, чем при черновом фрезеровании.

В заключение можно отметить, что СОЖ необходимо применять в следующих ситуациях:

- чистовая обработка нержавеющей стали и алюминия – во избежание налипания частиц металла на обрабатываемую поверхность;
- обработка жаропрочных сплавов при низкой скорости резания – для снижения трения и охлаждения заготовки;
- обработка чугуна – для осаждения и смывания частиц, благоприятно влияющих на окружающую среду, здоровье операторов и качество деталей;
- фрезерование тонкостенных деталей – во избежание искажения геометрии детали;
- удаление стружки из глубоких выемок применяют сжатый воздух с частицами специального масла, так называемое охлаждение масляным туманом.

Таким образом, при фрезерной обработке необходимо учитывать вид обрабатываемого материала, а также рационально использовать СОЖ для минимизации отходов и сокращения затрат в условиях производства.

#### Литература

1. Романова А.В. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания и качество поверхности. / А.В. Романова, И.О. Кудашева // Сборник трудов научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2018. – С. 120-124.

2. Аврутин С.В. Фрезерное дело / С.В. Аврутин. – 5-е изд. – М.: Высшая школа, – 1964. – С. 73-78.

## **Расчет распределения пористости вдоль радиуса топливной таблетки**

Сорбат Дмитрий Михайлович, магистр направления

«Ядерные физика и технологии» физико-технического факультета

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

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

г. Димитровград

*В данной работе проведены расчеты распределения пористости вдоль радиуса топливной таблетки после облучения в реакторе на быстрых нейтронах. Полученные результаты необходимы для расширения базы данных о поведении нитридного уран-плутониевого топлива в условиях реакторного облучения, обоснования работоспособности данного вида топлива в качестве штатного для проектируемого реактора БРЕСТ-ОД-300.*

В тепловыделяющем элементе ядерного реактора материал топлива испытывает комплексное радиационное, температурное и механическое воздействие, в результате которого выгорает делящийся материал, накапливаются продукты деления, происходят структурные изменения, уменьшается плотность, возникают термические напряжения и т. д. В этих условиях ТВЭЛ и его компоненты должны сохранить работоспособность. В связи с этим большое значение имеют результаты исследований состояния топливного сердечника после облучения, так как свойства материалов напрямую зависят от их структуры, поэтому одним из важных материаловедческих исследований является метод сканирующей электронной микроскопии и количественной металлографии [1].

Подготовка образца для проведения исследований микроструктуры нитридного топлива методами сканирующей электронной микроскопии и количественной металлографии осуществлялась с помощью специально разработанной методики.

Образец был вырезан из центрального сечения активной части ТВЭЛА после облучения в составе тепловыделяющей сборки реактора на быстрых нейтронах до максимального выгорания 3,8 % т. а. Топливный сердечник ТВЭЛА состоял из таблеток уран-плутониевого нитридного топлива с номинальной массовой долей плутония 9,8 %. Плотность топлива до облучения составляла 12,2 г/см<sup>3</sup>. В исследуемом сечении температура и выгорание топлива принимали максимальные значения.

Исследования микроструктуры материала топлива на внутрикамерном дистанционном оборудовании выполнялись на поперечных шлифах образцов, зафиксированных в металлических обоймах сплавом Вуда (Bi-50,0 %; Sn-12,5 %; Cd-

12,5 %; Рb-25 %) с температурой плавления ~ 68 °С [2]. Для фиксации образца в обойме сплав Вуда расплавляют в специальной посуде (кювете) и заливают в обойму с образцом.

Шлифовку образцов проводили на шлифовально-полировальном станке с охлаждением водой. Учитывая, что в процессе отрезания образца от твэла могло происходить откалывание фрагментов топлива вблизи поверхности реза, для получения представительных металлографических образцов операцию шлифовки проводили в несколько циклов. Последний этап подготовки образцов – полировка – проводилась с использованием алмазной пасты с размером частиц 1 мкм на сукне. Процесс полировки продолжался до получения ровной зеркальной поверхности сечения образца.

Для определения значения пористости топлива и построения гистограмм распределения пор по размерам в программе Видео-Тест структура 5.2 проведена идентификация границ пор на изображениях, полученных с максимальным разрешением и увеличением.

Количественная оценка характеристик пористости топливной таблетки включала проведение следующих операций для каждого из десяти участков вдоль радиуса топливной таблетки: выделение всех пор на изображении и определение общей пористости топлива как отношения суммарной площади сечений пор к общей площади изображения.

Микроструктура топлива методом сканирующей электронной микроскопии была исследована в центральном сечении по высоте, где по данным металлографии в центре топливных таблеток отмечено начало формирования газовой пористости. Для оценки пористости топлива были получены электронно-микроскопические изображения десяти участков размерами 60x60 мкм вдоль радиуса топливной таблетки. На рис. 1 представлены изображения микроструктуры вдоль радиуса топливной таблетки.

Микроструктура топлива на краю таблетки (рис. 1 к) характеризуется наличием технологической пористости и по внешним признакам не отличается от исходной, представляя собой пересыщенный твердый раствор с равномерно растворенными в нем продуктами деления. Технологическая пористость сформирована на стадии изготовления и необходима для компенсации напряжений, возникающих в процессе облучения. Под действием нейтронного облучения и высокой температуры, возникающих при выходе реактора на мощность, происходит образование мелкой газовой и укрупнение технологической пористости. В центральной области под влиянием больших температур газообразные продукты деления формируют хорошо

различимую внутриверенную и межверенную пористость (рис. 1 а). Размер газовых пор порядка 1 мкм.

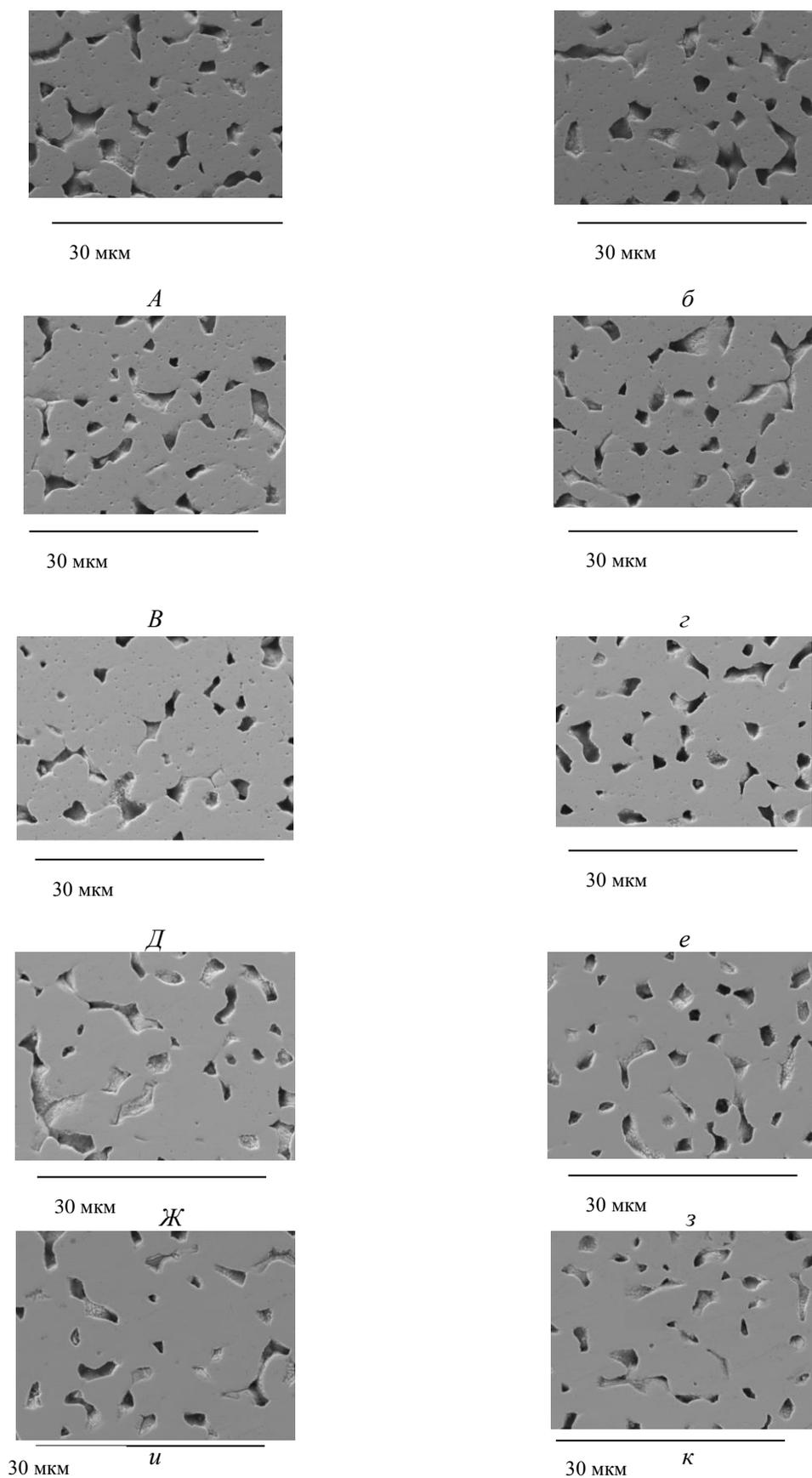


Рис. 1. Изображение микроструктуры десяти участков вдоль радиуса топливной таблетки

Полученные с высоким разрешением изображения микроструктуры были использованы для количественной оценки распределения пористости по радиусу топливной таблетки. Распределение пористости было посчитано для центрального сечения твэла, где выгорание и скорость набухания были максимальными.

В качестве примера на рис. 2 представлено изображение микроструктуры в центральной (0,00R) и краевой (1,00R) областях топливной таблетки твэла с выделенными порами.

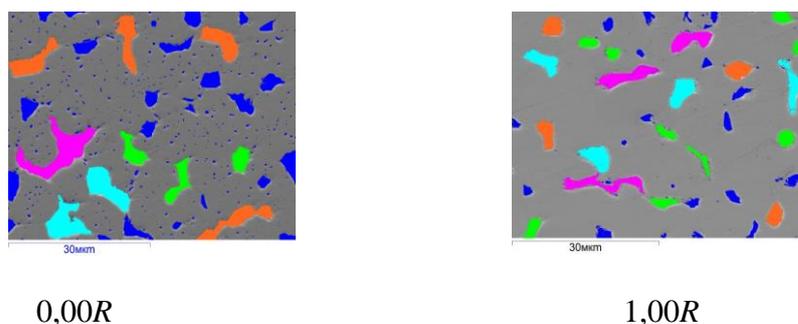


Рис. 2. Схема выделения пор на изображении центральной области топливной таблетки (участки 0,00R и 1,00R) образца из центра твэла

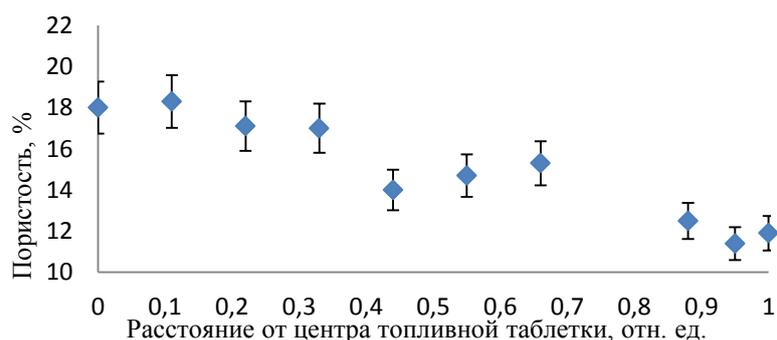


Рис. 3. Распределение пористости по радиусу топливной таблетки

Значение пористости топлива увеличивается от поверхности к центру, что является следствием температурного градиента вдоль радиуса топливной таблетки (температура возрастает при движении от краевой к центральной области топливной таблетки).

Исходное среднее значение пористости топлива, соответствующее паспортным значениям плотности, равно  $(14,3 \pm 0,3)$  %, экспериментально полученное значение пористости  $(14,6 \pm 1,0)$  %. Таким образом, изменение пористости топлива под облучением незначительно (в пределах погрешности измерения).

Ознакомившись с методом и возможностями сканирующей электронной микроскопии, можно сказать, что у данного метода есть как достоинства, так и недостатки. Достоинством метода является его высокая разрешающая способность и возможность проведения исследований структуры в широком диапазоне увеличений. К

недостаткам метода можно отнести объемность получаемых изображений.

Известно, что свойства облученных топливных материалов во многом связаны с особенностями их строения. Полученные в настоящей работе данные о закономерностях формирования пористости в уран-плутониевом нитридном топливе в зависимости от рабочей температуры необходимы для понимания и прогнозирования его поведения в твэле и являются важным этапом при проведении послереакторных исследований твэлов.

В результате исследований, проведенных в данной работе, были получены экспериментальные данные о состоянии микроструктуры и распределении пористости вдоль таблетки уран-плутониевого нитридного топлива после облучения в реакторе на быстрых нейтронах.

Было показано, что в исследованном сечении твэла при данных параметрах облучения происходит незначительное изменение пористости топлива. Микроструктура топлива на краю таблетки характеризуется наличием только технологической пористости и по внешним признакам не отличается от исходной. В центре таблетки произошло образование мелких пор диаметром порядка 1 мкм преимущественно вдоль границ зерен, что свидетельствует о начальной стадии зарождения газовой пористости.

Полученные результаты необходимы для расширения базы данных о поведении нитридного уран-плутониевого топлива в условиях реакторного облучения.

#### Литература

1. Котельников Р. Б. Высокотемпературное ядерное топливо / Р.Б. Котельников. – М.: Атомиздат, 2-е изд., 1978. – 432 с.
2. Инструкция по эксплуатации микроскопа дистанционного для работы в радиационно-защитной камере (МДРЗК): Инвентарный (регистрационный) № И-5500-0154-01: утв. директором ОРМ Е.А. Звир 2015 – ввод в действие с 2015. – Дмитровград: АО ГНЦ НИИАР, 2015. – 34 с.
3. Методика измерений геометрических параметров изделий и элементов их микроструктуры с использованием видеосистемы анализа изображений. МВИ рег. № 914 по Реестру методик НИИАР. Свидетельство о МА рег.№ 507; Протокол МА рег.№ 71-12 (ОМИТ), 2012. – 16 с.
4. Алексеев С.В. Нитридное топливо для ядерной энергетики / С.В. Алексеев. - М.: Техносфера, 2013. – 240 с.

**Анализ возможности повышения точности расчета силы резания при токарной обработке нежестких валов**

<sup>1</sup>Третьяков Сергей Сергеевич, студент направления

«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;

<sup>1</sup>Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Атомная энергетика», Почетный работник высшего профессионального образования РФ, лауреат Премии правительства РФ;

<sup>2</sup>Мостовой Владимир Дмитриевич, аспирант;

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

*В работе представлены результаты сравнительного анализа расчетных значений стрелы прогиба и силы резания по моделям разных авторов, показавшие их большой разброс. На новых экспериментальных данных, приведенных в источнике [1], произведены построение и сравнительный анализ моделей силы резания с различной структурой.*

Обеспечение точности обработки является одной из важных задач обеспечения эффективности работы токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ). При этом задача обеспечения точности обработки нежестких деталей типа «вал» находится в особом ряду по причине больших деформаций отжима в процессе обработки и появления погрешностей формы, например, в виде бочкообразности. Проблема повышения точности обработки деталей на металлообрабатывающих станках в настоящее время решается путем повышения точности и жесткости элементов станков, выбором режимов резания при проектировании технологических процессов резания, обеспечивающих допустимые параметры деформации валов в процессе обработки, созданием адаптивных систем управления, обеспечивающих обработку нежестких валов по траектории предсказания, что позволяет работать на больших производительностях без снижения точности обработки.

Данная работа посвящена решению задачи обеспечения требуемой точности обработки нежестких валов на этапе проектирования технологических процессов металлообработки.

Обеспечению требуемой точности обработки путем выбора режимов резания на этапе проектирования процессов в последнее время посвящено большое количество научных работ [1-3]. На этапе проектирования технологического процесса обработки нежестких валов требования по точности формы выступают в качестве основного ограничения по выбору режимов обработки. С учетом механических свойств материала заготовок, свойств твердосплавного инструмента и его геометрии, величины припуска на обработку, технолог определяет режимы резания. Далее производится расчет стрелы прогиба заготовки при выбранных режимных параметрах. Если требования по точности не выполняются, то режимные параметры корректируются. Корректировка, как правило, производится в направлении уменьшения режимных параметров, что приводит к уменьшению производительности процесса. Стрела прогиба нежестких валов определяется координатами приложения радиальной составляющей силы резания  $P_y$ , ее расчетными значениями, модулем нормальной упругости обрабатываемой стали, величиной приведенного момента инерции. Среди этих факторов, существенно влияющих на стрелу прогиба и точность обработки, решающее значение имеет сила резания. Поэтому точность расчета сил резания при токарной обработке имеет большое значение.

Классическая формула силы резания имеет вид [4-6]:

$$P_{x,y,z} = C_{P_{x,y,z}} \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^{n_p} \cdot K_p, \quad (1)$$

где  $C_{P_{x,y,z}}$  – эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий режущие свойства инструментального материала;

$x, y, n_p$  – показатели степени;

$t$  – глубина резания, мм;

$s$  – подача, мм/об;

$v$  – скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент, учитывающий геометрию режущего инструмента и механические свойства обрабатываемого материала, который определяется по формуле:

$$K_p = K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \cdot K_{mP}, \quad (2)$$

где  $K_{\varphi P}$  – коэффициент, учитывающий величину главного угла в плане  $\varphi$ ;

$K_{\gamma P}$  – коэффициент, учитывающий величину переднего угла  $\gamma$ ;

$K_{\lambda P}$  – коэффициент, учитывающий величину угла наклона главной режущей кромки  $\lambda$ ;

$K_{rP}$  – коэффициент, учитывающий величину радиуса закругления режущей кромки  $r$ ;

$K_{mP}$  – коэффициент, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала, определяется по формуле:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_{\text{вр}}}{750} \right)^{n_p} \quad (3)$$

где  $\sigma_{\text{вр}}$  – временное сопротивление разрыву материала заготовки, МПа;

$n_p$  – показатель степени, зависящий от инструментального материала;

750 – среднее значение предела прочности сталей, МПа.

Авторы некоторых справочников прилагают данные лишь для определения тангенциальной составляющей силы резания  $P_z$ , а осевую  $P_x$  и радиальную  $P_y$  предлагается приближенно вычислять по формулам:

$$P_x = 0,25 \cdot P_z; \quad (4)$$

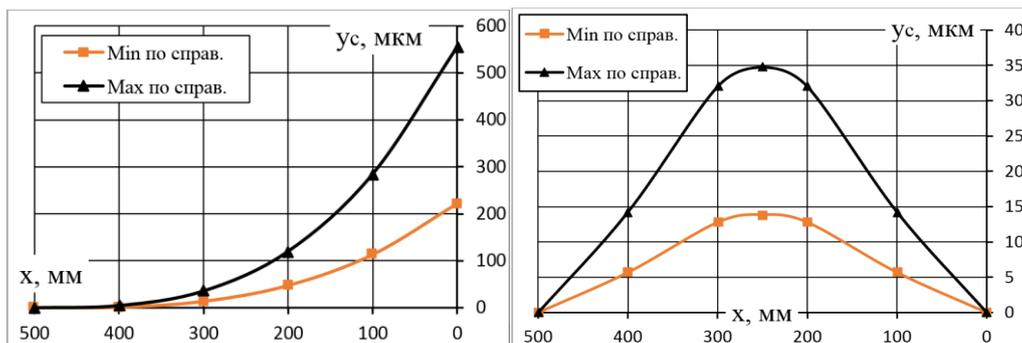
$$P_y = 0,4 \cdot P_z. \quad (5)$$

В [1] проведено сравнение расчетных величин радиальной составляющей силы резания  $P_y$ , полученных с использованием шести различных справочников, с ее измеренными значениями при одинаковых условиях обработки группы указанных сталей различными марками твердосплавного инструмента (Т30К4, Т15К6, Т5К10, ВК8, ТН20, ТТ7К10, ТТ10К8А). Анализ показал, что расчетные величины радиальной составляющей силы резания в большинстве случаев не соответствуют экспериментальным значениям. Разница между расчетными и экспериментальными значениями достигает 100 и более процентов. Следует отметить, что лишь в нескольких случаях ошибка составляла 1-15 %, что соответствует технологическому допуску.

При этом получены большие диапазоны изменения расчетных значений стрелы прогиба нежестких валов.

$$y_{\text{max}} = \frac{P_y \cdot L_{\text{заг}}^3}{k_3 \cdot E \cdot J}, \quad (6)$$

где  $k_3$  – коэффициент, определяющий способ закрепления заготовки ( $k_3=3$  при установке заготовки в патроне консольно,  $k_3=48$  – в центрах,  $k_3=102$  – в патроне с поджатием центром задней бабки), приведенный на рис. 1.



а)

б)

*Рис. 1. Разброс величин прогиба, определенных при расчете по разным справочникам:  
а - для закрепления «в патроне»; б - для закрепления «в центрах»*

Целью работы является анализ возможности повышения адекватности математической модели расчета силы резания. Для этого на основе экспериментальных данных, полученных в источнике [1], проводится построение и сравнение классической модели сил резания, степенной модели и модели профессора Плотникова А.Л., построенных с учетом входного фактора ТермоЭДС, который является косвенным показателем термомеханических характеристик заготовки и инструмента.

В табл. 1 приведены результаты активного эксперимента для построения регрессионных моделей различной структуры радиальной составляющей силы резания  $P_y$ [1].

Таблица 1

Экспериментальные данные для построения многофакторной регрессионной модели  
расчета радиальной составляющей силы резания  $P_y$  [1]

Резец	№	Факторы				$P_y$
		$E_{пр}$	$t$	$s$	$v$	
1	2	3	4	5	6	7
Т30К4	1	8,8	1	0,15	90	270
	2	8,8	1	0,15	110	253
	3	8,8	1	0,15	130	245
	4	8,8	1	0,2	90	274
	5	8,8	1	0,2	110	268
	6	8,8	1	0,2	130	225
	7	8,8	1	0,3	90	373
	8	8,8	1	0,3	110	286
	9	8,8	1	0,3	130	296
	10	8,8	1,5	0,15	90	356
	11	8,8	1,5	0,15	110	359
	12	8,8	1,5	0,15	130	321
	13	8,8	1,5	0,2	90	464
	14	8,8	1,5	0,2	110	449
	15	8,8	1,5	0,2	130	301
	16	8,8	1,5	0,3	90	563
	17	8,8	1,5	0,3	110	575
	18	8,8	1,5	0,3	130	412
	19	8,8	2	0,15	90	534
	20	8,8	2	0,15	110	433
	21	8,8	2	0,15	130	368
	22	8,8	2	0,2	90	654
	23	8,8	2	0,2	110	517
	24	8,8	2	0,2	130	606
	25	8,8	2	0,3	90	880
	26	8,8	2	0,3	110	701
	27	8,8	2	0,3	130	660
Т15К6	28	10,6	1	0,15	90	362
	29	10,6	1	0,15	110	397
	30	10,6	1	0,15	130	330
	31	10,6	1	0,2	90	429
	32	10,6	1	0,2	110	416
	33	10,6	1	0,2	130	365
	34	10,6	1	0,3	90	370
	35	10,6	1	0,3	110	439
	36	10,6	1	0,3	130	390
	37	10,6	1,5	0,15	90	460
	38	10,6	1,5	0,15	110	418
Т15К6	39	10,6	1,5	0,15	130	492
	40	10,6	1,5	0,2	90	525
	41	10,6	1,5	0,2	110	443
	42	10,6	1,5	0,2	130	433
	43	10,6	1,5	0,3	90	640
	44	10,6	1,5	0,3	110	654
	45	10,6	1,5	0,3	130	540
	46	10,6	2	0,15	90	558
	47	10,6	2	0,15	110	700
	48	10,6	2	0,15	130	521
	49	10,6	2	0,2	90	796
	50	10,6	2	0,2	110	685
	51	10,6	2	0,2	130	788
	52	10,6	2	0,3	90	917
	53	10,6	2	0,3	110	960
	54	10,6	2	0,3	130	806
	55	12,2	1	0,15	90	393
	56	12,2	1	0,15	110	324
	57	12,2	1	0,15	130	355
	58	12,2	1	0,2	90	451
	59	12,2	1	0,2	110	406
	60	12,2	1	0,2	130	363
	61	12,2	1	0,3	90	577
	62	12,2	1	0,3	110	506
	63	12,2	1	0,3	130	517
	64	12,2	1,5	0,15	90	398
	65	12,2	1,5	0,15	110	468
	66	12,2	1,5	0,15	130	560
	67	12,2	1,5	0,2	90	652
	68	12,2	1,5	0,2	110	599
	69	12,2	1,5	0,2	130	578
	70	12,2	1,5	0,3	90	803
	71	12,2	1,5	0,3	110	724
	72	12,2	1,5	0,3	130	722
	73	12,2	2	0,15	90	783
	74	12,2	2	0,15	110	691
	75	12,2	2	0,15	130	787
	76	12,2	2	0,2	90	906
	77	12,2	2	0,2	110	914
	78	12,2	2	0,2	130	922
	79	12,2	2	0,3	90	1064
	80	12,2	2	0,3	110	1126
	81	12,2	2	0,3	130	1102

Из приведенных результатов видно, что математические модели различных авторов дают большие погрешности при расчетах величины деформации заготовки под действием радиальной составляющей силы резания [1-6].

Построение классической модели методом регрессионного анализа [7,8].

Классическая модель имеет вид:  $P_y = C_0 \cdot t^{b_1} \cdot s^{b_2} \cdot v^{b_3}$ .

Для использования регрессионного анализа линеаризуем модель путем логарифмирования:

$$\ln P_y = \ln C_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln s + b_3 \cdot \ln v \text{ или } y^* = b_0 + b_1 \cdot x_1^* + b_2 \cdot x_2^* + b_3 \cdot x_3^*$$

Результаты построения линеаризованной модели в Excel приведены на рис. 2.

Регрессионная статистика						
Множественный						
R		0,8445				
R-квадрат		0,7132				
Нормированный						
R-квадрат		0,7020				
Стандартная						
ошибка		0,2124				
Наблюдения		81				

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	8,636971104	2,878990368	63,81766	7,882E-21
Остаток	77	3,473681949	0,045112753		
Итого	80	12,11065305			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	8,0875	0,7486	10,8038	0,0000	6,5969	9,5781
Переменная X 1	1,0176	0,0830	12,2602	0,0000	0,8523	1,1829
Переменная X 2	0,5071	0,0830	6,1100	0,0000	0,3419	0,6724
Переменная X 3	-0,3063	0,1570	-1,9513	0,0547	-0,6189	0,0063

Рис. 2. Результаты построения классической модели

Коэффициенты линейной модели приведены на рис. 2 во втором столбце в нижней строке дисперсионного анализа. t-критерии показывают, что все коэффициенты линейной модели значимы. Значения F – критерия 63,8 – и коэффициента множественной корреляции  $R^2 = 0,71$  показывают, что линейная модель адекватна.

После преобразования полученной линейной модели в исходную нелинейную получаем модель  $P_y = 3253 \cdot t^{1,02} \cdot s^{0,51} \cdot v^{-0,31}$ .

Для данной модели рассчитаны полная, остаточная суммы квадратов отклонений  $SS_{\text{полн}} = 1034139,8$ ,  $SS_{\text{остат}} = 13430,39$ . Корреляционное отношение равно  $\eta^2 = 0,98$ . Ошибка модели с доверительной вероятностью  $0,95 = 2s_{\text{ост}} = 231,78$  Н.

Построение математической модели Плотникова А.Л.

Модель Плотникова имеет вид:  $P = (a_0 + a_1 \cdot E) \cdot t^{b_1} \cdot s^{b_2} \cdot v^{b_3}$ .

Параметры  $b_1 = 1,02$   $b_2 = 0,51$   $b_3 = -0,306$  являются параметрами классической модели.

Параметры  $a_0 = -0,28$  и  $a_1 = 0,1235$  являются коэффициентами линейного уравнения учета влияния термоЭДС естественной термопары «инструмент-заготовка», являющейся косвенной оценкой термомеханических характеристик заготовки и инструмента.

Для данной модели рассчитаны полная, остаточная суммы квадратов отклонений  $SS_{\text{полн}} = 276493,1$ ,  $SS_{\text{ост}} = 3590,82$ . Корреляционное отношение равно  $\eta_2=0,98$ . Ошибка модели с доверительной вероятностью  $0,95 = 2s_{\text{ост}} = 119,8$ .

Построение степенной математической модели с учетом термоЭДС.

Степенная модель с учетом термоЭДС:  $P_y = C_0 \cdot E^{b_1} \cdot t^{b_2} \cdot s^{b_3} \cdot v^{b_4}$ .

Для использования регрессионного анализа линеаризуем модель путем логарифмирования:

$$\ln P_y = \ln C_0 + b_1 \cdot \ln E + b_2 \cdot \ln t + b_3 \cdot \ln s + b_4 \cdot \ln v \text{ или}$$

$$y^* = b_0 + b_1 \cdot x_1^* + b_2 \cdot x_2^* + b_3 \cdot x_3^* + b_4 \cdot x_4^*$$

Результаты построения регрессионной модели в Excel приведены на рис. 3.

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,95664
R-квадрат	0,91516
Нормированный R-квадрат	0,910694
Стандартная ошибка	0,116273
Наблюдения	81

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	11,08317979	2,770794947	204,949776	6,92636E-40
Остаток	76	1,027473267	0,01351938		
Итого	80	12,11065305	5		

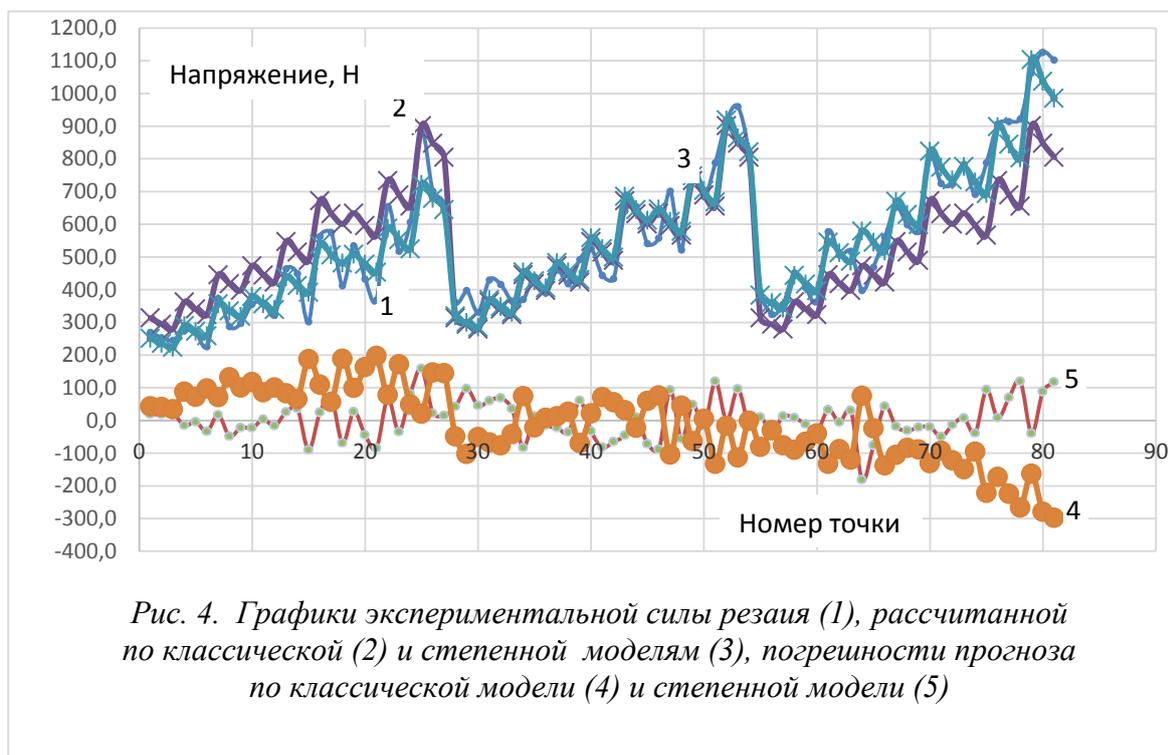
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	5,041	0,468	10,766	0,000	4,108	5,973
Переменная X 1	1,299	0,097	13,451	0,000	1,107	1,491
Переменная X 2	1,018	0,045	22,396	0,000	0,927	1,108
Переменная X 3	0,507	0,045	11,161	0,000	0,417	0,598
Переменная X 4	-0,306	0,086	-3,565	0,001	-0,477	-0,135

Рис. 3. Вывод итогов построения степенной модели в программе Microsoft EXCEL

Параметры линейной модели приведены на рис. 3 во втором столбце в нижней строке дисперсионного анализа. t-критерии показывают, что все коэффициенты линейной модели значимы. Значения F – критерия 204,9 – и коэффициента множественной корреляции  $R^2 = 0,95$  показывают, что линейная модель адекватна.

После преобразования полученной линейной модели в исходную нелинейную получаем модель  $P_y = 154,6 \cdot E^{1,3} \cdot t^{1,02} \cdot s^{0,51} \cdot v^{-0,31}$ .

Для данной модели рассчитаны полная, остаточная суммы квадратов отклонений  $SS_{\text{пол}}=278846,9$ ,  $SS_{\text{ост}}=3621,39$ . Корреляционное отношение равно  $\eta_2=0,98$ . Ошибка модели с доверительной вероятностью  $0,95=2s_{\text{ост}}=120,36$ .



Проведенный анализ показывает, что модели Плотникова и степенная имеют практически одинаковые ошибки прогноза  $2s_{\text{ост}}=120$  Н, против  $2s_{\text{ост}}=231$  Н для классической модели. Таким образом, введение косвенного показателя характеристик материалов позволило уменьшить ошибку прогноза почти в 2 раза. На рис. 4 для наглядности представлены графики экспериментальных и расчетных значений для классической и степенной моделей и графики ошибок классической и степенной моделей.

Следует отметить, что степенная модель имеет более простую структуру, чем модель Плотникова и имеет на один параметр меньше, что является существенным при идентификации модели непосредственно в процессе обработки.

Выводы по работе.

1. Построены классическая, степенная и модель Плотникова на одной экспериментальной выборке, что позволило сравнить их адекватности.
2. Ввод в модель косвенного показателя термомеханических характеристик материала заготовки и инструмента позволил повысить точность модели.

3. Адекватность построенной степенной модели находится на уровне модели Плотникова А.Л., но степенная модель имеет меньшее количество коэффициентов.

4. Следует отметить, что модели построены для конструкционных сталей. Для других групп сталей необходимо производить дополнительные экспериментальные исследования для уточнения коэффициентов.

#### Литература

1. Жданов А.А. Обеспечение точности расчета стрелы прогиба нежестких деталей типа «вал» при токарной обработке на станках с ЧПУ на основе получения оперативной информации о свойствах контактных пар: автореф. дис.... канд. техн. наук (05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки) / А.А. Жданов; рук. работы А.Л. Плотников. – Волгоград: ВГТУ, 2019. – 151 с.

2. Федоренко Н.Г. Обеспечение точности расчета параметров процесса токарной обработки коррозионностойких сталей: автореф. дис.... канд. техн. наук (05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки) / Н.Г. Федоренко; рук. работы А.Л. Плотников. – Волгоград: ВГТУ, 2016. – 162 с.

3. Шелихов Е.С. Повышение точности изготовления нежестких валов на станке с ЧПУ методом автоматической коррекции управляющей программы: автореф. дис.... канд. техн. наук (05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)) / Е.С. Шелихов; рук. работы А.М. Черноусова. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 182 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

5. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2. / под ред. А.Н. Малова. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1973. – 568 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2003. – 944 с.

7. Введение в методы идентификации промышленных объектов / В.П. Бирюков [и др.]. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. – 154 с.

8. Бирюков В.П. Введение в регрессионный анализ. Построение регрессионной модели: метод. указания. – Балаково: БИГТУ СГТУ. – 2008. – 28 с.

## **Высокотемпературное охлаждение высокофорсированных тепловозных дизелей и задачи исследования**

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

*Возрождение дизелестроения для железнодорожного транспорта предопределяет использование перспективных технических решений, в том числе и высокотемпературное охлаждение (далее ВТО) дизеля, которому много внимания уделялось в отечественном двигателестроении. Для этого необходимо оперативное решение ряда задач, некоторые из них обозначены в статье.*

Создание «нового шелкового пути» «Китай-Европа» является экономической действительностью сегодняшнего дня. Предполагается строительство транспортных железнодорожных и автомобильных магистралей. Железнодорожное сообщение немислимо без «витка» перспективного развития тепловозных дизелей, которое будет сопровождаться увеличением уровня форсирования по  $P_{me}$  за счет газотурбинного надува.

Увеличение мощности дизелей, а также особенности их работы на ж/д транспорте требуют использования в них высокотемпературного охлаждения (ВТО), так как законы теплообмена незыблемы и не позволяют увеличить размеры теплообменных устройств повышенной мощности в прежних размерах тепловозов.

Форсирование тепловозных дизелей при номинальной нагрузке сопровождается ростом их теплонапряженности, выражающейся в увеличении теплотоков в систему охлаждения. Это сопровождается увеличением абсолютного уровня температур деталей цилиндрико-поршневой группы (далее ЦПГ), что дополнительно снижает надежность дизеля.

Применение систем ВТО тепловозных дизелей позволяет:

1. Повысить мощность тепловозных дизелей без увеличения размеров радиаторных секций.
2. Обеспечить оптимальное тепловое состояние дизеля на всех режимах эксплуатации, включая минимальные нагрузки и холостой ход, что увеличивает надежность дизеля.

3. Повысить экономичность на частичных нагрузках (что очень важно для тепловозного дизеля, работающего длительное время на неполной мощности).

Помимо этого, применение систем ВТО тепловозных дизелей позволяет несколько снизить температурные напряжения в теплопередающих стенках деталей ЦПГ дизеля благодаря снижению тепловых потоков в систему охлаждения. В табл. 1 по данным [1-5] приведены экспериментальные сведения по снижению теплотерь в систему охлаждения некоторых дизелей при переводе их на ВТО, при одновременном повышении температуры деталей двигателя.

Экспериментальные работы по исследованию теплонапряженности и работоспособности, проведенные на малоразмерных или малофорсированных стационарных и тепловозных дизелях и газомотокопрессорах при переводе на ВТО, показали перспективность данного способа охлаждения. Эксперименты показали, что для каждого типа двигателя существует вполне определенная температура охлаждающей воды, при которой топливная экономичность двигателя, его моторесурс максимальны.

Таблица 1

Уменьшение теплоотдачи в воду (%) с ростом температуры охлаждающей воды

<b>Исследователь</b>	<b>Двигатель</b>	<b>Изменение температуры охлаждающей воды</b>	<b>Уменьшение теплоотвода в воду, %</b>
Б.Г. Волков	Д-35	с 75 до 115 °С	24
Н.М. Глаголев	Д-70	с 80 до 120 °С	5
В.Н. Нечмиров	Отсек. Диз.	с 55 до 138 °С	9
Р.М. Петриченко	6ЧН12/14	с 80 до 110 °С	6,2
Р.М. Петриченко	Ч15/15	с 80 до 110 °С	3,5
В.Н. Поляков	Д-50	с 80 до 120 °С	9,5

Причем, чем меньше уровень форсирования исходного двигателя и меньше температуры деталей его ЦПГ, тем больше влияет перевод дизеля на ВТО на улучшение его экономичности и эксплуатационной надежности.

Однако повышение температуры охлаждающей воды при переходе на ВТО сопровождается дополнительным увеличением уровня температуры деталей ЦПГ, что еще больше повышает теплонапряженность дизеля.

Таким образом, повышение температуры охлаждающей жидкости, с одной стороны, снижает теплонапряженность ДВС, с другой стороны, ее повышает. Это и не позволяет дать однозначный ответ – повышается ли от этого работоспособность и надежность двигателя или нет.

Для успешного внедрения систем ВТО на существующие тепловозные дизели и проектирования новых типов дизелей с ВТО необходимо решение крупной разноплановой проблемы по оценке работоспособности и ресурса высокофорсированного тепловозного дизеля с ВТО.

Среди значительного ряда вопросов этой сложной проблемы весьма существенным является оценка и обеспечение работоспособности большого количества узлов и деталей высокофорсированного тепловозного дизеля с ВТО.

В связи с этим необходимо решить следующие задачи.

1. На основе общих законов теории теплопередачи более глубоко изучить теплообмен в зарубашечном пространстве высокофорсированного дизеля с ВТО при поверхностном кипении в недогретую жидкость при ее вынужденном движении.

2. Проанализировать существующие критерии работоспособности дизеля и разработать на их основе комплекс критериев для оценки работоспособности узлов и деталей высокофорсированного тепловозного дизеля при ВТО.

3. Создать экспериментальную установку с высокофорсированным тепловым дизелем, оборудованным системой ВТО.

4. Разработать методику экспериментального исследования работоспособности деталей двигателя при ВТО.

5. Исследовать индикаторные и эффективные показатели работы высокофорсированного тепловозного дизеля при ВТО.

6. Определить изменение температурного уровня узлов и деталей высокофорсированного тепловозного дизеля при повышении температуры охлаждающей воды.

7. Разработать мероприятия по изменению конструкций узлов и деталей двигателя, обеспечивающих надежную работу в новых высокотемпературных условиях.

Решение этих задач, в принципе, не представляет большой сложности, так как у сотрудников кафедры «Атомная энергетика» БИТИ НИЯУ МИФИ есть практический опыт доводки дизеля 6ЧН21/21 для маневровых тепловозов, которые в наибольшей степени предрасположены к внедрению систем ВТО.

Насколько полезной может быть эта инициативная работа? Принятая в 2000 году программа развития отечественного дизелестроения на период до 2015 года не позволила, тем не менее, обеспечить применение конкретных практических результатов. Но в 2017 году распоряжением Правительства РФ от 17.08.2017(№1756-р) принята Стратегия развития транспортного машиностроения РФ на период до 2030 года, в рамках которой предусматривается строительство как скоростного, так и большегрузного железнодорожного транспорта. Эти два пункта определяют использование дизелей повышенной мощности по сравнению с имеющимися на сегодня. В 80-е годы прошлого столетия специалисты Центрального дизельного института доказали, что такое невозможно при работе дизелей с привычными системами охлаждения, и начали реализацию программы создания дизелей с системами охлаждения, работающими с температурой охлаждающей жидкости на выходе дизеля 105° С. Однако эти работы были свернуты по экономическим причинам. Тем не менее, в условиях реализации вышеупомянутой Стратегии развития, перспективность продолжения работ в этом направлении весьма высока.

#### Литература

1. Волков Б.Г. Исследование закрытой системы охлаждения под давлением и ее влияние на тепловое состояние д.в.с.: автореф. дис...канд. техн. наук. / Б.Г. Волков. – Л., 1950. – 7с.
2. Глаголев Н.М., Уменьшение теплоотвода с водой и маслом как один из главных показателей тепловозного дизеля / Н.М. Глаголев, А.Б. Ибрагимов, Н.И. Цветкова // Сборник научных трудов. – ХИИТ, 1962. – Вып. 62. – С. 5-18.
3. Нечмиров В.Н. Возможность и преимущества работы дизеля при высокотемпературном охлаждении / В.Н. Нечмиров. – Энергомашиностроение. – 1967. – №9. – С. 40-42.
4. Петриченко Р.М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания / Р.М. петриченко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1975. – 224 с.
5. Поляков В.Н. Высокотемпературное охлаждение тепловозного двигателя внутреннего сгорания / В.Н. Поляков // Сборник научных трудов. – ХИИЖТ. – 1960. – Вып.43. – С.80-91.

### Исследование космических лучей

Чернова Наталья Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Мамонтова Арина Евгеньевна, 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 статье рассмотрены состав космических лучей и их взаимодействие с атмосферой Земли, а также приведены результаты исследования поглощения мягкой и жесткой компоненты космических лучей в свинцовых пластинах различной толщины с получением кривой поглощения.*

Большая часть объектов во Вселенной излучает не только свет и радиоволны, но также различные виды излучения, такие как инфракрасное, электромагнитное и, как выяснилось, космическое.

Космические лучи (КЛ) представляют собой потоки заряженных релятивистских частиц, рожденных и ускоренных до высоких и предельно высоких (вплоть до  $E_{кин} \approx 10^{21}$  эВ) энергий за пределами Земли. В состав КЛ могут входить как легкие частицы, начиная с протонов и ядер гелия, так и ядра более тяжелых элементов вплоть до урана. При этом в потоке частиц КЛ с энергией  $E_{кин} \leq 10^9$  эВ доминирует доля частиц, рожденных Солнцем, а частицы с энергией  $E_{кин} > 10^9$  эВ имеют галактическое происхождение.

Было обнаружено, что КЛ меняют свою интенсивность в зависимости от высоты: до 20-ти метров плотность потока частиц значительно возрастает, на высоте около 25 м она достигает пика, после чего интенсивность снижается и далее, при увеличении начиная с 60-ти километров, количество частиц остается постоянным (рис. 1) [1].

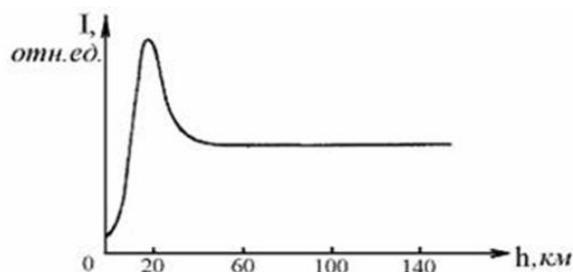


Рис. 1. Зависимость интенсивности КЛ от высоты

Космические лучи делятся на первичные и вторичные. Первичные КЛ, приходящие из космоса, взаимодействуя с ядрами атмосферы Земли, образуют вторичные КЛ с множеством элементарных частиц. Именно существование земной атмосферы обусловило возможность получения информации о КЛ, так как каждая первичная частица, попадающая в земную атмосферу, развивает каскад, состоящий из большого числа вторичных частиц: адронов, лептонов и фотонов. Данный каскадный процесс называется широким атмосферным ливнем. Основу ливня составляет адронный каскад в атмосфере (рис. 2), развивающийся от первичной частицы, в роли которой чаще всего выступают протоны [4].

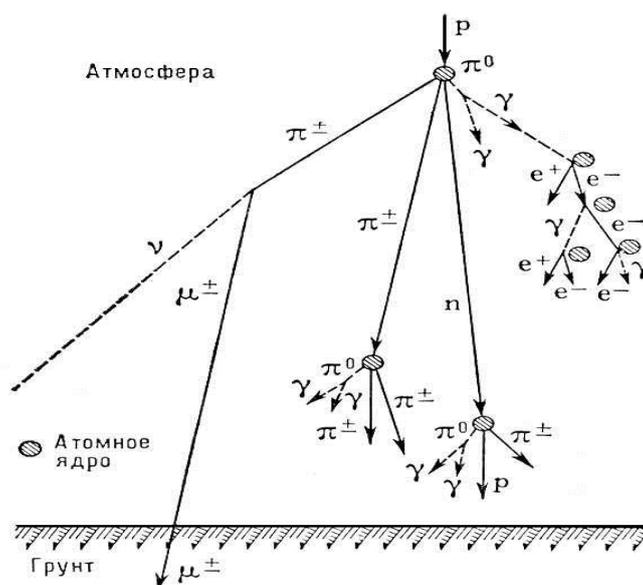
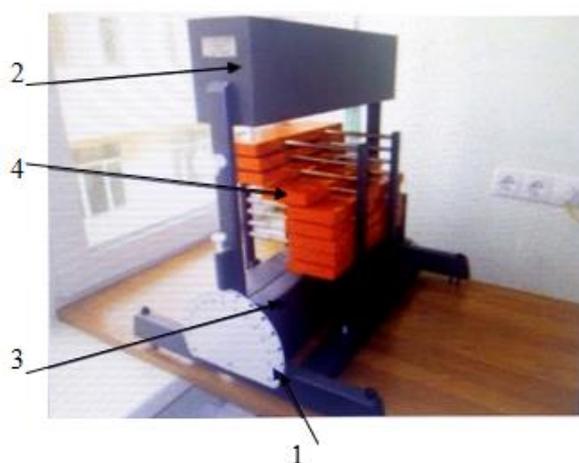


Рис. 2. Схема развития широкого атмосферного ливня в атмосфере

По мере развития ливня возникают электронная (позитронная), фотонная и мюонная компоненты. С развитием ливня в атмосфере число частиц сначала увеличивается, достигая максимума, а далее происходит затухание каскада в основном за счет потери энергии на ионизацию атмосферы. Высокоэнергичный протон может испытать до 15 столкновений с ядрами атмосферы, но, вероятность дойти до уровня моря у первичного протона крайне мала. Первое столкновение происходит обычно на высоте 20 км.

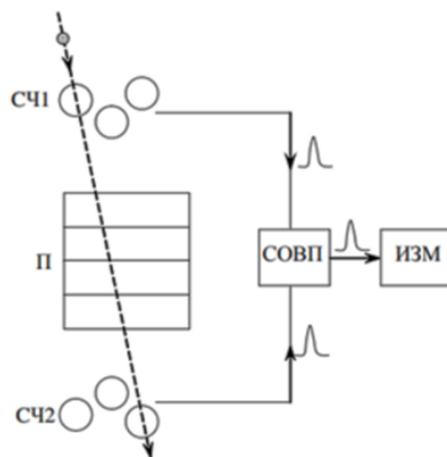
На уровне моря космические лучи подразделяют на мягкую и жесткую компоненты: мягкая компонента состоит из позитронов, электронов и гамма-квантов, а жесткая, в основном, из мюонов. Именно они и достигают Земли и могут проникать в грунт, в связи с тем, что их тормозит только ионизационное излучение, в отличие от электронов и позитронов, у которых два вида торможения: ионизационное и радиационное.

В работе исследовалось поглощение космических лучей в веществе, а именно – в свинце, в частности, разделение излучения на мягкую и жесткую компоненты с помощью установки под названием «Космический телескоп» (рис. 3). В установку включены два счетчика Гейгера-Мюллера (СЧ1 и СЧ2, рис. 4), при одновременном срабатывании которых схема совпадений (СОВП) выдаст импульс, если частица пройдет через обе группы счетчиков и поглотитель (П). Устройство (ИЗМ) считывает эти импульсы за некоторый промежуток времени, а результат измерения отображается на индикаторе.



*Рис. 3. «Космический телескоп»:*

*1 – поворотный механизм, с помощью которого телескоп может наклоняться на углы от 15° до 90°; 2, 3 – счетчики Гейгера-Мюллера, считывающие импульсы; 4 – свинцовые пластины*



*Рис. 4. Счетчики Гейгера-Мюллера*

В работе исследовалась скорость счета частиц в зависимости от толщины поглотителя  $d$  с дальнейшим построением графической зависимости количества импульсов от толщины поглотителя – кривой поглощения. В качестве поглотителя

использовались свинцовые пластины толщиной 20 мм. Было проведено девять опытов, в каждом из которых количество пластин увеличивалось на одну (табл. 1). Время каждого измерения составляло 900 секунд.

Таблица 1

Результаты измерений

Количество пластин	Толщина поглотителя $d$ , мм	Количество импульсов $n$
0	0	122
1	20	96
2	40	89
3	60	83
5	100	81
7	140	79
9	180	72

По полученным данным была построена кривая поглощения КЛ в свинце (рис. 5). На кривой явно выделяются два участка: линия АВ на графике соответствует поглощению мягкой компоненты (практически полностью поглощается свинцом); линия ВС – поглощению жесткой компоненты (слабо поглощается в веществе). По графику можно определить скорость счета жесткой компоненты в отсутствие свинцовых пластин  $n_{0ж}$ , продолжив прямую ВС до пересечения с осью ординат. Величине  $n_0$  (точка А) соответствует суммарная скорость счета мягкой и жесткой компонент.

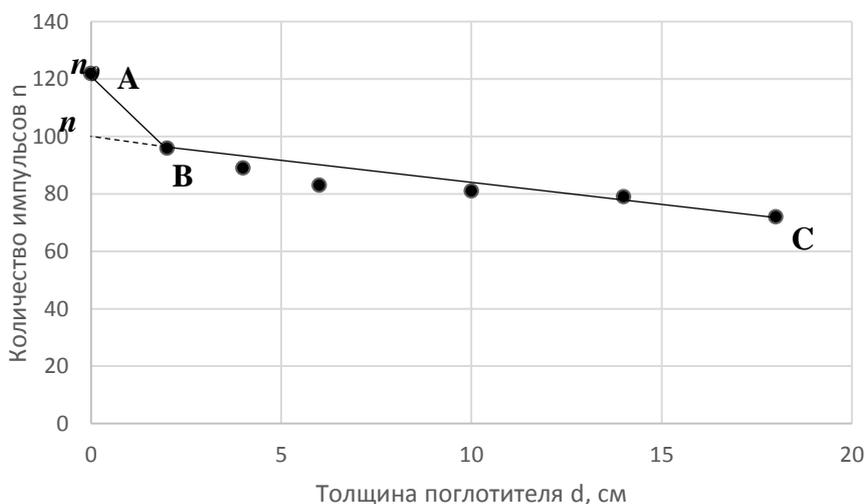


Рис. 5. Кривая поглощения частиц КЛ в свинце

Результаты исследования наглядно подтверждают разделение КЛ на уровне моря на мягкую и жесткую компоненты, а также позволяют определить их процентный состав и энергию частиц.

#### Литература

1. Астрофизика космических лучей / под ред. В.Л. Гинзбурга. – М.: Наука. – Т. 171: Успехи физических наук. – № 10. – 1990. – 528 с.
2. Гинзбург В.Л. Происхождение космических лучей / В.Л. Гинзбург, С.И. Сыроватский. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1963. – 385 с.
3. Лагутин А.А. Энергетические спектры космических лучей в галактической среде фрактального типа / А.А. Лагутин, А.Г. Тюменцев // Известия РАН. Серия физическая, 2007. – Т. 71. – № 4. – С.439-442.
4. Энциклопедия физики и техники. [Электронный ресурс] URL: <http://femto.com.ua> (дата обращения: 18.04.2019).

УДК 539.1

#### **Исследование закономерностей $\beta$ -распада на основе капельной модели ядра**

Чернова Наталья Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Акинфиева Алена Андреевна, 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 статье приведены результаты исследования закономерностей  $\beta$ -распада ядер на основе капельной модели ядра с получением формулы определения оптимального числа протонов при заданном числе нуклонов для выполнения условия стабильности ядер, позволяющей определить, какому из видов  $\beta$ -распада будет подвержено ядро с отличным от оптимального числом протонов. Полученные результаты подтверждены экспериментальными данными.*

В настоящее время свойства атомных ядер невозможно интерпретировать в рамках единого теоретического подхода. Эта трудность связана с тем фактом, что в ядре действуют сильные взаимодействия, для которых до сих пор не существует последовательной теории, способной количественно воспроизвести свойства систем,

связанных этими силами. Поэтому свойства ядер оказывается возможным объяснить только в рамках приближенных моделей ядра. Каждая модель описывает свой круг явлений и свою совокупность свойств ядра и имеет ограниченную область применения. Однако в пределах этой области каждая модель позволяет получить ряд интересных результатов. Существует несколько моделей ядерной структуры: капельная, оболочечная, коллективная, обобщенная и др.

Для изучения  $\beta$ -распада наиболее удобна капельная модель ядра, предложенная Я.И. Френкелем в 1936 г. Согласно этой модели, атомное ядро можно представить в виде равномерно-заряженной капли сферической формы. Данной модели соответствуют следующие свойства:

- ядро невозможно сжать;
- ядро обладает свойством насыщения ядерных сил;
- в ядре может происходить испарение нуклонов.

Исходя из этого, ядру, в рамках капельной модели, были присвоены и остальные свойства жидкости:

- поверхностное натяжение;
- деление ядер;
- синтез ядер.

Из предположения, что все нуклоны ядра равноценны и взаимодействуют только с близлежащими нуклонами, как молекулы в капле жидкости, следует, что энергия связи ядра должна быть пропорциональна полному числу нуклонов:

$$E_{св} = \alpha A,$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности,  $\alpha = 15,75$  МэВ,  $A$  – массовое число ядра.

Но существует ряд поправок, которые учитывает полуэмпирическая формула Вайцеккера:

$$E_{св} = \left[ \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \xi \frac{\left( \frac{A}{2} - Z \right)^2}{A} + \delta \frac{1}{A^{3/4}} \right] c^2, \quad (1)$$

где  $\beta, \gamma, \xi, \delta$  – коэффициенты пропорциональности.

Уменьшение энергии связи ядра (члены со знаком минус) связано со следующими причинами:

– поверхностным отталкиванием ядерной капли, величина поверхностной энергии пропорциональна площади поверхности ядра и пропорциональна  $A^{2/3}$ ;

– кулоновским отталкиванием между заряженными протонами;

– отклонением от равенства  $Z = \frac{A}{2}$ , т.е. ядра с одинаковым числом нейтронов и

протонов наиболее устойчивы. При отклонении от равенства  $Z = \frac{A}{2}$  энергия связи

уменьшается;

– зависимостью межнуклонных сил от взаимной ориентации спинов протонов и нейтронов.

На данный момент известно около 3000 ядер, в природе существуют нуклиды с  $Z=1-92$ . Нуклиды с  $Z=93-118$  были получены искусственно. Все ядра можно поделить на стабильные и долгоживущие ядра, радиоактивные ядра. Стабильных ядер всего 264. К долгоживущим относятся ядра с периодом полураспада большим, чем  $5 \cdot 10^8$  лет, таких ядер – 21. Остальные примерно 2700 ядер радиоактивные. Существуют следующие основные виды радиоактивности:  $\beta$ -распад,  $\alpha$ -распад, деление и др.

Явление  $\beta$ -распада заключается в том, что материнское ядро самопроизвольно испускает лептоны первого поколения: электрон (позитрон) и электронное нейтрино (электронное антинейтрино), превращаясь в ядро другого химического элемента с тем же массовым числом  $A$ , но с зарядовым числом  $Z+1$ , либо  $Z-1$ . При электронном захвате ( $e$ -захвате) ядро поглощает один из электронов атомной оболочки, испуская нейтрино. Все  $\beta$ -распады обусловлены слабым взаимодействием.

Существует 3 вида  $\beta$ -распада:

1.  $\beta^-$ -распад  $\rightarrow \beta^-: (A,Z) \rightarrow (A,Z+1)+e^-+\tilde{\nu}_e$  ;
2.  $\beta^+$ -распад  $\rightarrow \beta^+: (A,Z) \rightarrow (A,Z-1)+e^++\nu_e$  ;
3.  $e$ -захват  $\rightarrow e$ -захват:  $(A,Z)+e^- \rightarrow (A,Z-1)+\nu_e$  .

На нуклонном уровне это соответствует превращением нейтрона в протон и наоборот.

Для исследования явления  $\beta$ -распада получим формулу расчета оптимального числа протонов ( $Z_{opt}$ ) при фиксированном массовом числе атома ( $A$ ), которое будет соответствовать максимуму энергии связи ядра. Так как максимум энергии связи будет соответствовать ядру с минимальной массой при фиксированном  $A$ , получим соотношение для расчета массы атома без учета электронной оболочки:

$$M_{am}(A,Z)=Z m_p+(A-Z) m_n-\Delta m, \quad (2)$$

где  $m_p$  – масса протона;

$m_n$  – масса нейтрона;

$\Delta m$  – дефект масс, который связан с энергией связи соотношением:

$$\Delta m = \frac{E_{CB}}{c^2}, \quad (3)$$

Учитывая соотношение (1), получим:

$$M(A, Z) = Zm_p + (A - Z)m_n - \left[ \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \xi \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A} + \delta \frac{1}{A^{3/4}} \right], \quad (4)$$

Для расчетов удобнее использовать значения масс в а.е.м., а коэффициентов  $\alpha, \beta, \gamma, \xi, \delta$  в МэВ, тогда соотношение (4) примет вид:

$$M(A, Z) = Zm_p + (A - Z)m_n - \frac{1}{931,5} \left[ \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \xi \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A} + \delta \frac{1}{A^{3/4}} \right], \quad (5)$$

Для исследования массы атома на минимум, продифференцируем (5) по числу протонов  $Z$ :

$$\frac{\partial M_{am}(A, Z)}{\partial Z} = m_p - m_n - \frac{1}{931,5} \left[ -2\gamma \frac{Z}{A^{1/3}} - \xi \frac{(2Z - A)}{A} \right]. \quad (6)$$

Иследуем полученную функцию на экстремум:

$$m_p - m_n - \frac{1}{931,5} \left[ -2\gamma \frac{Z}{A^{1/3}} - \xi \frac{(2Z - A)}{A} \right] = 0,$$

откуда выразим оптимальное число протонов, при котором масса ядра будет минимальна:

$$Z_{onm} = \frac{931,5((m_n - m_p)A + A\xi)}{\left(2\gamma A^{2/3} + 2\xi\right)};$$

$$Z_{onm} = \frac{A}{0,015A^{2/3} + 2}. \quad (7)$$

Формула (7) позволяет определить, какому виду радиоактивности будет подвержен элемент. Если  $Z < Z_{onm}$  ядро нестабильно к  $\beta^-$ -распаду, если  $Z > Z_{onm}$ , ядро нестабильно к конкурирующим распадам.

Определим  $Z_{onm}$  для элемента с  $A=125$ :

$$Z_{onm} = \frac{125}{0,015 \cdot 125^{2/3} + 2} = 52,$$

следовательно, при  $A=125$  стабильным будет ядро теллура  ${}_{52}\text{Te}^{125}$ . Рассмотрим ближайшие элементы с  $Z+1$  и  $Z-1$  относительно  ${}_{52}\text{Te}^{125}$ : йод  ${}_{53}\text{I}^{125}$  подвержен  $\beta^+$ -распаду и е-захвату, сурьма  ${}_{51}\text{Sb}^{125}$  нестабильна к  $\beta^-$ -распаду.

Проиллюстрируем полученные результаты графиком зависимости распределения удельной энергии связи теллура, т. е. энергии связи на один нуклон, от числа нуклонов в ядре  $A$  (рис. 1), воспользовавшись экспериментальными данными Центра данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ) МГУ [4].

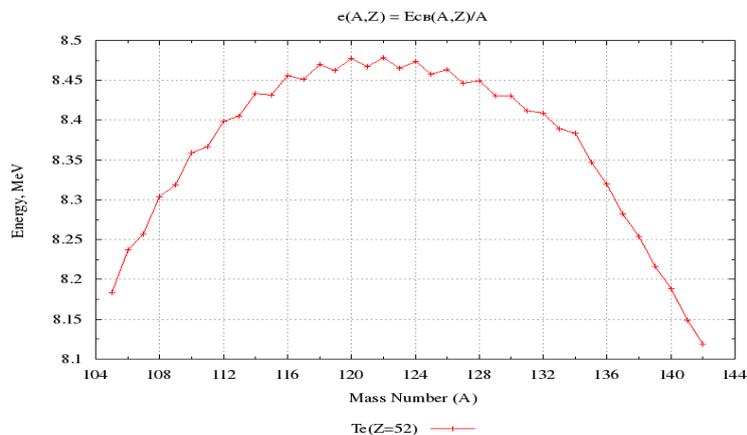


Рис. 1. Зависимость удельной энергии теллура от массового числа  $A$

Определим  $Z_{\text{опт}}$  для элемента с  $A=128$ :

$$Z_{\text{опт}} = \frac{128}{\frac{2}{0,015 \cdot 128^3 + 2}} = 54 ,$$

следовательно, при  $A=128$  стабильным будет ядро ксенона  ${}_{54}\text{Xe}^{128}$ . Рассмотрим ближайшие элементы с  $Z+1$  и  $Z-1$  относительно  ${}_{54}\text{Xe}^{126}$ : цезий  ${}_{55}\text{Cs}^{128}$  подвержен  $\beta^+$ -распаду и  $e$ -захвату, йод  ${}_{53}\text{I}^{128}$  нестабилен к  $\beta^-$ -распаду. Проиллюстрируем полученные результаты графиком зависимости распределения удельной энергии связи ксенона (рис. 2).

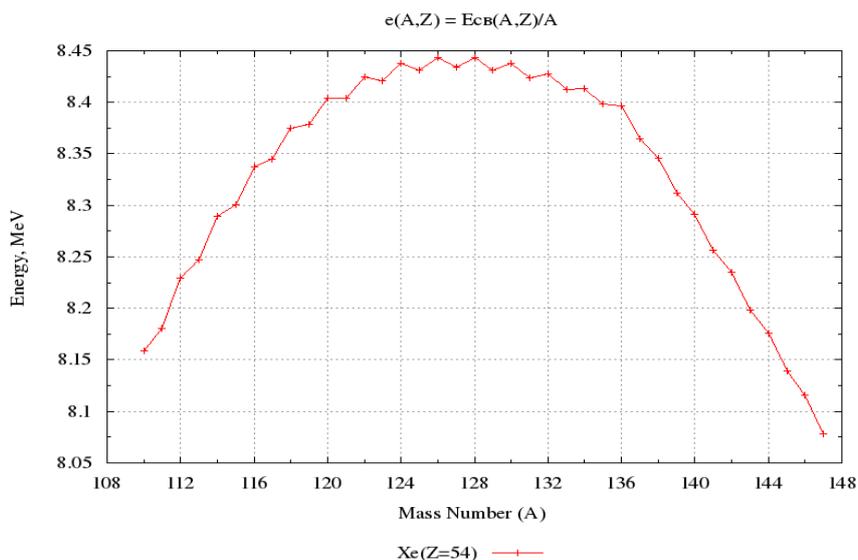


Рис. 2. Зависимость удельной энергии ксенона от массового числа

В качестве дополнительной иллюстрации соответствия полученного результата экспериментальным данным построим графики зависимости энергии ядер с нечетным  $A=125$  (рис. 3) и четным  $A=128$  (рис. 4) массовыми числами от числа протонов  $Z$ , учитывая, что минимальной массе ядра соответствует минимальная энергия. Для построения графиков воспользуемся онлайн-калькулятором ЦДФЭ [4].

Из рис. 3 следует, что при  $A=125$  наименьшей массой обладает ядро теллура  $_{52}\text{Te}^{125}$ , элементы, расположенные левее подвержены  $\beta^-$ -распаду, а правее – двум конкурирующим процессам:  $\beta^+$ -распаду и  $e$ -захвату. Из рис. 4 видно, что при  $A=128$  минимальную массу имеет ядро ксенона  $_{54}\text{Xe}^{128}$ . Однако при  $\beta$ -распаде с четными  $A$  нечетно-нечетное ядро превращается в четно-четное и наоборот. Поэтому для четного значения массового числа вместо одной параболы получается две параболы, благодаря последнему слагаемому в формуле Вайцеккера (1). Приведенные графические исследования свидетельствуют о соответствии полученных результатов экспериментальным данным.

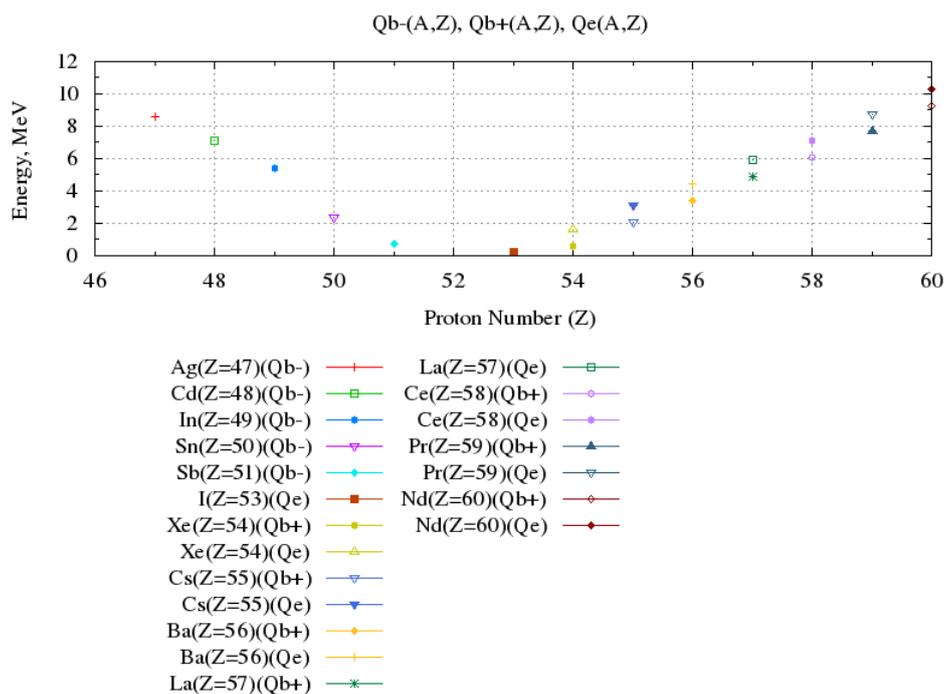
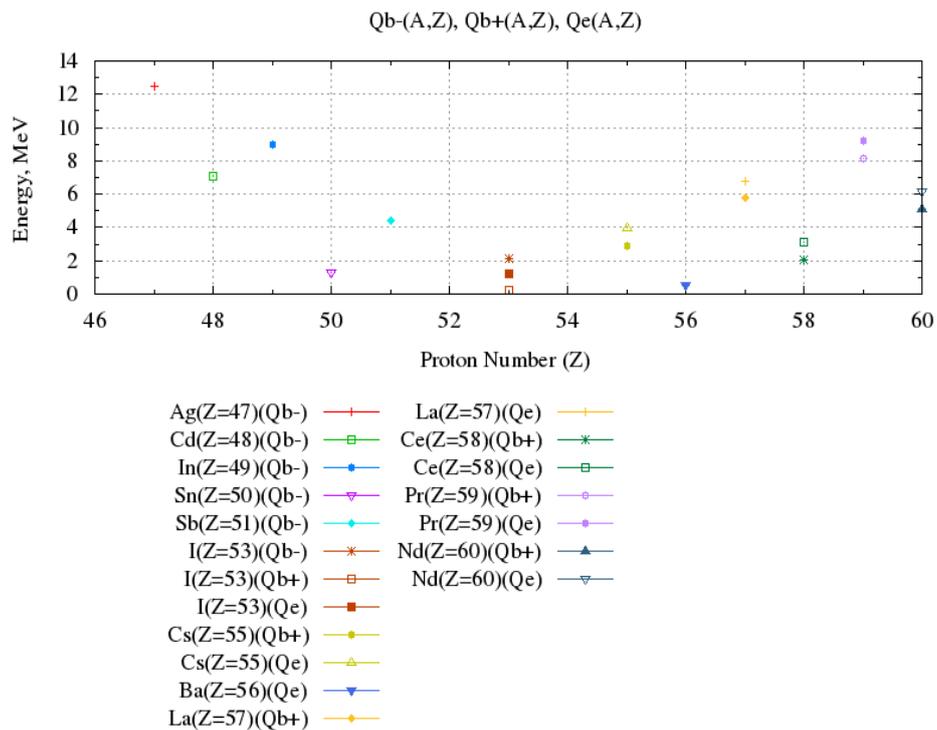


Рис. 3. Энергия ядер с  $A=125$



*Рис. 4. Энергия ядер с  $A=128$*

### Литература

1. Абрамов А. И. Основы экспериментальных методов ядерной физики / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич. – М.: Атомиздат, 1977. – 559 с.
2. Широков Ю. М. Ядерная физика / Ю.М. Широков, Н.П. Юдин. – М.: Наука, 1972. – 673 с.
3. Бета-распад. [Электронный ресурс] URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/radioactivity/ract03.htm> (дата обращения: 14.04.2019).
4. Центр данных фотоядерных экспериментов. [Электронный ресурс] URL: <http://cdfe.sinp.msu.ru/index.ru.html> (дата обращения: 14.04.2019).

### **Исследование радиационного фона с применением диффузионной камеры**

Чернова Наталья Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Белостропова Вероника Эдуардовна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

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 статье представлены результаты исследования радиационного фона лаборатории «Ядерная физика» БИТИ НИЯУ МИФИ с расчетом мощности эквивалентной дозы от  $\gamma$ - и  $\beta$ -составляющих, а также от радона, при различных состояниях помещения.*

Возникновение жизни на Земле и ее развитие происходило в условиях постоянного облучения, избежать которого невозможно. Радиационный фон подразделяется на две основные составляющие: естественный или природный фон, который формируется без участия человека, и техногенный фон, связанный непосредственно с деятельностью людей. Природный фон составляет самый большой процент содержания – 80 %, техногенный – 20 %. Из 80 % природного фона 83 % вносят источники, имеющие земное происхождение, и 17 % приходится на космическое излучение, посылаемое на Землю из просторов межзвездного пространства. Из 20 % техногенного фона 95 % составляет медицина (рентген, диагностики и т.д.) и всего 5 % приходится на долю осадков атомной энергетики, различной промышленности, ядерного оружия и т.д. Таким образом, основной вклад в радиационный фон вносит природное облучение, к которому деятельность человека не имеет никакого отношения.

Облучение носит различный характер и может быть как внутренним, так и внешним. Радионуклиды, которые попадают в организм человека с пищей, водой, воздухом, осуществляют внутреннее облучение. А космическое излучение, действие природного фона или искусственных излучателей составляют внешнее облучение.

Абсолютно все живые организмы подвержены радиационному облучению. Естественные радионуклиды присутствуют повсеместно. У человека, например, органы

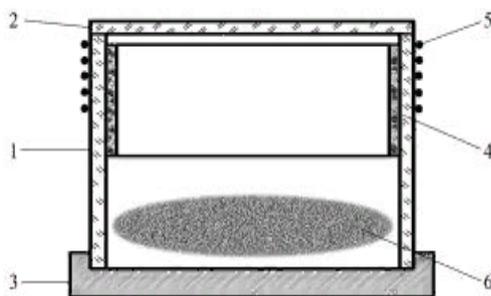
содержат многие радиоактивные элементы, такие как калий-40, уран, торий и углерод-14. С помощью этих элементов ученые могут определить возраст скелетов, используя радиоуглеродный анализ. Помимо этого, считается, что различные мутации, происходящие с живыми организмами, связаны с изменением радиационного фона.

Основной вклад в облучение людей вносят естественные источники радиации земного происхождения, и из них определяющими являются источники, дающие внутреннее облучение организма. К последним, прежде всего, относится радон – продукт распада радия-222, бесцветный тяжелый газ (в 7,5 раза тяжелее воздуха) без вкуса и запаха. Радон вместе со своими продуктами радиационного распада ответственен за 75 % годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой человеком от земных источников радиации, и примерно за 50 % дозы, получаемой от всех естественных источников радиации. Большую часть этой дозы человек получает от радионуклидов, попадающих в организм вместе с вдыхаемым воздухом, особенно в непроветриваемых помещениях. Радон и его продукты распада излучают в основном  $\alpha$ -частицы, поэтому для определения концентрации радона регистрируют  $\alpha$ -частицы.

По данным источников [2] и [6], в закрытых помещениях концентрация радона в среднем в 8 раз выше, чем в наружном воздухе. В некоторых помещениях концентрация значений радона выше, чем в наружном воздухе, в 5000 раз. Радон просачивается в помещения из почвы, попадает с водой (особенно в ваннных комнатах), а также выделяется из строительных материалов зданий. На концентрацию радона в помещении сильно влияют такие факторы, как герметизация полов, вентиляция помещения, высота этажа и т.д. Максимальная концентрация радона наблюдается в подвалах, полуподвалах, подпольях (в отдельных подвальных помещениях концентрация радона превышает санитарно-гигиеническую норму в 7 раз, в полуподвальных – в 2,5 раза) и первых этажах (в 1,5-2,5 раза). Выше третьего этажа, как правило, концентрация радона в помещениях уже незначительна.

Целью данной работы является исследование радиационного фона в лаборатории «Ядерная физика» БИТИ НИЯУ МИФИ, которая располагается во внутреннем, изолированном помещении аудитории 520. Данное помещение долгое время находилось в закрытом, непроветриваемом состоянии, поэтому основная часть исследования была направлена на определение разницы в концентрации  $\alpha$ -частиц в долго непроветриваемом помещении и в этом же помещении после проветривания.

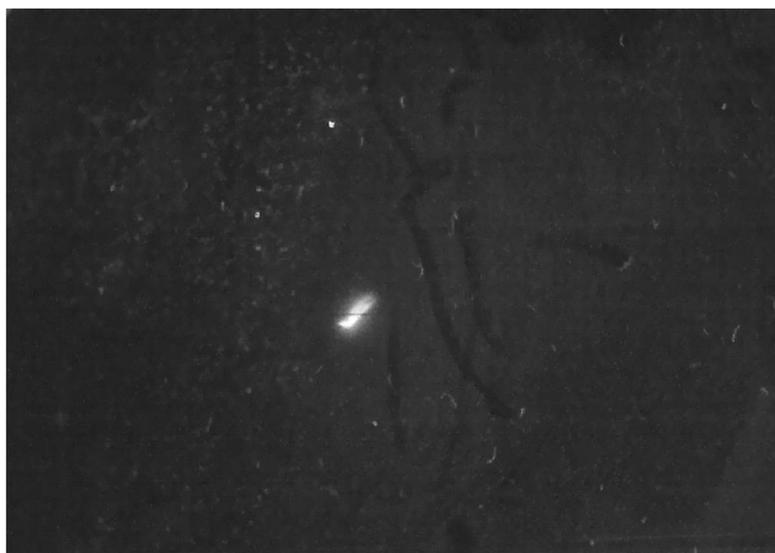
Для исследования радиационного фона лаборатории использовалась конденсационная высокотемпературная камера непрерывного действия с рабочим объемом  $V=200$  мл, которая называется диффузионной камерой.



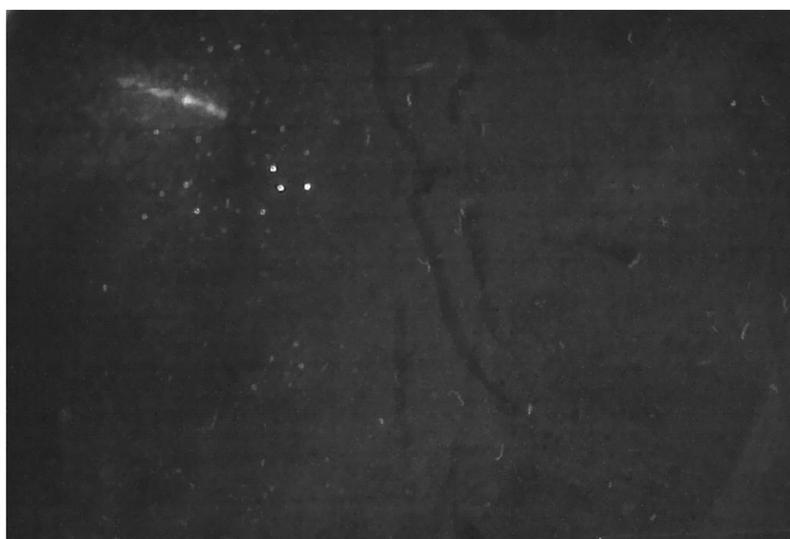
*Рис. 1. Диффузионная камера*

В данной камере область пересыщенного пара образуется за счет диффузии пара через газ, в котором создан большой температурный градиент. Принцип устройства диффузионной камеры представлен на рис. 1. У камеры имеются стеклянные стенки 1, крышка 2, а также металлическое дно 3. Под крышкой располагается испаритель, который представляет собой ткань, пропитанную жидкостью. С внешней стороны стенки на уровне испарителя установлен электрический нагреватель. Температура крышки на  $60-70$  °С больше температуры дна камеры. В камере создается вертикальный температурный градиент в парогазовой смеси. Насыщенные пары диффундируют в область низких температур и по мере отпускания становятся более пересыщенными. В результате образуется чувствительный слой 6, т. е. область с пересыщением, достаточным для конденсации пара на ионах. Когда заряженная частица проходит через образовавшийся чувствительный слой, она оставляет за собой ионы, на которых образуются капли размером  $30$  мкм, т. е. частица оставляет за собой видимый след, состоящий из капель. Эти капельки под действием силы тяжести падают на дно камеры за время  $\sim 0,5$  с. Таким образом, трек существует в камере  $0,5$  с. За это время нужно успеть его зарегистрировать, т. е. осветить и сфотографировать.

В ходе эксперимента было проведено в лаборатории два опыта с разными условиями длительностью  $20$  минут каждый. Первый опыт был проведен в непроветренной лаборатории при температуре воздуха  $t = 20$  °С. С видео, снятого во время эксперимента, было определено количество и длина треков заряженных частиц (табл. 1). В результате опыта за  $20$  мин было зарегистрировано  $11$   $\beta$ -частиц и  $3$   $\alpha$ -частицы (выделены в табл. 1 жирным шрифтом). Примеры треков, полученных в ходе опыта, представлены на рис. 2 и рис. 3.



*Рис. 2. Трек альфа-частицы*



*Рис. 3. Трек бета-частицы*

Таблица 1

Длина треков частиц, зарегистрированных в эксперименте 1

№ частиц	1	2	3	4	5	6	7
Длина трека, см	6,375	4,4397	<b>3,9844</b>	5,692	5,1228	<b>1,5938</b>	6,6763
№ частицы	8	9	10	11	12	13	14
Длина трека, см	5,4487	6,4	8,4241	5,3103	<b>1,1</b>	4,55	5,25

Все зарегистрированные  $\beta$ -частицы были сгруппированы по длине трека на группы с длиной более 5 см, от 1 до 5 см и менее 1 см со средними энергиями 90, 60 и 20 кэВ соответственно. С учетом данной классификации суммарная энергия  $\beta$ -частиц:

$$E = 5 \cdot 90 + 2 \cdot 60 = 930 \text{кэВ} = 1488 \cdot 10^{-16} \text{ Дж.}$$

По суммарной энергии была рассчитана мощность дозы  $\gamma$ - и  $\beta$ -составляющих в год:

$$\frac{\text{ПД}}{t} = \frac{E}{\rho V t'} \quad (1)$$

где  $V$  – рабочий объем диффузионной камеры;

$t$  – время измерения;

$\rho=1,204 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха при температуре  $\tau=20^\circ \text{ C}$ .

$$\frac{\text{ПД}}{t} = \frac{1488 \cdot 10^{-16}(\text{Дж})}{1,204\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right) \cdot 2 \cdot 10^{-4}(\text{м}^3) \cdot 38 \cdot 10^{-6}(\text{лет})} = 16,2616 \frac{\text{мкЗв}}{\text{год}}$$

Для расчета мощности дозы от  $\alpha$ -частиц по данным табл. 1 была рассчитана концентрация  $\alpha$ -частиц в объеме камеры за 20 минут:

$$v = \frac{N}{Vt'} \quad (2)$$

где  $N$  – количество  $\alpha$ -частиц.

$$v = \frac{3}{1200(\text{с}) \cdot 0,0002\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)} = 12,5 \frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$$

С использованием формулы Гейгера

$$R = av^2, \quad (3)$$

где  $v$  – скорость  $\alpha$ -частицы,  $R$  – максимальная длина пробега  $\alpha$ -частицы,  $a$  – коэффициент пропорциональности,  $a = 9,7 \cdot 10^{-28} \text{ с/см}^3$ ,

была рассчитана скорость  $v$  и кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы.

$$v = \sqrt[3]{\frac{R}{a}}, \quad (4)$$

$$E_{\alpha 1} = \frac{mv^2}{2}, \quad (5)$$

где  $m$  – масса  $\alpha$  – частицы,  $m = 6,645 \times 10^{-27}(\text{кг})$ .

$$v = \sqrt[3]{\frac{3,9844(\text{см})}{9,7 \cdot 10^{-28}\left(\frac{\text{с}}{\text{см}^3}\right)}} = 1601512744,6 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}}\right) = 16015127,446(\text{м/с}),$$

$$E_{\alpha 1} = \frac{6,645 \cdot 10^{-27}(\text{кг}) \cdot (16015127,446(\text{м/с}))^2}{2} = 8,521691 \times 10^{-13}(\text{Дж})$$

$$\approx 5,326(\text{МэВ}).$$

Учет биологического эффекта производится умножением дозы на коэффициент качества  $K$ . Если для  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучения коэффициент  $K$  принимается равным единице, для  $\alpha$ -излучения  $K=20$ . Учитывая коэффициент качества, мощность эквивалентной дозы от радона:

$$K \frac{\text{ПД}}{t} = 20 \frac{8,521691 \cdot 10^{-13}(\text{Дж})}{1,204(\text{кг/м}^3) \cdot 2 \cdot 10^{-4}(\text{м}^3) \cdot 38 \cdot 10^{-6}(\text{лет})} \approx 1,8626 \left(\frac{\text{мЗв}}{\text{год}}\right)$$

Для проведения второго опыта по схеме, аналогичной первому, было выполнено проветривание помещения в течение 30 мин с открытием окон. При этом температура в помещении понизилась до 16° С. Полученные результаты приведены в табл. 2. За 20 мин было зафиксировано 11 β-частиц и 2 α-частицы (выделены жирным шрифтом).

Таблица 2

Длина треков частиц, зарегистрированных в эксперименте 2

№ частицы	1	2	3	4	5	6	7
Длина трека, см	2,1266	9,4937	7,8481	1,3797	1,2785	1,2785	6,5823
№ частицы	8	9	10	11	12	13	
Длина трека, см	4,0506	9,7468	10,1266	<b>2,4051</b>	<b>2,2709</b>	10,5063	

В результате расчетов были получены следующие значения. Суммарная энергия электронов:

$$E = 6 \cdot 90 + 5 \cdot 60 = 840 \text{кэВ} = 1344 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$$

Мощность дозы γ- и β-составляющих радиационного фона:

$$\frac{\text{ПД}}{t} = \frac{1344 \cdot 10^{-16} (\text{Дж})}{1,221 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right) \cdot 2 \cdot 10^{-4} (\text{м}^3) \cdot 38 \cdot 10^{-6} (\text{лет})} = 14,4834 \frac{\text{мкЗв}}{\text{год}}$$

Концентрация α-частиц в объеме V=200 мл за 20 минут:

$$v = \frac{2}{1200(\text{с}) \times 0,0002 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)} = 8,35 \frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$$

Скорость v и кинетическая энергия α-частицы:

$$v = \sqrt[3]{\frac{2,4051(\text{см})}{9,7 \cdot 10^{-28} \left(\frac{\text{с}}{\text{см}^3}\right)}} = 1353486104,1 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}}\right) = 13534861,041(\text{м/с})$$

$$E_{\alpha 1} = \frac{6,645 \cdot 10^{-27} (\text{кг}) \cdot (13534861,041(\text{м/с}))^2}{2} = 6,0865696 \times 10^{-13} (\text{Дж})$$

$$\approx 3,8(\text{МэВ}).$$

Мощность эквивалентной дозы от радона:

$$K \frac{\text{ПД}}{t} = 20 \frac{6,0865696 \cdot 10^{-13} (\text{Дж})}{1,221 (\text{кг/м}^3) \cdot 2 \cdot 10^{-4} (\text{м}^3) \cdot 38 \cdot 10^{-6} (\text{лет})} \approx 1,3118 \left(\frac{\text{мЗв}}{\text{год}}\right).$$

Таким образом, из проделанных опытов можно сделать следующие выводы:

– мощность дозы γ- и β-составляющих радиационного фона в непроветриваемых помещениях больше, чем в проветриваемых в 1,12 раза;

– концентрация радона и мощность эквивалентной дозы от радона также выше в непроветриваемых помещениях в 1,5 и 1,42 раз, чем в регулярно проветриваемых.

Следовательно, снижение концентрации радона во внутренней атмосфере помещений может быть обеспечено даже за счет регулярной вентиляции помещения.

#### Литература

1. Вильсон Дж. Камера Вильсона. / Дж. Вильсон. – М.: Изд-во Иностранная литература. – 1954. – 152 с.
2. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году. – СПб: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, 2011. – С. 17.
3. Зеленков А.Г. Некоторые вопросы радиационной экологии / А.Г. Зеленков. – М.: МИФИ, 1990. – 80 с.
4. Кузин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли / А.М. Кузин. – М.: Наука. – 1991. – 115 с.
5. UNEP. Радиация. Дозы, эффекты, риск. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – С. 17-30.
6. Тихонов М.Н. Радон: источники, дозы и нерешенные вопросы / М.Н. Тихонов // Атомная стратегия XXI. – 2006. – №23 (июль).

**СЕКЦИЯ 2**  
**«ИТ–ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

УДК 371.6

**Web-проекты в практике цифрового образования**

Абушаев Ильяс Ряисович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

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

*В данной статье определена значимость проектной деятельности по разработке реальных программных образовательных ресурсов для будущих ИТ-специалистов в период становления цифровой экономики. ИТ-проект по разработке образовательного веб-квеста позволит совершенствовать компетенции будущих программистов и будет ценнейшим опытом командной работы.*

Использование компьютера, интернета, мобильных телефонов является неотъемлемым компонентом деятельности современного человека. Динамичное развитие компьютерных технологий – сервисы по предоставлению онлайн-услуг, электронные платежи, интернет-торговля, краудфаундинг и многое другое – предопределили развитие цифровой экономики [1-3].

Цифровая экономика не ограничивается просто бизнесом электронной торговли и сервисов, она затрагивает практически все аспекты жизни человека: здравоохранение, образование, интернет-банкинг и так далее. Получается, что виртуальная часть человеческой жизни совмещена с реальной. Цифровой экономикой можно охватить все, что поддается формализации, то есть превращению в логические схемы. Поэтому специалист в реалиях цифровой экономики должен владеть самым современным программным обеспечением для удовлетворения потребностей рынка.

Главные составляющие цифровой экономики выделяют электронную коммерцию, интернет-банкинг, электронные платежи, интернет-рекламу и т.д., соответственно, для реализации этих услуг, для их дальнейшего совершенствования и развития требуются специалисты высокой квалификации в области информационных

технологий. То есть развитие цифровой экономики возможно через масштабную подготовку студентов высших учебных заведений в области информационных систем и технологий, защиты информации, вычислительной техники [4-5].

Для студентов, обучающихся в области информационных технологий, создание и реализация проектов является приоритетным видом деятельности, так как является основным способом и методом формирования компетенций [6-9]. Проектная деятельность сочетает в себе два вида деятельности: научную и проектную. Эти виды деятельности различны по конечному результату. Основной целью любой проектной является реализация концепции – идеи проекта. Концепция определяет стратегию действий и представляет комплекс взглядов, явлений, связанных между собой и вытекающих один из другого.

Исследовательская деятельность – интеллектуальная деятельность, направленная на получение новых знаний, уяснения сущности явления, истины, открытие новых закономерностей, понятий, законов, теорий для решения различных проблем. В результате исследовательской деятельности получается совокупность новых идей, новое научное знание, которое создает основу для научных разработок. Чем выше научность сделанных выводов и обобщений, тем достовернее и эффективнее полученные результаты. Результатом проектной деятельности являются любые продукты, процессы, услуги, стандарты, программное обеспечение, а также компетенции.

Работа над проектом предполагает: изучение актуальности и социальной значимости проекта, формулировку целей и осознание конечного результата, понимание предмета и методов исследования, разработку структуры проекта, способов обработки результатов. Работа, связанная с проектом, совпадает с научным исследованием, включающим в себя обоснование темы, определение проблемы и задач исследования, выдвижение гипотезы, анализ источников информации, поиск способов решения проблемы, оформление и обсуждение полученных результатов.

В результате проведенной работы студент должен овладеть следующими умениями: уметь формулировать научную проблему в исследуемой сфере; адекватно подбирать средства и методы для решения поставленных задач при написании проекта; пользоваться различными методиками для сбора необходимой информации; владеть способами обработки полученных данных и их интерпретацией, – все эти навыки позволят ему (студенту) участвовать в разработке реальных программных средств [6-7].

Таким реальным проектом является создание программно-педагогического средства для обучающихся детской компьютерной школы (ДКШ) вузовского центра

дополнительного образования компьютерных технологий – разработка и реализация в учебном процессе образовательного веб-квеста.

Сам по себе веб-квест – это формат урока, ориентированного на запросы, в котором большая часть или вся информация, с которой работают ученики, поступает из интернета [10-13]. Они могут быть созданы с использованием различных программ, в том числе простой текстовый документ, который содержит ссылки на веб-сайты.

Создание веб-квеста является, по сути, созданием информационной системы, которая в игровой форме обучает пользователя в той или иной сфере человеческой деятельности. При создании квеста решается множество задач, которые состоят из подзадач, таких как:

- разработка сюжета из данной предметной области;
- реализация программной части квеста.

Разработка сюжета является наиболее творческой частью, ведь она определяет общую концепцию и стилистику разрабатываемого продукта. Сюжет определяет ряд последовательных событий, которые произойдут с главным героем произведения. Как было сказано выше, сюжет определяет и художественную часть. Именно от общей идеи будет зависеть конечный вид продукта. Немалую роль играет художественное наполнение веб-квеста. Наличие персонажей, приятных глазу декораций и эффектов – все эти критерии дополняют основной сюжет, сделают его наиболее запоминающимся.

При реализации программной части веб-квеста стоит определиться с технологиями, благодаря которым будет создан сам проект. Для разработки веб-квеста нами был выбран язык гипертекстовой разметки HTML для создания элементов, с которыми будет взаимодействовать пользователь, каскадные таблицы стилей CSS для создания уникального дизайна и стилистики веб-квеста и язык программирования JavaScript с библиотекой jQuery для создания интерактивности.

Таким образом, выполнение реальных проектов по разработке образовательных веб-квестов является прекрасной возможностью совершенствования профессиональных компетенций будущих программистов и является ценнейшим опытом командной работы.

## Литература

1. INVEST FUTURE. InvestFuture: digital-media для инвесторов // Цифровая экономика в России. Что это? [Электронный ресурс] URL: <https://investfuture.ru/edu/articles/tsifrovaya-ekonomika-v-rossii> (дата обращения: 08.04.2019).

2. Раюшкин Э.С. Цифровая экономика: технологии будущего в современном мире / Э.С. Раюшкин [и др.] // Молодой ученый. 2018. №51. [Электронный ресурс] URL URL: <https://moluch.ru/archive/237/55057> (дата обращения: 05.04.2019).

3. Сагынбекова А.С. Цифровая экономика: понятие, перспективы, тенденции развития в России / А.С. Сагынбекова // Международный научно-технический журнал «Теория. Практика. Инновации». – 2018. – № 4 (28).

4. Кудлаев М.С. Процесс цифровизации образования в России / М.С. Кудлаев // Молодой ученый. – 2018. – №31. – С. 3-7. [Электронный ресурс] URL <https://moluch.ru/archive/217/52242/> (дата обращения: 15.04.2019).

5. Сидоров Г. Цифровой университет: применение цифровых технологий в современных образовательных учреждениях / Г. Сидоров // ООО «Изд-во СК ПРЕСС». 2017. [Электронный ресурс] URL: <https://www.itweek.ru/idea/article/detail.php?ID=192831> (дата обращения: 08.04.2019).

6. Виштак О.В. Межпредметная интеграция при изучении специальных дисциплин подготовки бакалавров в области IT-технологий / О.В. Виштак, А.Н. Токарев // Концепт: науч.-метод. журн. – 2014. – Т. 20. – С. 4831-4835. [Электронный ресурс] URL: <http://e-koncept.ru/2014/55231.htm> (дата обращения: 12.04.2019).

7. Виштак О.В. Подготовка к профессии программиста как синтез искусства и науки / О.В. Виштак, М.А. Кулагин, И.В. Михеев // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт международных образовательных программ. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2016. – С. 16-18.

8. Современные образовательные Web-технологии в системе школьной и профессиональной подготовки: сборник статей участников Международной научно-практической конференции / Науч. ред. С.В. Менькова, С.В. Миронова, отв. ред. С.В. Напалков; Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. – С. 151-155.

9. Виштак Н.М. Использование метода проектов в организации научно-исследовательской работы студентов технических вузов / Н.М. Виштак, И.А. Штырова., С.Н. Грицюк // Современные проблемы науки и образования: электр. научн. журн. – 2016. – № 3. [Электронный ресурс] URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24643> (дата обращения: 22.05.2019).

10. Напалков С.В. Об игровых и исследовательских заданиях тематического образовательного web-квеста развивающего назначения / С.В. Напалков // Развивающий потенциал образовательных Web-технологий. Сборник статей

участников Международной научно-практической конференции: Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. – С. 104-111.

11. Миронова С.В. О развивающих возможностях образовательных web-квестов / С.В. Миронова, С.В. Напалков, Л.Ю. Нестерова // Развивающий потенциал образовательных Web-технологий. Сборник статей участников Международной научно-практической конференции: Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2018. – С. 96-99.

12. Виштак Н.М. Принципы проектирования образовательных web-квестов / Н.М. Виштак, Е.А. Яковлева // Развивающий потенциал образовательных Web-технологий. Сборник статей участников Международной научно-практической конференции: Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2018. – С. 76-81.

13. Виштак Н.М., Ходакова Н.П. Использование Web-технологий в развитии коммуникативных действий обучающихся детской компьютерной школы / Н.М. Виштак, Н.П. Ходакова // Современные образовательные Web-технологии в системе школьной и профессиональной подготовки. Сборник статей участников Международной научно-практической конференции: Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. – С. 29-32.

УДК 371.6

**Функциональные компоненты автоматизированной системы  
контроля знаний обучающихся**

Архипов Алексей Юрьевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, декан факультета  
повышения квалификации и профессиональной переподготовки, профессор кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

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

*В данной статье рассмотрены преимущества автоматизированных систем для контроля знаний обучающихся, проанализированы популярные среды разработки,*

*также выделены их достоинства и недостатки, описаны функциональные компоненты автоматизированной системы контроля знаний обучающихся.*

В современном мире важнейшую роль в проверке знаний учащихся занимает использование автоматизированных систем тестирования. Суть их заключается том, что они позволяют точно определить, в каких областях допущены ошибки, а также выявить успеваемость тестируемого.

Тестирование является одной из самых удобных и наиболее используемых форм контроля знаний. Систематическая проверка знаний большого числа обучающихся в центрах дополнительного образования приводит к необходимости автоматизации проведения тестирования знаний, использованию компьютерной техники и соответствующих автоматизированных систем проверки знаний [6-9].

Основным назначением введения системы тестирования является максимальное снижение трудозатрат преподавателя. Как основные критерии использования таких систем выделим следующие:

- отсутствие необходимости личного присутствия контролирующего лица при приеме экзамена;
- отсутствие субъективности при оценивании знаний обучающегося;
- возможность дистанционного прохождения тестирования учащихся;
- возможность оперативного получения результата тестирования посредством обработки данных сервером.

Практика проведения тестового контроля и оценки знаний в центрах дополнительного образования определяет следующие взаимосвязанные тенденции [10]:

- явный приоритет письменной формы контроля знаний перед устной;
- суммирование результатов текущего контроля и экзаменационного в итоговой оценке;
- использование индивидуального рейтинга как основного показателя успехов в обучении;
- использование компьютерного тестирования как вспомогательного средства, освобождающего экзаменатора от рутинной части его работы;
- использование многобалльных шкал оценивания наряду с сохранением 5-балльной шкалы в качестве основы.

Выбор типа и вида тестового задания определяется, прежде всего, целями, в соответствии с которыми проводится тестирование, характером материала, усвоение которого необходимо выявить [11].

Функционал системы тестирования знаний представляет собой набор

взаимосвязанных модулей, необходимых для успешной работы. Каждый модуль отвечает за определенное действие. Рассмотрим базовые модули тестовой системы знаний, из которых выделим следующие:

- главное меню;
- регистрация;
- авторизация;
- создание, редактирование и удаление теста;
- создание, редактирование и удаление вопроса;
- назначение теста;
- прохождение теста;
- просмотр результатов.

Модуль «Главное меню» представляет собой страницу, в которой представлены основные действия, необходимые для дальнейшего прохождения тестирования.

Регистрация представляет собой форму, в которую тестируемый обязан внести определенные данные (ФИО, группу и так далее), в последствие создав свой личный кабинет для просмотра результатов. При авторизации происходит идентификация пользователя, а также получение определенных прав (доступ к личному кабинету, доступ к тестированию).

Преподаватель имеет возможность выбирать дисциплину, по которой будет проходить проверка знаний. При проведении тестирования обучающиеся выбирают тест, который они будут выполнять, а также указываются настройки для его прохождения:

- лимит времени;
- даты прохождения;
- количество попыток;
- количество вопросов;
- соотношение процентов правильных ответов и оценки за тест.

Модуль прохождения теста является основным модулем системы. Обучающему предоставляется определенное количество вопросов, на которые он должен ответить, а также лимит времени, за который необходимо пройти тест [3].

Немаловажным является выбор среды разработки автоматизированной системы контроля знаний [13]. Существует несколько видов программных средств, среди которых можно выделить следующие:

- Microsoft Visual Studio;

- NetBeans;
- Eclipse;
- PyCharm;
- Aptana Studio.

Microsoft Visual Studio является самой популярной средой разработки ПО [5]. Множество версий этой IDE способны создавать все типы программ, начиная от веб-приложений и заканчивая мобильными приложениями, видеоиграми. Эта линейка программного обеспечения включает в себя множество инструментов для тестирования совместимости. Благодаря своей гибкости, Visual Studio является отличным инструментом для повседневной работы [4].

К основным достоинствам можно отнести огромную библиотеку расширений, которая постоянно увеличивается, настраиваемую панель и закрепляемые окна, инструменты автоматизации и так далее. Среди недостатков можно выделить достаточно высокую цену за лицензию. Учитывая, что Visual Studio является супертяжелой IDE, для открытия и запуска приложений требуются значительные ресурсы.

Netbeans является бесплатной средой разработки с открытым исходным кодом. Подходит для редактирования существующих проектов или создания новых. NetBeans предлагает простой drag-and-drop интерфейс, который поставляется с большим количеством удобных шаблонов проектов. Среда в основном используется для разработки Java приложений, но можно устанавливать пакеты, поддерживающие другие языки (C, C++, PHP и так далее).

Достоинства данного программного продукта: динамические и статические библиотеки, интуитивный интерфейс. К недостаткам можно отнести достаточную ресурсоемкость, отсутствие поддержки SVN.

Eclipse – бесплатный и гибкий редактор с открытым исходным кодом. Первоначально создаваемый как среда для Java-разработки, сегодня Eclipse имеет широкий диапазон возможностей благодаря большому количеству плагинов и расширений. Помимо средств отладки и поддержки Git/CVS, стандартная версия Eclipse поставляется с инструментами Java и Plugin Development Tooling. Основные поддерживаемые языки: C, C++, Java, Perl, PHP, Python, Ruby.

К достоинствам можно отнести множество пакетных решений, обеспечивающих многоязычную поддержку, интеграция с JUnit. Недостатки: сложный интерфейс, ограниченное количество возможностей.

PyCharm является средой разработки программного обеспечения, направленного на python-программирование. Разработана компанией Jet Brains. К основным возможностям можно отнести: совместимость с операционными системами Windows, Linux и Mac OS, интеграцию с различными сервисами и так далее.

Достоинства данной среды разработки: настраиваемый интерфейс, умная навигация, быстрый и безопасный рефакторинг. Среди недостатков можно выделить следующее: нет встроенной функции автоматического заполнения, усеченный набор возможностей бесплатной версии.

Aptana Studio является самой мощной IDE с открытым исходным кодом. К основным преимуществам можно отнести то, что данная разработка обладает поддержкой большинства спецификаций браузеров. Поддерживаемые языки: HTML5, CSS3, JavaScript, Ruby, Rails, PHP и Python.

Среди достоинств можно выделить: простой доступ к терминалу командной строки с сотнями команд, строковые пользовательские команды для расширения возможностей и так далее. Недостатки: проблемы со стабильной работой продукта, недостаточно удобный интерфейс [2, 5].

Но, как правило, при разработке автоматизированных систем тестирования для контроля обучающихся в центрах дополнительного образования используют принцип «островной информатизации» [1, 12], чтобы учесть все требования, поставленные преподавателями. При этом автоматизированная система тестирования, разрабатываемая на основе принципа «островной информатизации», предполагает:

- выделение в учебном процессе дисциплин, которые в первую очередь подлежат автоматизации контроля знаний обучающихся;
- создание и поддержку условий, обеспечивающих реализацию процесса разработки, развития и использования информационных технологий с конкретной дисциплины на дисциплины всего курса обучения в целом.

В автоматизированных системах контроля знаний обучающихся в центрах дополнительного образования следует предусмотреть следующие функциональные возможности и функциональные компоненты:

- возможность выбора дисциплины;
- лимит времени;
- возможность выбора нескольких вариантов ответа, а также открытые вопросы;
- базу данных с вопросами;

– личный кабинет с просмотром результатов теста, а также статистика выполнения.

Рассмотрев все перечисленные среды разработки, проанализировав все имеющиеся системы, возникает необходимость в создании собственной системы контроля знаний обучающихся. Преимущество использования данной системы заключается в том, что она позволяет сократить трудозатраты преподавателя. Используя данную систему имеет возможность выбрать подходящую дисциплину, а также в любое время пройти проверку знаний по данной дисциплине. Выставление оценок осуществляется исходя из количества правильно выполненных заданий тестирования.

#### Литература

1. Концепция информатизации – КФУ. [Электронный ресурс] URL: <http://old.kpfu.ru/uit/index.php?id=4&idm=0&num=3> (дата обращения: 04.04.2019).

2. Интернет-технологии. 10 лучших IDE. [Электронный ресурс] URL: <https://www.internet-technologies.ru/articles/10-luchshih-ide.html> (дата обращения: 08.04.2019).

3. Караваева О.В. Разработка системы автоматизированного тестирования / О.В. Караваева, К.В. Борисова // Вестник науки и образования. – 2018. – № 13(49). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-avtomatizirovannogo-testirovaniya> (дата обращения: 14.04.2019).

4. Интегрированная среда разработки // Википедия. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 28.04.2019).

5. Программное обеспечение // Википедия. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 04.05.2019).

6. Виштак Н.М. Подходы к организации тестового контроля знаний в компьютерных обучающих системах / Н.М. Виштак, Е.И. Мануйлова // Проблемы развития регионов в условиях модернизации экономики, общества и образования // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 48-50.

7. Виштак Н.М. Информационная система знаний обучающихся центра дополнительного образования на основе Web-технологий / Н.М. Виштак // Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития. Сборник статей участников Международной научно-практической конференции / С.В. Миронова, С.В. Напалков // Национальный

исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал. – 2016. – С. 40-43.

8. Виштак Н.М. Тестирующий модуль компьютерной обучающей системы для проверки знаний персонала предприятия / Н.М. Виштак, Ю.А. Ротанов // Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества: Сборник статей. – 2016. – С.72-75.

9. Штырова И.А. Статистический анализ процесса обучения в автоматизированных обучающих системах / И.А. Штырова, Я.А. Глебова // Проблемы развития регионов в условиях модернизации экономики, общества и образования // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2018. – С. 91-93.

10. Винниченко И.В. Автоматизация процессов тестирования / И.В. Винниченко. – М.: Питер, 2016. – 204 с.

11. Котляров В.П. Основы тестирования программного обеспечения / В.П. Котляров. – М.: НОУ «Интуит», 2016. – 348 с.

12. Виштак О.В. Программные средства разработки автоматизированных обучающих систем / О.В. Виштак, Д.А. Фролов, С.В. Абросимов // Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества: // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2017. – С. 80-85.

### **Разработка программного модуля для электромиографа**

Герасимов Евгений Михайлович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, декан факультета  
повышения квалификации и профессиональной переподготовки, профессор  
кафедры «Информатика и управление в технических системах»

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

*В статье обосновывается необходимость разработки программного модуля для портативного интерактивного электромиографа, который будет незаменимым средством при диагностике пациентов в повседневной практике ортопедов – протезистов или травматологов. Приводится обоснование выбора программного средства для разработки.*

Обеспечение качества медицинских услуг является приоритетной задачей любого цивилизованного общества. Обусловлено это тем, что здоровье представляет собой наивысшую человеческую ценность [1].

Согласно Приказу Минздравсоцразвития России от 28 апреля 2011 г. № 364 «Об утверждении Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» и Государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения», утвержденной постановлением Правительства РФ №294 от 26 декабря 2017 г. № 1640 [2, 3], в настоящее время в России проводятся комплексные мероприятия по информатизации медицины, которые включают в себя:

- 1) развитие оснащения медицинских организаций компьютерной техникой и каналов связи (инфраструктурное обеспечение);
- 2) внедрение медицинских информационных систем (МИС) и электронного медицинского документооборота (ЭМК), переход на использование юридически значимой электронной подписи;
- 3) интеграция с личным кабинетом пациента «Мое здоровье» ЕПГУ, развитие сервиса записи к врачу через интернет;
- 4) интеграция с федеральными сервисами ЕГИСЗ, основные из которых – федеральная ИЭМК и «Концентратор услуг ФЭР»;
- 5) развитие телемедицинских сервисов.

При этом одним из наиболее динамично развивающихся способов исследования состояния пациента, попадающих под действие программы информатизации, является электромиография, цель которой – определить биоэлектрический потенциал мышц пациента для дальнейшего подбора роботизированных средств реабилитации и протезов [4].

Принцип процедуры электромиографии заключается в фиксации изменения электромагнитного поля вокруг мышцы, которое возникает в результате протекания биохимических процессов в организме при подаче электрического сигнала с центральной нервной системы для активации мышц. Специальные чувствительные датчики размещаются на коже пациента в области, где электрическая активность исследуемого участка наиболее высокая.

Согласно общей процедуре прохождения медико-социальной экспертизы, для успешного получения индивидуальной программы реабилитации и дальнейшей установки протеза или иного технического средства реабилитации, пациент должен получить в медицинском учреждении рекомендацию врача-ортопеда с приложением данных процедуры электромиографии. В виду того, что все существующие приборы имеют достаточно высокую стоимость обслуживания, пройти данную процедуру пациент может только в областных медицинских учреждениях. По этой причине сама процедура для жителей удаленных городов регионов становится труднодоступной и затратной.

В связи с этим разработана новая принципиальная схема прибора для проведения процедуры электромиографии. Данный прибор может действовать как автономное средство для проведения измерений, так и в качестве периферийного устройства с возможностью оцифровки данных с последующим сохранением значений с датчиков в виде графиков на компьютере.

С целью расширения возможностей прибора предлагается разработать программный модуль (далее – программа), который позволит автоматизировать сбор и хранение данных пациентов, создать единое информационное пространство для обмена данными между протезно-ортопедическими предприятиями, оказывавшими услуги по изготовлению и установке средств реабилитации [5].

Разрабатываемая программа относится к прикладному распределенному программному обеспечению, которое является комплексом решений для работы с базой данных, обработки и анализа входящих данных с электромиографических датчиков.

Функциональное назначение программы: регистрация в единой базе ПРОП пациентов, проходящих процедуру электромиографии по назначению комиссии МСЭ, регистрация и обработка показаний с ЭМГ-датчиков, запись данных.

Для разработки программного обеспечения выбрана среда NetBeans IDE, которая поддерживается и спонсируется компанией Oracle, однако разработка NetBeans ведется независимым сообществом разработчиков-энтузиастов (NetBeans Community) и компанией NetBeans Org.

По сравнению с другими средами IDE среда IDE NetBeans обеспечивает высококлассную комплексную поддержку новейших технологий Java и последних усовершенствований стандартов Java. Это первая бесплатная среда IDE, поддерживающая JDK 8, JDK 7, Java EE 7, включая соответствующие усовершенствования HTML5 и JavaFX 2.

Благодаря постоянно совершенствующемуся редактору Java, разнообразным возможностям и широкому спектру инструментов, шаблонов и образцов, IDE NetBeans устанавливает стандарт разработки с помощью новейших готовых технологий.

В редакторе NetBeans обрабатываются отступы линий, сопоставляются слова и скобки, а также выделяется исходный код как синтаксически, так и семантически. Он также предоставляет шаблоны кода, советы по написанию кода и инструменты реорганизации.

Редактор поддерживает множество языков – от Java, C / C++, XML и HTML до PHP, Groovy, Javadoc, JavaScript и JSP. Редактор является расширяемым, поэтому можно подключить поддержку для множества других языков.

Также с помощью редакторов и функций перетаскивания в среде IDE можно быстро и эффективно разрабатывать графические интерфейсы для приложений Java SE, HTML5, Java EE, PHP, C/C++ и Java ME.

NetBeans GUI Builder автоматически обрабатывает правильные интервалы между строками и выравнивание для приложений Java SE, поддерживая редактирование внутри строки. Конструктор графического интерфейса настолько интуитивен и прост в использовании, что его применяли в качестве живого прототипа для графических интерфейсов во время демонстраций для клиентов.

NetBeans предоставляет средства статического анализа, в частности интеграцию с широко используемым инструментом FindBugs, для выявления и исправления распространенных проблем в коде Java. Кроме того, отладчик NetBeans позволяет размещать точки останова в исходном коде, добавлять контрольные модули для полей,

выполнять код в пошаговом режиме с заходом в методы, создавать снимки и отслеживать выполнение.

NetBeans Profiler предоставляет экспертную помощь для оптимизации скорости приложения и использования памяти, а также упрощает построение надежных и масштабируемых приложений Java SE, JavaFX и Java EE. IDE NetBeans включает в себя визуальный отладчик для приложений Java SE, что позволяет выполнять отладку пользовательских интерфейсов, не обращаясь к исходному коду.

Таким образом, для создания программного модуля для портативного интерактивного электромиографа выбрана наиболее оптимальная среда разработки клиент-серверного приложения – NetBeans IDE.

#### Литература

1. Кислинский Н.Г. Проблемы в системе технического обслуживания медицинских изделий / Н.Г. Кислинский [и др.] // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015. – С. 1214.
2. Об утверждении Концепции создания ЕГИСЗ / Постановление Правительства РФ от 28 апреля 2011 г. № 364 // Собрание законодательства. – 2012. – № 31.
3. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»: постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1640 // Собрание законодательства. – 2018. – № 32.
4. Метод поверхностной электромиографии: роль и возможности при разработке экзоскелета (обзор) / Н.Н. Рукина [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2016. – Т. 8. – № 2. – С. 110.
5. 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. 161-165.

## **Анализ требований для разработки информационной системы гостиничного комплекса**

Глебова Яна Александровна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

*Для более успешной работоспособности гостиничного комплекса необходимо использовать информационную систему, обеспечивающую автоматизацию основных бизнес-процессов, таких как оформление заселения клиентов, учет оказываемых услуг, расчет стоимости проживания. Такая система поможет минимизировать затраты трудовых, материальных и временных ресурсов. На первом этапе разработки информационной системы гостиничного комплекса необходимо провести анализ предметной области и определить требования к информационной системе.*

Гостиничная индустрия является быстрорастущим, высокодоходным сектором экономики, частью туристического бизнеса, который обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития. Гостиничная индустрия характеризуется жесткой конкуренцией на рынке из-за бурного развития гостиничных услуг. В связи с этим возникает необходимость повышения эффективности управления гостиничными комплексами. Использование специализированной информационной системы дает возможность, в условиях постоянно увеличивающегося объема информации и в связи с возрастающими требованиями к качеству оказываемых услуг, оптимизировать работу персонала и управление гостиничным комплексом [1-3].

Современные информационные системы характеризуются огромными объемами хранимых данных, большой скоростью и высокой эффективностью обработки запросов пользователей. Разрабатываемая информационная система должна обеспечивать автоматизацию следующих процессов: добавление, изменение и удаление данных, формирование отчетов о деятельности гостиничного комплекса. В связи с этим для хранения данных об оказываемых гостиницей услугах необходима четко сформированная база данных, которая удовлетворяет потребностям предметной области. Вся информация, касающаяся гостиницы и лиц, взаимодействующих с ней, должна храниться в одном месте, за счет чего время поиска необходимой информации

значительно сократится. Таким образом, в составе информационной системы гостиничного комплекса выделяются подсистема сбора и хранения данных; подсистема доступа к данным и их анализа, включающая в себя модули, обеспечивающие доступ к данным и защиту информации, инструменты обработки и анализа информации, средства визуализации данных [4].

На первом этапе определим требования к информации, хранящейся в базе данных. В первую очередь в базе данных должна быть информация о номерах гостиницы, какого они типа, на каком этаже расположены, количество мест, количество комнат, какие удобства включены в стоимость и сама цена. Необходимо учесть, что у разных типов номеров разная стоимость проживания. База данных также должна хранить информацию о самой гостинице, адрес, телефон и данные о руководстве.

Следующая важная ветка – информация о клиенте. Перед заселением необходимо предоставить информацию, такую как фамилия, имя, отчество, пол, номер паспорта, номер апартаментов и даты его заселения и освобождения.

Также нужно заметить, что существуют разные уровни пользователей. Поэтому разрабатываемая база данных должна хранить в себе данные о сотрудниках, например о горничных, к которым привязаны конкретные номера гостиницы.

Гостиница может предоставлять дополнительные услуги, помимо включенных в стоимость проживания. Эти данные также должны корректно записываться и отображаться.

Помимо всех, предыдущих, описанных требований, необходим архив данных о пользователях для большего удобства.

Из приведенного описания можно сделать вывод, что база данных должна содержать следующую информацию:

- данные о клиенте;
- данные о гостинице;
- данные о номере;
- данные о бронировании;
- тип номера;
- данные о горничных;
- каталог услуг;
- дополнительные услуги;
- отмененные заказы;
- архив.

Выделив соответствующие сущности, получим систематизированную информацию о работе гостиницы. Пользователю должны быть предоставлены удобные средства для отбора данных по запросам. Проанализировав основные операции, необходимые базе данных, можно сделать вывод, что потребуется выполнение следующих запросов: просмотр списка выезжающих на текущую дату, просмотр номеров с учетом обслуживающих горничных, просмотр занятых номеров либо свободных, просмотр забронированных номеров, просмотр данных пользователем о номерах конкретных типов и расчет количества забронированных дней.

Разрабатываемая база данных должна выдавать однозначные требования на поставленные запросы пользователей. Конечными пользователями являются как потенциальные клиенты, так и работники гостиницы, не занятые в вопросах ведения, администрирования баз данных и поддержания их в актуальном состоянии.

При разработке информационной системы также необходимо заранее рассмотреть и сформировать требования к интерфейсу. Самым главным критерием является удобство использования. Для этого при помощи пароля будет осуществляться вход в систему разных категорий пользователей. Далее должна быть предложена различная интересующая информация. Для администратора необходимо сделать полный контроль над данными базы данных. Для работников, которые осуществляют запись клиентов, должно быть реализовано удобное бронирование. А для простых клиентов необходимо выводить данные о гостинице, номерах и каталог дополнительных услуг.

Создание подобных систем позволяет решать задачи автоматизации и оптимизации в различных областях деятельности человека, в данном случае – гостиничного комплекса. В результате анализа предметной области сформированы требования к информационной системе, что позволит при дальнейшей разработке добиться максимальной согласованности модулей и обеспечить оптимальное хранение и обработку данных.

#### Литература

1. Виштак О.В. Минимизация информационных рисков при использовании систем электронного документооборота в организации / О.В. Виштак, В.И. Жирнов, С.А. Ремаренко // Сборник трудов III международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 85-88.

2. Фролов Д.А. Корпоративные мобильные приложения как средство повышения эффективности работы персонала предприятия / Д.А. Фролов, С.А. Ремаренко // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – Балаково: Издательство БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 86-87.

3. Штырова И.А. Информационная поддержка процессов учета и движения типовых элементов замены / И.А. Штырова, Н.М. Виштак // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации» (УОПИ-2017). – Саратов: Изд-во ООО СОП «Лоди», 2017. – С. 669-674.

4. Виштак Н.М. Проектирование системы хранения данных в распределенной информационной системе вузовского подразделения дополнительного образования / Н.М. Виштак, В.И. Жирнов // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 69-72.

УДК 004.85

### **Оценка качества работы алгоритма машинного обучения**

Горкун Ольга Павловна, студент магистратуры отделения интеллектуальных кибернетических систем

Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск

*В данной статье дается определение понятию «машинное обучение», а также рассматриваются методы оценки работы алгоритмов машинного обучения.*

В последние несколько лет развитие машинного обучения получило резкий толчок благодаря ряду технологических прорывов, а его область применения значительно выросла, затрагивая не только математиков и программистов, но и рядовых пользователей, использующих распознавание лиц, голосовых помощников и тому подобное.

Машинное обучение (Machine Learning) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач [1].

Основная идея машинного обучения представлена на рис. 1.

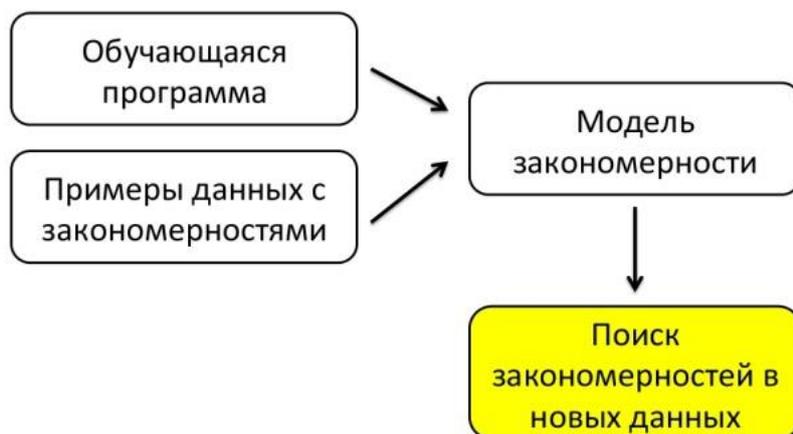


Рис. 1. Основная идея машинного обучения

Основная идея машинного обучения заключается в том, что имея обучающуюся программу и примеры данных с закономерностями, мы можем построить некоторую модель закономерности и находить закономерности в новых данных [2].

Оценка работы алгоритма машинного обучения является неотъемлемой частью любого проекта. Модель может дать удовлетворительные результаты при оценке точности, но может дать плохие результаты при использовании других метрик, к примеру, логарифмической потери. В большинстве случаев для измерения производительности модели используется точность классификации, однако этого недостаточно.

Точность классификации (Classification Accuracy) – это отношение количества правильных прогнозов к общему количеству входных выборок. Это хорошо работает, только если каждому классу принадлежит равное количество образцов.

Например, если в тренировочном наборе 98 % выборок класса А и 2 % выборок класса В, то модель может легко получить 98 % точности обучения, правильно прогнозируя только наблюдения, принадлежащие классу А.

Когда ту же модель тестируют на испытательном наборе с 60 % образцов класса А и 40 % образцов класса В, точность теста падает до 60 %. Точность классификации, как правило, велика, но не является объективной оценкой работы модели.

Логарифмическая потеря (Logarithmic Loss или Log Loss) штрафует ложные классификации. Это хорошо работает для мультиклассовой классификации. При работе с логарифмической потерей классификатор должен присваивать вероятности принадлежности к каждому классу для всех выборок.

Предположим, есть  $N$  выборок, принадлежащих к  $M$  классам, тогда логарифмическая потеря рассчитывается следующим образом:

$$\text{LogLoss} = \frac{-1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij} * \log(p_{ij}), \quad (1)$$

где  $y_{ij}$  указывает, принадлежит ли выборка  $i$  к классу  $j$  или нет;  $p_{ij}$  указывает на вероятность того, что выборка  $i$  относится к классу  $j$ .

Потеря не имеет верхней границы и существует в диапазоне  $[0, \infty)$ . Результат, близкий к 0, указывает на более высокую точность. Как правило, минимизация потерь в журнале дает большую точность классификатору.

Матрица путаницы, как следует из названия, дает матрицу в качестве вывода и описывает полную производительность модели.

К примеру, есть проблема двоичной классификации. Есть несколько образцов, относящихся к двум классам: ДА или НЕТ. Также есть собственный классификатор, который предсказывает класс для данной входной выборки. При тестировании модели на 100 образцах получается результат, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Матрица путаницы

N = 100	Предсказываемое «нет»	Предсказываемое «да»
Фактическое «нет»	30	20
Фактическое «да»	10	40

Точность для матрицы можно рассчитать, поделив сумму значений из главной диагонали на общее количество образцов. Так же матрица путаницы служит основой для других типов метрик.

Площадь под кривой (Area Under Curve или AUC) является одним из наиболее широко используемых показателей для оценки. Применяется для задачи бинарной классификации. Результат работы алгоритма на фиксированной тестовой выборке визуализируют с помощью ROC-кривой (receiver operating characteristic или «кривая ошибок»), оценивая качество как площадь под этой кривой.

Чтобы нарисовать ROC-кривую, надо взять единичный квадрат на координатной плоскости, разбить его на  $m$  равных частей горизонтальными линиями и на  $n$  – вертикальными, где  $m$  – количество экземпляров первого класса среди правильных меток теста, а  $n$  – число экземпляров второго класса. В результате квадрат разбивается сеткой на  $m \times n$  блоков. Ровно столько же пар вида (объект класса 1, объект класса 0), составленных из объектов тестовой выборки.

Каждый блок, находящийся ниже кривой, соответствует паре, для которой алгоритм правильно предсказал порядок (объект класса 1 получил оценку выше, чем

объект класса 0), блок над кривой – паре, на которой алгоритм ошибся. AUC имеет диапазон [0, 1]. Чем больше значение, тем выше производительность модели.

F1-мера – это гармоническое среднее между точностью (precision) и полнотой (recall), имеющее диапазон от 0 до 1. F1-мера стремится к нулю, если точность или полнота стремится к нулю. Она показывает, сколько экземпляров алгоритм классифицирует правильно, а также насколько он устойчив.

Высокая точность, но меньший отзыв дает вам чрезвычайно точную информацию, но при этом она пропускает большое количество экземпляров, которые трудно классифицировать. Чем больше F1-мера, тем лучше производительность модели. Математически это можно выразить как:

$$F1 = 2 * \frac{1}{\frac{1}{precision} + \frac{1}{recall}}, \quad (2)$$

F1-мера пытается найти баланс между точностью и полнотой.

Точность – это число правильных положительных результатов, деленное на количество положительных результатов, предсказанных классификатором.

Полнота – это количество правильных положительных результатов, деленное на количество всех соответствующих образцов (все образцы, которые должны были быть определены как положительные).

Средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error или MAE) – это средняя разница между исходными и прогнозируемыми значениями. Это показывает то, как далеко были прогнозы от фактического результата, но не показывает направление ошибки. Математически это представляется как:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |y_j - \hat{y}_j|, \quad (3)$$

Средняя квадратичная ошибка (Mean Squared Error или MSE) очень похожа на среднюю абсолютную ошибку, единственное отличие состоит в том, что MSE принимает среднее значение квадрата разности между исходными и прогнозными значениями. Математически это представляется как:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (y_j - \hat{y}_j)^2, \quad (4)$$

Преимущество MSE состоит в том, что легче вычислить градиент, в то время как средняя абсолютная ошибка требует сложных инструментов линейного программирования для вычисления градиента. Поскольку принимается квадрат ошибки, эффект от более крупных ошибок становится более выраженным, чем от более мелких ошибок, поэтому модель теперь может сосредоточиться на более крупных ошибках [3].

В данной статье были рассмотрены следующие методы оценки качества алгоритма машинного обучения: точность классификации, логарифмическая потеря, матрица путаницы, площадь под кривой, F1-мера, средняя абсолютная ошибка и средняя квадратичная ошибка. Каждая из метрик может являться оптимальной для оценки в различных условиях и при работе с разными выборками.

#### Литература

1. Флах П. Машинное обучение / П. Флах. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
2. Habr // Telegram. Безлимитный сетевой диск. Бесплатный. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com> (дата обращения: 03.05.2019).
3. Towards Data Science // На пути к науке о данных. [Электронный ресурс] URL: <https://towardsdatascience.com> (дата обращения: 03.05.2019).

УДК 519.6

#### Особенности построения магистратского курса

##### **«Математическое моделирование и решение задач оптимизации»**

Зенкина Ольга Николаевна, кандидат физико-математических наук,

доцент института Педагогики и психологии образования;

Ходакова Нина Павловна, доктор педагогических наук,

профессор института Педагогики и психологии образования

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

города Москвы

«Московский городской педагогический университет», г. Москва

*Статья посвящена вопросу изучения дисциплины «Математическое моделирование и решение задач оптимизации». Рассматриваются цели и задачи изучения дисциплины, направленной на формирования компетенций в области ИКТ студентов-магистров по направлению «Педагогическое образование» образовательной программы «Математика в начальном образовании».*

В настоящее время в условиях введения в практику работы вузов ФГОС ВПО третьего поколения в качестве планируемых результатов обучения выступают компетенции. При реализации основных образовательных программ студентов-магистров готовят к педагогической, просветительской и научно-исследовательской деятельности [1].

Компетентность в области ИКТ относится к базовой, наряду с общенаучными, социально-экономическими, гражданско-правовыми, политехническими и специальными общепрофессиональными знаниями. Формированию компетенций области ИКТ уделяется большое внимание, поскольку они способствуют дальнейшему профессиональному росту специалистов в области образования в условиях современного информационного общества [2, 4, 5, 7].

В статье [4] дано определение понятия ИКТ-компетентности бакалавров педагогического образования, рассмотрены компоненты ИКТ-компетентности: мотивационный, когнитивный, деятельностный. Отмечается, что ИКТ-компетентность можно представить в виде совокупности пользовательской, общепедагогической и предметной компонент.

При изучении дисциплин математического цикла магистры по направлению подготовки 44.04.01 согласно источнику [1] должны обладать следующими компетенциями:

1) способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу, способностью совершенствовать свой интеллектуальный и общекультурный уровень;

2) способностью самостоятельно приобретать и использовать, в том числе с помощью информационных технологий, новые знания и умения, непосредственно не связанные со сферой профессиональной деятельности;

3) готовностью к использованию современных информационно-коммуникационных технологий для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса.

В соответствии с вышеуказанными требованиями была составлена рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование и решение задач оптимизации» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для направленности образовательной программы «Математика в начальном образовании», квалификация (степень) магистр и учебными планами по направлениям «Педагогическое образование».

Цели и задачи дисциплины:

- формирование представлений об основных математических методах и моделях;
- формирование у них умений и навыков, связанных с особенностями применения математического аппарата для поиска оптимальных решений практических задач, которые можно описать с помощью моделей;

- развитие навыков математического мышления;
- обеспечение условий для активизации познавательной деятельности студентов, стимулирование самостоятельной деятельности по освоению содержания дисциплины и формированию необходимых компетенций;
- выработка у обучающихся умения ориентироваться в нестандартных условиях и ситуациях, умения анализировать возникающие проблемы, а также исследовать и разрабатывать математические модели ситуаций и решать конкретные задачи заданной степени сложности;
- развитие общей математической культуры и навыков работы с ИКТ.

Математические методы сегодня широко используются в разных областях знаний и позволяют описывать систему отношений и находить искомые (недостающие) параметры, оценивать тенденции, которые могут появляться в меняющейся ситуации, описывать процессы развития с помощью уравнений, находить наилучшие, наиболее оптимальные решения и направления развития.

Дисциплина «Математическое моделирование и решение задач оптимизации» входит в модуль «Математика», является дисциплиной по выбору. Кроме того, дисциплина «Математическое моделирование и решение задач оптимизации» является смежной дисциплиной с другими, входящими в учебный план дисциплинами. Помимо дисциплины по выбору «Математическое моделирование и решение задач оптимизации» в учебный план модуля «Математика» входят смежные дисциплины: «Информационные технологии в естественно-математическом образовании», «Качественные и количественные методы обработки научного исследования».

Введение компьютерного практикума, направленного на освоение приемов работы с табличным процессором MS Excel, будет способствовать изучению указанных смежных дисциплин, позволит приобрести и закрепить необходимые пользовательские навыки при работе с табличным процессором. Приобретение опыта работы с информационными технологиями позволит в дальнейшем не только грамотно оформить статистические результаты педагогического эксперимента при подготовке текста магистерской диссертации, но и использовать приобретенный опыт в своей профессиональной деятельности.

В соответствии с требованиями ФГОС, изучение дисциплины основывается на теории контекстного обучения А.А. Вербицкого [4], основанного на применении деятельностного и компетентностного подходов.

Реализация деятельностного и компетентностного подходов в обучении должна предусматривать применение активных методов обучения, создание эффективной

обучающей среды, формирование активной позиции педагога и обучающегося с целью формирования и развития универсальных и профессиональных компетенций студентов.

По окончании изучения дисциплины формируются компетенции: «знает основные теоретические сведения математического моделирования», «умеет правильно употреблять математическую символику для выражения количественных и качественных отношений объектов», «владеет представлениями о математике как особом способе познания мира, общности ее понятий и представлений».

В области ИКТ формируются общекультурные и общепрофессиональные компетенции [2, 3, 6]:

- готовность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, готовность работать с компьютером как средством обработки информации;
- способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознавать опасности и угрозы, возникающие в процессе информатизации, соблюдать основные требования информационной безопасности;
- готовность применять современные информационные технологии для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса.

Фундамент курса составляет изучение основных понятий математического моделирования, среди которых: математическая модель, метод, целевая функция, система ограничений, оптимальное решение, и др. В рамках изучения дисциплины студенты осваивают методологию математического моделирования, решают задачи по линейному программированию, выполняют компьютерный практикум.

Поскольку программа модуля носит практический характер, особое место отводится лабораторному практикуму по работе в программе MS Excel 2007-2013. Учитывая трудности в освоении программы студентами-магистрами по направлению образовательной программы «Математика в начальном образовании», связанные с недостаточным пользовательским опытом работы в программе MS Excel, мы рекомендуем, прежде чем выполнять лабораторные работы по решению задач оптимизации с использованием утилит «подбор параметра» и «поиск решения», сначала выполнить практические работы, направленные на освоение и закрепление базовых навыков работы в программе.

Таким образом, математическое образование следует рассматривать как важнейшую составляющую фундаментальной подготовки студента, поскольку

математика является не только средством решения прикладных задач, но и элементом общей культуры. При изучении дисциплины не делается особенный акцент на применение полученных знаний в области математического моделирования и решения задач оптимизации в будущей профессиональной деятельности. Изучение дисциплины предназначено для того, чтобы создать общее мировоззренческое представление о современных методах познания и формировать компетенции, задаваемые по отношению к предмету изучения и необходимые для качественной продуктивной деятельности в области математики и ИКТ.

#### Литература

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 44.04.01. Педагогическое образование. Степень (квалификация) – магистр // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. [Электронный ресурс] URL: <http://fgosvo.ru/news/3/553#Par34>. (дата обращения: 19.03.2019).

2. Богатырева Ю.И. Формирование компетенций в области ИКТ в рамках ФГОС третьего поколения по направлению подготовки «Педагогическое образование» / Ю.И. Богатырева, Р.Р. Яфаева // Педагогическая информатика. – 2010. – №3. – С. 62-71.

3. Лавина Т.А. Формирование компетентности в области информационных и коммуникационных технологий бакалавра педагогического образования / Т.А. Лавина // Педагогическая информатика. – 2011. – № 6. – С. 56-59.

4. Вербицкий А.А. Компетентностный подход и теория контекстного обучения / А.А. Вербицкий // Материалы к четвертому заседанию методологического семинара 16 ноября 2004 г. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 84 с.

5. Виштак О.В. Межпредметная интеграция при изучении специальных дисциплин подготовки бакалавров в области IT-технологий / О.В. Виштак, А.Н. Токарев // Концепт: науч.-метод. журн. – 2014. – Т. 20. – С. 4831-4835. [Электронный ресурс] URL: <http://e-koncept.ru/2014/55231.htm> (дата обращения: 18.04.2019).

6. Антонова А.В. Информационные технологии как базовый компонент инноваций в образовании / А.В. Антонова, Н.М. Виштак // Преподаватель XXI века. – 2010. – Т. 1. – № 3. – С. 22-25.

7. 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, 2017. – С. 69-70.

УДК 004.9

### **Анализ социальных сетей**

Достанбекова Фарангиз Хидирбаевна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михайлов Владислав Александрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Смирнов Алексей Родионович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Шагиев Руслан Равилевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

*В статье представлен анализ социальных сетей, таких как Твиттер и Инстаграм. Выбраны критерии анализа, на основании которых проведено сравнение их назначения, содержательного контента, технологической основы, выделены их особенности.*

В настоящее время социальные сети являются одним из популярных средств коммуникации. Социальную сеть будем рассматривать как платформу онлайн-сервиса или веб-сайта, предназначенную для построения, отражения и организации социальных взаимоотношений в интернете [1]. В последнее время также растет и число мультимедийных сетей, которые, как правило, богаты контентом. Социальные сети устойчиво обосновались в нашей жизни. Дети уже с раннего возраста знают, что такое интернет и социальные сети, умеют с ними взаимодействовать. Даже пожилые люди активно пользуются социальными сетями. В социальных сетях люди могут общаться, делиться своей информацией (мыслями и желаниями), им предоставлены последние новости из разных сфер, в том числе из области науки, спорта, искусства.

Социальные сети поддерживают связи между людьми, даже когда они находятся на разных концах света. Каждый человек с помощью социальных сетей может легко общаться с родственниками, друзьями, коллегами, а также находить новых друзей и знакомых.

Социальные сети также помогают при поиске давних знакомых, связь с которыми была утеряна. Если вам необходимо обмениваться информацией, делать объявления или общаться с определенной группой людей, вы можете создать свою группу в сети, где вся информация может быть видна только тем, кто состоит в этой группе. Многие пользователи любят социальные сети за возможность прослушивания музыки и просмотра видео.

В последнее время распространен феномен заработка на социальных сетях. Многие зарабатывают в социальных сетях с помощью рекламы и различных услуг. Для скрытого маркетинга большую роль играет непосредственный контакт с потенциальным клиентом. Для баннерной рекламы важно, что миллионы пользователей проводят много времени в социальных сетях.

Участники социальных сетей имеют различный возраст, социальный статус, материальное и семейное положение, пристрастия и вкусы. Сегодня очень трудно найти пользователя, не зарегистрированного хотя бы в одной социальной сети. Социальные сети превратились в очень мощный ресурс, охватывающий огромное количество пользователей, люди пользуются ими ежедневно, и каждый по своей необходимости. В последнее время ученые всерьез обеспокоены тем, какое количество времени тратит человек, находясь в социальных сетях: ставится вопрос о психологической зависимости. Кроме того, очень многие пользователи зарегистрированы в нескольких социальных сетях одновременно. Все это увеличивает зависимость пользователей от социальных сетей, а также их уязвимость со стороны третьих лиц.

Рассмотрим поподробнее функциональные особенности таких популярных социальных сетей, как Твиттер и Инстаграм. Основным функциональным назначением Твиттера является написание и чтение сообщений (или твитов). При этом каждый пользователь имеет свою «роль». Роли распределяются следующим образом:

– «писатель». Такие пользователи, как правило, редко читают, а может быть и вовсе не читают твит-ленты. Но они распространяют какие-либо новости, свои мысли или суждения. Существуют некоторые сайты, которые размещают в Твиттере свои новости из RSS-ленты, при этом больше не используют Твиттер никаким образом,

разве что для массфоловинга. При этом на каждого писателя находится свой читатель, поэтому, такой род деятельности в Твиттере весьма распространен;

- «читатель». Данный тип пользователей подписывается на твит-ленты интересующих их «писателей». Им удобно использовать Твиттер вместо какого-либо другого вида подписки на рассылку;

- «искатель». Твиттер также используют и для поиска различного рода информации. Это часто используется в бизнес-сфере, также через Твиттер можно найти партнеров, потенциальных клиентов, работодателей;

- «полноценный пользователь». Уникальный пользователь, сочетающий в себе сразу все роли. Использует Твиттер во всех его вариациях.

По своей сути, Инстаграм ничем не отличается от каких-либо других социальных сетей. Принцип такой же: делиться новостями, своими мыслями и желаниями, но основой все же является размещение фотографий, а также видео, под которыми размещаются комментарии. Базовыми функциями являются [2]:

- быстрый ответ, то есть предоставляется возможность заранее сохранить сообщение, которое будет отправляться пользователям в ответ на их вопросы. Это очень удобно, если часто приходится отвечать на идентичные вопросы;

- репост сторис. Сторис (истории), которые хранятся как бы в шапке профиля и могут быть доступны только сутки. Причем в сторис можно примерять различные маски, а также эффекты. Доступ к сторис можно ограничить. Кроме этого можно создать папку с определенной тематикой и сохранить в ней свои сторис. Таким образом, они будут доступны для всех пользователей, которые посещают страницу, если, конечно, не закрыт профиль;

- папки сохраненных. Сохраненные посты распределяют по папкам, чтобы потом было легче найти нужные публикации.

Особенности рассматриваемых социальных сетей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Особенности социальных сетей Инстаграм и Твиттер

Особенности Твиттера	
объем сообщения	Сообщение (твит) может содержать не более 140 символов. В этом есть свои плюсы и минусы: с одной стороны, такое ограничение символов заставляет лаконично излагать свои мысли, желания, новости, следовательно, это положительно сказывается на информативности ленты новостей. А с другой стороны, иногда необходимо выразить подробности, которые никак не укладываются в 140 символов.

возможность отвечать на публикации других людей	Это делается при помощи специального знака «@», после которого пишется имя (никнейм) пользователя, которому вы отвечаете. Даже если этот пользователь «не читает» вас, ему в любом случае придет оповещение, что на его сообщение (твит) ответили. При этом ответ будет виден не только тем, кто «читает» вас, но и для «читателей» того пользователя, которому вы ответили на сообщение (твит).
личные сообщения	Личные сообщения не видны другим пользователям. Но личные сообщения можно посылать только в том случае, если пользователь «читает» вас.
<b>Особенности Инстаграма</b>	
предоставление большой палитры эффектов для обработки фотографий	Имеются инструменты, направленные на обработку фотографии, к примеру, разворот фотографий, применение различных рамок. После выбора фотографии можно приступить к оформлению ее подписи, а также привязке по текущему географическому положению. Если же возникла такая ситуация, как нахождение ошибки в подписи к фотографии, то можно просто откорректировать подпись.
возможность отредактировать профиль	Размещение каких-либо данных о себе, к примеру, возраст, хобби, город и т.д.
в личной ленте посты только тех пользователей, на которые пользователь подписан	Возможно оценить (поставить лайк) на пост, а также прокомментировать его.
Общая лента	Общая лента, которая основывается на поисках пользователей или хэштегов (особый маркер). Данная лента располагается в окне поиска.

Проведем анализ этих социальных сетей по ряду критериев и представим в табл.

2.

Рассматриваемые социальные сети являются однозначными конкурентами за время пользователей и трафик, ведь их целевые аудитории довольно схожи. По итогам проведенного исследования, Instagram превосходит Twitter. Таким образом, при ограниченности времени, выделяемого пользователем на соцсети, предпочтение отдадут сети Instagram, которая обеспечивает более широкий охват тематик контента, отличается эффективными алгоритмами и активной работой разработчиков над багами. Все это выводит его в уверенные лидеры, что в реальной жизни видно при просмотре самой разнообразной статистики [3].

## Анализ социальных сетей Инстаграм и Твиттер

Instagram	Twitter
<i>Отражение областей интересов и контент</i>	
<p>Сеть ориентирована на визуальный контент, что накладывает свой отпечаток на ее контент в целом. Серьезная публицистика или просветительские материалы отсутствуют.</p> <p>Предпочтения пользователей по тематикам помогают составить мнение о контенте соцсети:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ бизнес и индустрия – 16,72 %</li> <li>✓ развлечения – 12,46 %</li> <li>✓ технологии – 11,85 %</li> <li>✓ покупки и мода – 11,55 %</li> <li>✓ хобби и увлечения – 10,33 %</li> <li>✓ семья и отношения – 9,12 %</li> <li>✓ спорт – 8,81 %</li> <li>✓ еда и напитки – 7,90 %</li> <li>✓ дизайн – 6,38 %</li> <li>✓ интернет – 4,86 %</li> </ul>	<p>Основной контент состоит преимущественно из «твитов» – кратких, лаконичных сообщений, которые просто не могут достаточно широко охватить такую область информации, как образовательные материалы и публицистика, и потому основу контента составляют новости и общение медийных личностей.</p> <p>Результаты анализа «твитов» с их разделением на 6 категорий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ светская беседа – 41 %;</li> <li>✓ разговоры – 38 %;</li> <li>✓ ретвиты (повторяющиеся сообщения) – 9 %;</li> <li>✓ самореклама – 6 %;</li> <li>✓ спам – 4 %;</li> <li>✓ новости – 4 %.</li> </ul>
<i>«Засоренность» контента соцсети</i>	
засоренность контента соцсети Instagram выросла в разы с появлением такой возможности, как Instagram Stories, и теперь явно превосходит тот же показатель у Twitter.	
<i>Корректность и эффективность работы алгоритмов соцсети</i>	
после множества обновлений, алгоритмы Instagram (к примеру, по формированию ленты), как минимум на уровне, а то и превосходят своих конкурентов.	алгоритмы Twitter менее продвинуты и удобны, чем у его конкурентов.
<i>Мошенничество</i>	
из-за специфики соцсетей Twitter и Instagram, в них придумано и эксплуатируется меньше мошеннических схем, нежели у их конкурентов.	
<i>Техподдержка</i>	
техподдержка обоих сервисов как минимум конкурентоспособна.	
<i>Юзабилити</i>	
интерфейс Instagram более дружелюбен к новичкам, интуитивно понятен и удобен. Однако перевес Instagram не слишком высок – юзабилити обоих сервисов находится на конкурентоспособном уровне.	

## Литература

1. Социальная сеть // Википедия. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 15.04.2019).

2. Команда Vigbo // Семь полезных функций в Инстаграме. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.vigbo.com/7-poleznyh-funktsij-v-instagrame> (дата обращения: 15.04.2019).

3. Команда WebCanape // Социальные сети в 2018 году: глобальное исследование. [Электронный ресурс] URL: <https://www.web-canape.ru/business/socialnye-seti-v-2018-godu-globalnoe-issledovanie> (дата обращения: 15.04.2019).

УДК 004.92

### **Применение современных IT-технологий в обучении безопасности жизнедеятельности**

Каргин Виталий Александрович, студент направления  
«Информационные системы и технологии»;

Качанов Борис Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент ОИКС  
Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск

*В статье рассматриваются аспекты повышения эффективности обучения населения в области безопасности жизнедеятельности за счет использования современных информационных технологий, поддерживающих средства погружения в виртуальную реальность VR и AR.*

Современные технологии упрощают жизнедеятельность человека, однако данный факт обладает как положительной, так и негативной стороной, поскольку в конкретный момент неподготовленность и неоправданное чувство безопасности гражданина может привести к пагубным последствиям. Именно поэтому человек должен быть готов к тому, чтобы в опасной для него ситуации сохранять спокойствие и рассудительность, уметь объективно рассмотреть ситуацию и предпринять наиболее правильные действия.

Как известно, навыки приходят с опытом, именно поэтому необходимо создать условия для практики поведения гражданина в экстремальной ситуации, максимально приближенные к реальным, но, естественно, без нанесения вреда его здоровью.

Для этого необходимо использовать современные технологии VR/AR виртуальной и расширенной реальности. На данный момент данные технологии все больше набирают популярность и становятся более доступными. Прогнозы по внедрению VR и AR в процесс обучения выглядят оптимистично. По мнению экспертов исследовательского подразделения Ericsson ConsumerLab, применение современного погружения в виртуальную реальность формирует у людей

«Объединенную реальность», что является эффективным решением в приобретении у человека навыков правильного поведения в опасных ситуациях для его жизни. Также, по прогнозам экспертов Ericsson ConsumerLab, появление 5G технологий позволят VR/AR в полной мере реализовать свой потенциал. Устройства станут более мобильными и доступными, поскольку при развитии облачных сервисов пользователю необязательно будет обладать высокопроизводительным компьютером.

Сценарий играет огромную роль в заинтересованности пользователя продолжать обучение, поэтому предпочтительно, чтобы история, в которую главный герой будет погружен, обладала элементами игрового кино. Не менее важно, чтобы в процессе сохранялось желание превзойти собственные результаты: для этого разрабатываемая среда должна обладать рейтингом и персональной статистикой.

Для реализации необходимой 3D-сцены уровня необходимо выбрать соответствующее программное обеспечение, которое будет наиболее удобным для выполнения поставленных задач планируемого приложения.

3D-разработчики выделяют два самых мощных движка – Unreal Engine и Unity, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Рассмотрим их более подробно.

#### 1) Unreal Engine

Unreal был разработан компанией Epic Games и является мощным движком, на котором были разработаны множество знаменитых динамических игр, обладающих высоким уровнем графики и датальной обработки. Unreal является высокоприоритетным продуктом при выборе движка для разработки 3D-игр на PC или консоли.

Unreal Engine 4 является последней версией продукта, которая может удивить также и тем, что является одним из самых бюджетных вариантов для любителей игр. Платформа является бесплатной до тех пор, пока бюджет разрабатываемого проекта не достигнет 50.000 \$, в таком случае компания будет забирать 5 % с квартального дохода за использование возможностей своего движка. Unreal Engine 4 поддерживает только язык C++ и обеспечивает потрясающий уровень игровой производительности.

Помимо этого, Unreal обладает высокой поддержкой community разработчиков, которое оказывает поддержку всем, кто в этом заинтересован, регулярно обновляет его.

Unreal поддерживает не только все известные операционные системы, но также и Linux, PS4, Oculus и многие другие технологии. В нем есть все инструменты, необходимые для разработки 3D-игр, такие как полное расширение исходного кода, исправление ошибок и настройка.

## 2) Unity

Движок Unity является простым удобным и доступным. Отличный выбор для начинающего разработчика видеоигр. Unity обладает широким спектром различных возможностей, начиная от разработки игр на android, заканчивая реализацией VR и AR систем. Редактор Unity обладает простым интерфейсом Drag&Drop, благодаря чему можно производить отладку игры непосредственно в редакторе окон. Движок поддерживает языки C#, а также JavaScript.

В отличие от Unreal, Unity предоставляет бесплатный доступ до 100 000\$, после чего необходимо будет подписаться на версию Unity Pro, которая будет стоить 125 \$ в месяц. Однако стоит отметить, что в бесплатной версии Personal Unity доступ ко многим возможностям программы ограничен, чего не будет в версии Unity Pro.

Однако Unity обладает рядом недостатков, например, дефицитом исходного кода движка. Также есть некоторые проблемы сотрудничества, которые необходимо решить. К тому же Unity не обладает достаточными возможностями для анимации 3D-объектов, именно поэтому зачастую при работе с Unity используют графический редактор Blender.

Обсуждая, что лучше – Unity или Unreal Engine4, VR-разработчики таких компаний, как VRT World, Skywell Software, VR Gaming отмечают, что движок Unreal лучше подходит для разработки 3D-игр, тогда как Unity имеет большие возможности для разработки мобильных игр. Однако, сравнивая Unity3d с Unreal Engine, стоит знать, какие цели преследует компания и какими ресурсами она обладает. Если компания пытается занять нишу мобильной разработки и не имеет очень большого бюджета для производства VR-игр, лучше выбрать Unity. Если приоритетом является рынок высококачественной, бюджетной консольной продукции с опытной командой разработчиков, тогда следует выбрать Unreal Engine.

После проведения анализа и сбора информации была выделена следующая информация, представленная на рис. 1.

Возможности/ Движок	Unreal Engine 4	Unity
Бесплатный контент	Бесплатный до прибыли <50 000\$	Бесплатный до прибыли <100 000\$, также обладает незначительными ограничениями
VR разработка	Обладает встроенным VR редактором последнего поколения.	Обладает менее мощными возможностями VR.
Язык программирования	C++	C#, Unity Script
UI редактор	Обладает средним по удобству редактором	UI редактор очень прост и обладает возможностями Drag & Drop
Доступность при освоении продукта без опыта	Потребуется опыт разработчика игр	Очень прост для освоения продуктом новичком
Графика	Подходит больше для реализации 3D игр	Подходит больше для реализации 2D игр

*Рис. 1. Сравнение Unity и Unreal Engine*

Из вышесказанного стоит отметить следующее: оба движка обладают своими доминирующими преимуществами и отличительными особенностями, а выбор всегда зависит от условий разработки продукта.

Итак, подведем итоги. При сочетании мощного программного обеспечения, выбранного на основе стартовых условий при разработке проекта, а также грамотно прописанного сюжета и игровой логики, получится эффективный продукт для обучения населения необходимым навыкам в безопасности жизнедеятельности, что в свою очередь подготовит население к экстремальным условиям, в которых может оказаться любой человек.

#### Литература

1. Render // Unreal vs Unity или какое «U» выбрать. [Электронный ресурс] URL: <https://render.ru/ru/unity3d/post/13749> (дата обращения: 07.05.2019).
2. Appreal-vr. [Электронный ресурс] URL: <https://appreal-vr.com/blog/unity-or-unreal-best-vr-gaming-platforms> (дата обращения: 01.05.2019).

3. Unity // Какая лучшая игровая платформа для виртуальной реальности? Unity или Unreal. [Электронный ресурс] URL: <https://unity.com/ru> (дата обращения: 04.04.2019).

4. Softcatalog // Программы для создания игр. [Электронный ресурс] URL: <http://softcatalog.info/ru/obzor/programmy-dlya-sozdaniya-igr> (дата обращения: 07.05.2019).

5. UnrealEngine // Сделать что-то нереальное с самым мощным движком создания. [Электронный ресурс] URL: <https://www.unrealengine.com/en-US> (дата обращения: 07.05.2019).

УДК 371.6

### **Средства разработки образовательных веб-квестов**

Кох Юлия Андреевна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

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

*Проведен анализ информационных веб-ресурсов с учетом их назначения и области применения, с позиций классификационного анализа рассмотрены образовательные веб-квесты. Рассмотрены программные средства создания веб-квестов и проведен их выбор.*

Перед полноценной разработкой веб-ресурса в целях представления его будущей концепции необходимо определить, к веб-ресурсам какого типа он относится. Для этого нужно сопоставить различные классификации веб-ресурсов, подчеркнуть характерные особенности определенных типов, далее произвести выбор средств разработки и составить техническое задание [4].

Классификация веб-ресурсов может осуществляться исходя из конкретной рассматриваемой категории [14]. По назначению веб-ресурсы обычно подразделяют на следующие виды:

– навигационные, которые осуществляют перенаправление пользователей к конечным сайтам;

– конечные, или функциональные, которые содержат информацию или необходимые пользователям документы.

На рис. 1 подробно представлена наиболее распространенная схема классификации веб-ресурсов по назначению [1, 6, 11].

Порталы сочетают в себе функции навигационного сайта и информационного ресурса по различным тематическим направлениям.

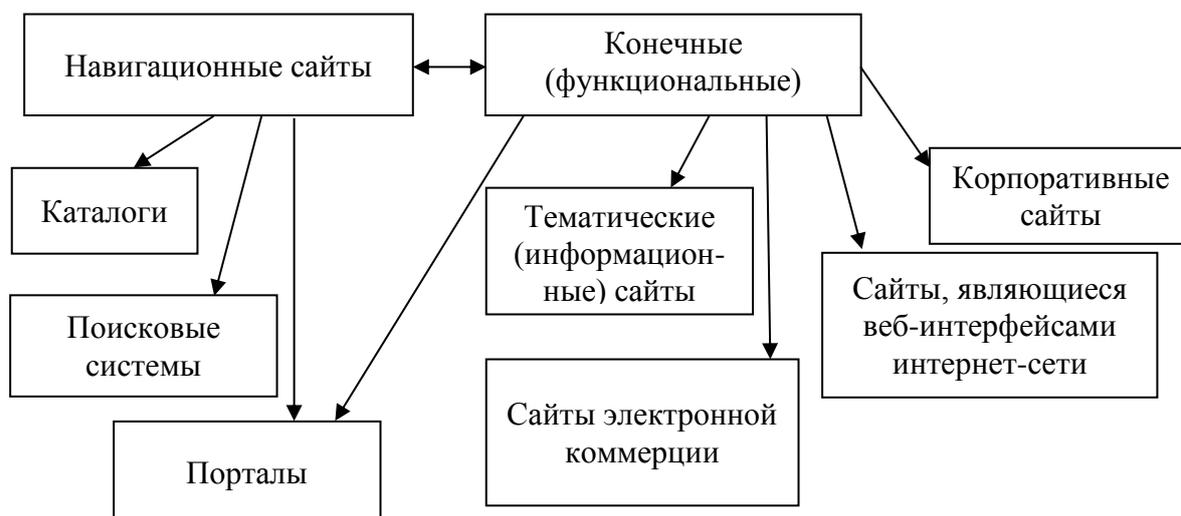


Рис. 1. Схема классификации веб-ресурсов

Информационные сайты обеспечивают доступ пользователей к документам определенной тематики.

Корпоративные сайты, а также сайты электронной коммерции дают доступ к коммерческой информации (информации о товарах, услугах, ценах, производителях), а также возможность удаленного заказа, оплаты и приобретения различных товаров и услуг.

Порталы сочетают в себе функции навигационного сайта и информационного ресурса по различным тематическим направлениям.

Информационные сайты обеспечивают доступ пользователей к документам определенной тематики.

Корпоративные сайты и сайты электронной коммерции дают доступ к коммерческой информации (информации о товарах, услугах, ценах, производителях), а также возможность удаленного заказа, оплаты и приобретения различных товаров и услуг.

Веб-интерфейсы – это веб-ресурсы, которые через стандартные веб-страницы предоставляют доступ к сервисам интернета (электронной почты, телеконференций и так далее).

По цели создания веб-ресурсы подразделяют на следующие виды:

- естественные. Предназначены для пользователей сети;
- неестественные. Ориентированы не на пользователей: их используют либо для продвижения сайта, либо для заработка, получаемого с данного веб-ресурса. К ним относятся дорвеи, каталоги, сателлиты, MFA- и MFS-сайты.

По технологиям, используемым на этапе разработки, веб-ресурсы бывают:

- статические сайты и веб-страницы. Веб-ресурсы, созданные по классической технологии HTML. Лежат на сервере в неизменном виде, при переходе на страницу пользователям видно одно и то же содержание; удобны в использовании, если информация на сайте обновляется нечасто, однако основным недостатком статических веб-ресурсов является абсолютная неинтерактивность. Кроме того, в них сложнее производить изменения, касающиеся работы с информацией, дизайном;

- динамические сайты и веб-страницы. Формируются при помощи скриптов, то есть являются изменяемыми. Содержание и вид страницы с одним и тем же адресом может быть различным в зависимости от разных условий – например, в зависимости от времени, от конкретного пользователя, от введенного пользователем запроса; являются интерактивными. Изменение и обновление таких веб-ресурсов выполняется гораздо легче по сравнению со статическими веб-ресурсами. Недостатками динамических сайтов является то, что для их реализации необходима поддержка дополнительных технологий, учет повышенных нагрузок на сервер и сложность оптимизации;

- флеш-сайты. Веб-ресурсы, использующие технологии flash; основным их минусом является трудоемкость изготовления и большой объем.

По уровню решаемых задач веб-ресурсы подразделяются на четыре вида:

- простые сайты. Содержат немного информации и состоят из нескольких страниц;

- тематические, узконаправленные сайты. Подробно освещают какой-либо вопрос, предоставляя пользователям интернета, интересующимся определенной темой, возможность получить по ней хорошую и детальную информацию. Интересны только определенным категориям пользователей;

- многофункциональные сайты (порталы);

- справочные системы и домашние страницы.

Согласно вышеизложенной классификации, веб-ресурс, разрабатываемый для заданной предметной области и выполненный в формате веб-квеста, относится к следующим категориям:

- по назначению – конечный (функциональный) сайт;

- по цели создания – естественный сайт;

- по технологиям, используемым на этапе разработки, – динамический сайт;
- по уровню решаемых задач – тематический, узконаправленный сайт.

Существует множество инструментальных и программных средств, предназначенных для создания веб-ресурсов, но лишь некоторые из них способны предоставить разработчикам инструменты для максимально эффективного и удобного решения стоящих перед ними задач.

При разработке веб-квеста из всех современных веб-технологий, позволяющих создавать интерактивные и динамические веб-страницы, необходимо выбрать наиболее подходящие для выполнения поставленных на первоначальном этапе задач. Таким образом, основным критерием создания веб-квестов является выбор средств разработки.

Для создания сайта используют различные программные средства разработки: редакторы текста типа Блокнот, Notepad++, визуальные редакторы типа Microsoft FrontPage, Macromedia Dreamweaver и множество других редакторов, включая конструкторы. Конструкторы веб-сайтов размещаются на некоторых сайтах в сети Интернет.

В целях разработки веб-квеста необходимо определиться, какие языки и технологии программирования (инструментальные средства разработки) лучше всего подойдут для его программной реализации, будут наиболее удобными и эффективными в использовании и реализации искомых модулей для ресурса.

Язык программирования – это формальная знаковая система, главным предназначением которой является создание программ для компьютера [8]. Язык программирования определяет набор лексических, синтаксических и семантических правил, задающих внешний вид программы, пользовательского интерфейса, а также действия, которые выполнит исполнитель под ее управлением.

Наиболее востребованными на сегодняшний день языками веб-программирования являются PHP, C#, JSP (Java) [9, 10, 12, 13, 15].

Чтобы выбрать для создаваемого веб-квеста самый подходящий язык и технологию программирования, требуется рассмотреть их основные достоинства и недостатки.

Достаточно эффективным языком для создания веб-квеста является язык PHP. PHP – это серверный язык сценариев общего назначения с открытым исходным кодом. Другими словами, PHP является языком программирования, специально разработанным для написания веб-приложений (сценариев), исполняющихся на веб-

сервере. Аббревиатура PHP означает Hypertext Preprocessor – «препроцессор гипертекста».

Кроме того, PHP – это язык программирования с динамической типизацией, который не требует указания типа данных при объявлении переменных.

Основными достоинствами языка PHP являются:

- язык свободного распространения;
- простота изучения и реализации технических заданий;
- поддержка большим сообществом программистов и разработчиков;
- удобная поддержка работы с базами данных;
- изобилие библиотек и расширений языка;
- возможность использования в изолированной среде;
- кроссплатформенность языка;
- поддержка протоколов HTTP, FTP, NNTP, SNMP [4].

Несмотря на достоинства, язык PHP обладает и достаточно значительными недостатками:

- обладает слабыми средствами для работы с исключениями;
- веб-квесты, разработанные на PHP, могут иметь довольно серьезные проблемы с обеспечением безопасности;
- отсутствует поддержка сессий;
- наличие сравнительно небольшой базы готовых модулей;
- в некоторых ситуациях неэффективные затраты при использовании в сложных проектах, если необходима обработка сравнительно больших скриптов.

C# – это объектно-ориентированный язык программирования. Переняв многое от своих предшественников, этот язык исключает некоторые модели, которые зарекомендовали себя как проблематичные при разработке программных систем.

C# разрабатывался в качестве языка программирования прикладного уровня для CLR, и поэтому зависит от возможностей самой CLR. CLR – это виртуальная машина, интерпретирующая и исполняющая код на языке CIL, в который компилируются программы, написанные, в частности, на .NET-совместимых языках программирования; компонент пакета Microsoft .NET Framework. Среда CLR является реализацией спецификации CLI.

C# – это язык программирования, который предназначен для разработки разнообразных приложений, предназначенных для выполнения в среде .NET Framework. Язык C# прост и является объектно-ориентированным языком программирования [2, 3].

C# относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщенные типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML.

Основными достоинствами C# являются:

- интеграция со средой Microsoft.NET;
- достаточно высокое обеспечение безопасности кода;
- компонентно-ориентированное программирование.

Несмотря на достоинства, язык C# обладает значительными недостатками:

- сложный для изучения синтаксис;
- низкая производительность;
- совместимость исключительно с платформой Windows.

Java – это объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems. Большинство архитектурных решений, принятых при создании Java, было продиктовано желанием предоставить синтаксис, сходный с C и C++. В Java используются практически идентичные соглашения для объявления переменных, передачи параметров, операторов и для управления выполнением кода. В Java добавлены все хорошие черты C++.

Основными достоинствами языка программирования Java являются:

- высокий уровень безопасности;
- сравнительная простота изучения языка;
- большой набор стандартных библиотек;
- обеспечение достаточной надежности;
- переносимость языка;
- функционирование сборщика мусора.

Несмотря на очевидные достоинства, язык C# обладает некоторыми недостатками:

- значительная ресурсоемкость;
- медлительность;
- некоторая громоздкость кода.

Проанализировав достоинства и недостатки наиболее используемых инструментальных средств для создания Интернет-ресурсов, а также приняв во внимание специфику разрабатываемого Интернет-ресурса, сделан вывод, что

наилучшим языком программирования является PHP, так как он отвечает необходимым требованиям, в отличие от других языков.

Сравнительный анализ трех наиболее распространенных технологий программирования представлен в табл. 1 [1,4].

Таблица 1

Сравнительный анализ технологий программирования

Параметры для сравнения / Технология	ASP.NET	PHP	JSP
Многомерные массивы	+	+	+
Встроенные библиотеки	+	+	+
Шаблоны	+	+	+
Сборка мусора	+	–	+
Стандартизация	ISO ECMA	–	+

Несмотря на представленный выше сравнительный анализ технологий программирования, в котором по нескольким характеристикам язык JSP превосходит остальные, для создания данного Интернет-ресурса выбрана технология программирования PHP как наиболее удобная, эффективная и подходящая для выполнения задания (в частности, таких уникальных модулей веб-квеста, как кроссворд, раскраска, заполнение письма, смешивание цветов).

Выбор системы управления базами данных является важным этапом, определяющим качество дальнейшей веб-разработки.

База данных – это информационная модель, созданная для упорядоченного хранения одинаковой по свойствам информации. Для работы с базами данных используют различные системы управления базами данных (СУБД).

СУБД по модели данных классифицируют следующим образом:

- иерархические;
- объектные и объектно-ориентированные;
- объектно-реляционные;
- реляционные;
- сетевые;
- функциональные.

По степени распределенности базы данных делятся на централизованные, которые полностью поддерживаются на одном компьютере, и на распределенные, зависимые части которых размещены на разных узлах компьютерной сети, согласно подчинению указанным критериям.

Реляционная база данных – это совокупность отношений, которые содержат информацию, необходимую хранить в базе данных. Но пользователи могут

воспринимать такую базу данных, как совокупность таблиц.

В свою очередь, распределенные базы данных бывают однородными, фрагменты которых в разных углах компьютерной сети поддерживаются средствами одной и той же СУБД; неоднородными, фрагменты поддерживаются средствами более одной СУБД; фрагментированными и тиражированными (использующими метод репликации для распределения данных).

Реляционная модель данных включает в себя следующие компоненты:

- структурный компонент;
- компонент целостности;
- компонент обработки.

Наиболее распространенными промышленными СУБД до сих пор являются системы американской компании Oracle, производителя первой коммерческой промышленной СУБД. Эти системы отличает высокая надежность, возможность детальной настройки под решаемые задачи, гибкое управление оперативной памятью и достаточно высокий уровень быстродействия.

Промышленная СУБД компании Microsoft, называемаяся SQL Server, имеет не меньше возможностей, чем СУБД компании Oracle. Но ее главный недостаток состоит в том, что она может функционировать только под управлением операционных систем самой компании Microsoft. Другой популярной СУБД компании Microsoft является MS Access, входящая в пакет программ Microsoft Office. Данная СУБД является однопользовательской и предназначена для ведения небольших баз данных. Популярной и достаточно распространенной СУБД является также DB2 компании IBM.

Отдельно стоит упомянуть свободно распространяемые СУБД, многие из которых подходят для решения достаточно сложных задач. Как правило, такие СУБД поддерживаются независимыми группами разработчиков и распространяются в виде исходных текстов программных модулей. Наиболее популярными из таких СУБД в нашей стране являются MySQL, PostgreSQL, SQLite [4, 5]. Рассмотрим каждую из представленных СУБД более детально.

SQLite – это легко встраиваемая в приложения реляционная система управления базами данных. При работе с данной СУБД обращения происходят напрямую к файлам вместо портов и сокетов в сетевых СУБД. РСУБД SQLite обеспечивает быстрое взаимодействие посредством использования уникальных технологий обслуживающих библиотек. Движок SQLite и интерфейс реализованы в одной библиотеке, что увеличивает скорость выполнения запросов.

Основными достоинствами SQLite являются [5]:

- файловое представление: вся база данных хранится в одном файле, что облегчает перемещение на различные носители;
- стандартизированность: SQLite использует SQL;
- удобство разработки: во время этапа разработки большинству требуется масштабируемое решение, причем SQLite предоставляет одновременно и достаточные функциональные возможности, и удобство использования.

Несмотря на очевидные достоинства, РСУБД SQLite обладает некоторыми недостатками:

- отсутствие системы пользователей, в отличие от программных средств производителей-конкурентов: не является принципиальным, если эта СУБД используется в небольших приложениях;
- отсутствие способов поднять производительность [1].

MySQL – это наиболее популярная из всех полноценных серверных СУБД. Разобраться в ней очень просто, да и в сети о ней можно найти большое количество информации. Приложения общаются с базой данных через процесс-демон.

Основными достоинствами MySQL являются:

- простота установки и использования;
- многообразие функций;
- эффективное обеспечение безопасности;
- скорость, мощность и масштабируемость.

Несмотря на очевидные достоинства, РСУБД MySQL обладает некоторыми недостатками:

- определенные ограничения функциональности;
- некоторые операции реализованы менее надежно, чем в других РСУБД;
- медленная скорость дальнейшей разработки.

PostgreSQL – это самая продвинутая РСУБД, ориентированная на полное соответствие стандартам и расширяемость. PostgreSQL, или Postgres, пытается полностью соответствовать SQL-стандартам ANSI/ISO.

PostgreSQL отличается от других РСУБД тем, что обладает объектно-ориентированным функционалом, в том числе полной поддержкой концепта ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability).

Достоинствами PostgreSQL являются:

- абсолютная SQL-совместимость;
- поддержка опытным сообществом;

– расширяемость: PostgreSQL можно программно расширить за счет хранимых процедур;

– объектно-ориентированность: PostgreSQL является не только реляционной, но и объектно-ориентированной РСУБД.

Несмотря на очевидные достоинства, РСУБД PostgreSQL обладает некоторыми недостатками:

– производительность: в простых операциях чтения PostgreSQL может уступать своим соперникам;

– популярность: из-за своей сложности инструмент не обладает популярностью;

– хостинг: проблематично найти подходящего провайдера.

Сравнительный анализ реляционных систем управления базами данных представлен в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение реляционных систем управления базами для разработки веб-квеста

Критерий / РСУБД	MySQL	PostgreSQL	SQLite
Интерфейс	+	+	+
Безопасность	+	+	+
Простота	+	-	+
Производительность	+	-	-

В результате подробного рассмотрения достоинств и недостатков каждой РСУБД, для выполнения веб-квеста была использована РСУБД MySQL, так как представляемых ею возможностей вполне достаточно для решения поставленных задач. РСУБД MySQL позволяет создавать базы данных и изменять их содержимое в процессе разработки [6, 7].

Выбор веб-сервера как инструментального и программного средства разработки определяет эффективность использования веб-квеста.

Наиболее популярные на рынке платформы для создания web-серверов – Apache и Internet Information Services (IIS) – занимают около 70 % от всей доли интернета [6]. Многие сравнивают противостояние этих двух платформ как соперничество между Microsoft и Linux.

Apache HTTP веб-сервер – это платформа, распространяемая организацией Apache Software Foundation как открытое программное решение. ПО сервера распространяется бесплатно, и его лицензия позволяет конечному пользователю редактировать исходный код, что иногда представляется необходимым в целях портирования.

С точки зрения функциональных возможностей, Apache HTTP обладает обширным набором характеристик. Многие функции реализуются как совместимые модули, расширяющие базовый функционал. Модули аутентификации включают в себя элементы управления доступом к различным директориям сервера, пароль, установление подлинности и так далее. Многие функции, такие как SSL или TLS, также обеспечиваются модульной системой. Apache позволяет развертывание нескольких веб-ресурсов. Веб-сервер сжимает страницы, чтобы уменьшить их размер, что обеспечивает высокую скорость их загрузки. Наряду с высоким показателем безопасности, это является конкурентной чертой Apache.

Основными недостатками Apache HTTP веб-сервера являются:

– перенасыщенность функционалом: пользователь использует лишь 10-30 % от представленных возможностей;

– с точки зрения архитектуры, данный веб-сервер сформирован согласно модели «процессов»: для каждого соединения выделяется отдельный поток данных, что вызывает загрузку. Конкуренты, работающие по модели «событий», получили преимущество обработки нескольких процессов одновременно в рамках одной транзакции.

Internet Information Services (IIS) – это веб-сервер разработки компании Microsoft, занимающий второе место на рынке следом за Apache. Платформа IIS работает только с Windows и поставляется в комплекте с этой ОС. IIS официально поддерживается компанией Microsoft.

Постоянная доработка безопасности, производительности и удобства администрирования позволили увеличить долю присутствия на рынке IIS с 21 % в 2010 году до 32% в феврале 2014 года (исследование компании Netcraft).

Как и Apache, IIS использует различные расширения, необходимые в целях внедрения функциональных возможностей: таких как работа с файлами по FTP, маршрутизация с помощью ARR, использование медиа-компонентов, аудио-, видеофайлов, динамического изменения URL и так далее.

Кроме вышеуказанных преимуществ, веб-сервер IIS предлагает более высокую совместимость с программной платформой .NET Framework и ASPX, чем Apache.

Несмотря на все рассмотренные достоинства, с точки зрения производительности IIS уступает Apache ввиду архитектурной особенности и строгой работы на Windows.

Если в проекте используется Java-технология (Servlet/JSP) для создания веб-приложения, то желательно использовать Apache Tomcat.

В случае если используются технологии, отличные от Java, такие как Perl, PHP или Ruby, то наиболее оптимальным является использование Apache HTTP Server.

Таким образом, для выполнения веб-квеста был выбран веб-сервер Apache HTTP Server [5-7].

Исходя из проведенного анализа инструментальных и программных средств разработки, их сопоставления, выявления достоинств и недостатков, можно сделать вывод о том, что в целях разработки веб-квеста по компьютерной графике оптимальными средствами будут являться [5-7]:

- язык программирования PHP, так как он отвечает необходимым требованиям, в отличие от других языков;

- для выполнения веб-квеста выбрана РСУБД MySQL, так как предоставляемых ею возможностей вполне достаточно для решения поставленных задач. РСУБД MySQL позволяет создавать базы данных и изменять их содержимое в процессе разработки;

- для выполнения веб-квеста выбран веб-сервер Apache HTTP Server.

#### Литература

1. Refdb.ru // Классификация Web-ресурсов. [Электронный ресурс] URL: <https://refdb.ru/look/1856680.html> (дата обращения: 02.04.2019).

2. Web-silver.ru // Классификация веб-ресурсов. [Электронный ресурс] URL: <http://web-silver.ru/articles/other/web-resources-classification.php> (дата обращения: 03.04.2019).

3. Техническое задание на разработку Интернет-сайта. [Электронный ресурс] URL: [https://drupal.ru/files/tech\\_zd\\_www.pdf](https://drupal.ru/files/tech_zd_www.pdf) (дата обращения: 04.04.2019).

4. Студенческий научный форум – 2015 // Разработка информационного портала «Изучение иностранного языка». [Электронный ресурс] URL: <http://www.scienceforum.ru/2015/972/8083> (дата обращения: 04.04.2019).

5. Tproger // SQLite, MySQL и PostgreSQL: сравниваем популярные реляционные СУБД. [Электронный ресурс] URL: <https://tproger.ru/translations/sqlite-mysql-postgresql-comparison> (дата обращения: 16.04.2019).

6. ИТ база знаний // Apache или IIS – сравнение и преимущества. [Электронный ресурс] URL: <http://wiki.merionet.ru/servernye-resheniya/3/apache-ili-iis> (дата обращения: 16.04.2019).

7. Дронов В. PHP, MySQL и Dreamweaver MX. Разработка интерактивных Web-сайтов / В. Дронов. – М.: БХВ-Петербург, 2017. – 448 с.

8. Progopedia alpha // Энциклопедия языков программирования. [Электронный ресурс] URL: progopedia.ru (дата обращения: 12.04.2019 г.)

9. Маркин А.В. Основы web-программирования на PHP / А.В. Маркин, С.С. Шкарин. – Изд-во «Диалог-МИФИ», 2014. – 252 с.

10. Виштак Н.М. Использование технологии разметки гипертекста HTML5 для создания образовательных интернет ресурсов / Н.М. Виштак, Е.А. Фролова // В сборнике Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества. – 2016. – С. 75-76.

11. 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.

12. Виштак Н.М. Технологии разработки образовательных веб-квестов / Н.М. Виштак, Е.А. Яковлева // 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, 2018. – С. 75-80.

13. Виштак О.В. Технологии разработки образовательных web-ресурсов / О.В. Виштак, И.А. Штырова, В.И. Жирнов // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития». – Издательство: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал, 2018. – С. 162-166.

14. Ходакова Н.П. Принципы проектирования образовательных Web-квестов / Н.П. Ходакова, Н.М.Виштак, Е.А. Яковлева // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития». – Издательство: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал, 2018. – С. 76-81.

15. Михеев И.В. Обзор и выбор инструментальных средств разработки web-приложений для вузовских центров дополнительного образования / И.В. Михеев // Инновационные информационные технологии. – 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 286-291.

16. Виштак О.В. Программные средства разработки автоматизированных обучающих систем / О.В. Виштак, Д.А. Фролов, С.В. Абросимов // 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, 2017. – С. 80-85.

УДК 004.9

### **Анализ социальных интернет-сервисов**

Лукьянов Александр Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Шляхта Дмитрий Николаевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Мамедов Роман Рауфович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

*В статье произведен анализ информационных сервисов, таких как «Вконтакте» и «Одноклассники». Были выбраны критерии анализа, на основании которых проведено сравнение их назначения, функциональных возможностей, содержательного контента, выделены их особенности.*

Термин «социальная сеть» был впервые использован Джеймсом Барнсом в научной статье *Classes and Meetings in the Norwegian Island Parish* в 1954 году. Под этим понятием понимался граф, где в роли точек на схеме выступали люди, а социальные отношения между ними изображались в виде стрелок. В настоящее время данный термин подразумевает информационный сервис, реализующий функционал персональных веб-страниц, переписки в режиме реального времени, возможность хранения фото- видео- и аудио-контента, систему публикации, подбора и представления новостей, а также функционирование веб-приложений на своем домене.

Каждый день люди тратят большое количество времени в социальных сетях. Каждый находит свое развлечение, кто-то смотрит разнообразные видеозаписи, кто-то любит фотографии, а кто-то общается со своими знакомыми, друзьями. Многие

считают, что социальные сети предназначены для развлечения, но на самом деле у них есть особые предназначения.

Вот некоторые из них [6]:

- предоставление возможности удаленной коммуникации между авторизованными пользователями;
- предоставление средства для создания и управления персональной веб-страницей;
- предоставление платформы для публикации текстовых, графических и аудио материалов;
- организация средства создания и управления страницами для групп пользователей;
- предоставление платформы для размещения физическими и юридическими лицами рекламного контента;
- предоставление возможности визуальной интерактивной связи между пользователями;
- предоставление возможности персонализации отображения выводимой информации.

В рамках данной статьи будут рассмотрены два информационных сервиса, соответствующих определению «социальная сеть»: «ВКонтакте» и «Одноклассники».

«ВКонтакте» – это социальная сеть, основанная Павлом Дуровым в 2006 году, как ресурс для студентов и выпускников Российских вузов. По данным Statista на сегодняшний день это вторая по популярности платформа в русскоязычном сегменте интернета (на первом месте YouTube) [1]. Она включает в себя профили пользователей, интерфейс личных сообщений, новостную ленту и базу данных медиа информации. Этот ресурс реализован на языке программирования КРНР.

«Одноклассники» являются третьей по популярности в России и СНГ социальной сетью (по данным Statista), созданной Альбертом Попковым в 2006 году [5]. Этот ресурс реализован на языках программирования PHP, JavaScript. Сегодня он принадлежит компании Mail.Ru Group.

Рассмотрим особенности социальной сети «ВКонтакте». Выбранные социальные сети имеют схожий принцип работы, однако каждая отличается рядом своих функциональных особенностей. Функциональные особенности «ВКонтакте» следующие:

- регистрация и авторизация учетной записи пользователя;
- настройка приватности страницы пользователя;

- загрузка и просмотр графических файлов, отметка местоположения на фотографиях;
- загрузка и прослушивание аудиофайлов;
- загрузка и просмотр видеофайлов;
- поиск среди данных социальной сети, по ключевым словам;
- структурирование информации в «новостной ленте»;
- оценка записей пользователей посредством отметок «Нравится» и «Поделиться» и оставления собственного мнения путем возможности комментирования записей, а также участие в опросах;
- создание публичных страниц, сообществ для массовой рассылки определенной информации среди групп лиц;
- размещение веб-приложений на домене социальной сети «ВКонтакте»;
- хранение денежных средств в виртуальном кошельке «VK Pay»;
- языковая поддержка информационного ресурса для 50 языков;
- сохранение выбранных сообщений и записей в меню «Закладки».

Рассмотрим особенности социальной сети «Одноклассники». У данной социальной сети есть некоторые возможности, присущие и «ВКонтакте», но, как говорилось выше, отличия присутствуют:

- возможность отслеживания посещений другими пользователями страницы пользователя;
- возможность отправлять анимированные изображения («Подарки») другим пользователям;
- возможность редактировать внешний вид персональной страницы, и фотографий;
- расширение возможностей аккаунта посредством денежных вложений;
- возможность оставаться в режиме «оффлайн», оставаясь авторизованным на странице;
- регистрация и авторизация учетной записи пользователя;
- загрузка и просмотр графических файлов, отметка местоположения на фотографиях;
- загрузка и прослушивание аудиофайлов;
- загрузка и просмотр видеофайлов;
- возможность создания собственной площадки, где можно публиковать текстовые, графические и аудиоматериалы;

- возможность визуальной интерактивной связи между пользователями посредством видеозвонков;
- оценка фото-файлов с помощью баллов от «1» до «5+»;
- языковая поддержка информационного ресурса для 9 языков.

Сравнительный анализ социальных сетей по их функциональным возможностям представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ социальных сетей по их функциональным возможностям

Функции	В Контакте	Одноклассники
Фотографии	+	+
Сообщения	+	+
Стена	+	+
Видеозаписи	+	+
Аудиозаписи	+	+
Заметки	+	-
Группы	+	+
Новости	+	+
Встречи	+	-
Приложения	+	+
Документы	+	-
Статусы	+	+
Подписки	+	-
Друзья	+	+
Видео звонок	+	+
Составление опросов	+	+

Для сравнительного анализа социальных сетей были выработаны следующие критерии:

- популярность среди русскоязычной аудитории;
- программная реализация информационных ресурсов;
- удобство интерфейса и управления;
- политика микротранзакций.

Основным показателем популярности социальной сети является количество авторов контента.

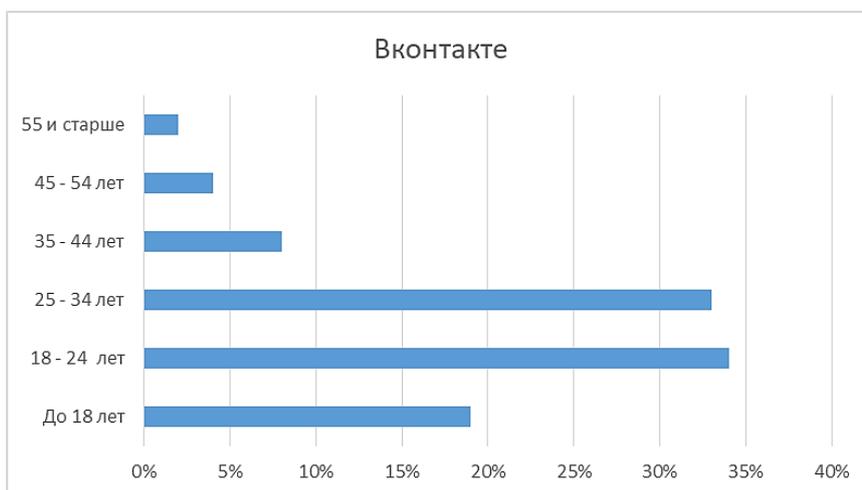
Соотношение авторов контента представлено на рис. 1 [7].



*Рис. 1. Соотношение авторов контента*

Вторым показателем является возраст аудитории социальной сети.

Статистика возраста пользователей «ВКонтакте» представлена на рис. 2 [7].



*Рис. 2. Статистика возраста пользователей «ВКонтакте»*

На рис. 3 представлена статистика пола пользователей «ВКонтакте» [7].



*Рис. 3. Статистика пола пользователей*

Статистика возраста пользователей социальной сети «Одноклассники» представлена на рис. 4 [7].

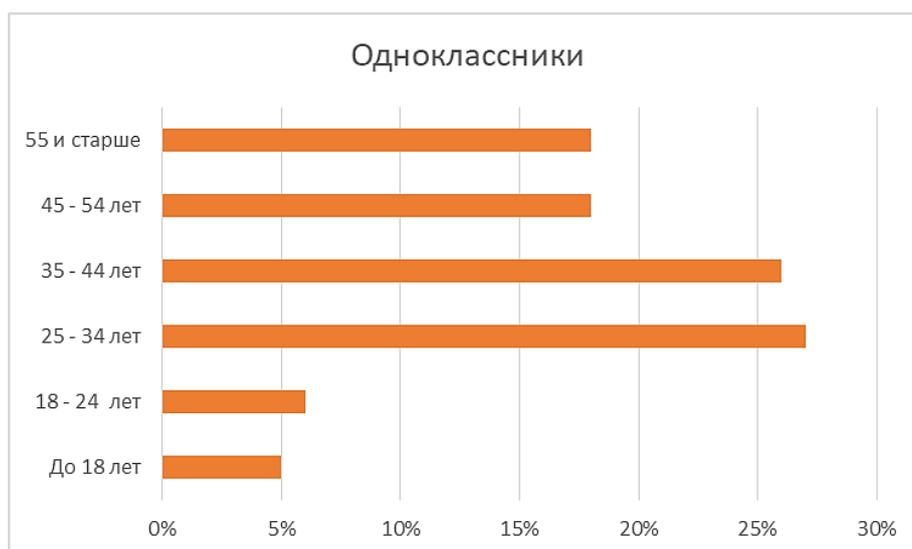


Рис. 4. Статистика возраста пользователей социальной сети «Одноклассники»

На рис. 5 представлена статистика пола пользователей социальной сети «Одноклассники» [7].



Рис. 5. Статистика пола пользователей социальной сети «Одноклассники»

Социальная сеть «ВКонтакте» написана на языке КРНР, разработанном специально для этого ресурса с учетом функционала языков РНР, и С++. Информационный ресурс имеет версии для ПК и мобильных устройств.

Ресурс «Одноклассники» реализован на языках программирования РНР, JavaScript. Данный ресурс также имеет версии для ПК и мобильных устройств.

Существует гипотеза, что идея социальной сети «ВКонтакте» изначально была скопирована с социальной сети Facebook, но при этом была существенно доработана в плане функциональности и удобства. Страница в социальной сети разделена на 3 основных блока.

В левом блоке находится достаточно понятное меню навигации, при использовании которого даже новый пользователь ресурса сможет разобраться с первых минут применения. В центральном блоке отображается основной контент страницы: «Новостная лента», «Страница пользователя», «Фотографии», «Видео», «Список аудиозаписей», «Сообществ» и т.д.

В правом блоке отображаются разделы контекстного меню. При выборе определенного раздела меню содержимое контекстного меню изменяется в зависимости от основного контента страницы. Так, например, при выборе раздела «Новостная лента» открывается настройки фильтра поступающей информации и разделы «Рекомендации», «Обновления», «Комментарии», «Поиск» и «Трансляции», также при переходе в раздел «Группы» в правом блоке открывается меню «Сообществ», а при переходе в раздел «Друзья» открываются настройки списка друзей. Так же имеется панель уведомлений, где показываются оценки и комментарии ваших постов другими пользователями ресурса.

В социальной сети «ВКонтакте» существует поиск, благодаря которому можно найти нужную информацию на данном ресурсе. Поиск ведется с помощью ключевых слов либо так называемых хештегов. В социальной сети присутствует встроенный редактор фотографий, который позволяет редактировать фотографии без сторонних приложений.

Страницу социальной сети «Одноклассники» условно можно разделить на следующие блоки:

1. главное меню, включающее в себя разворачивающиеся тематические разделы («Сообщения», «Обсуждения», «Оповещения», «Друзья», «Гости», «Поиск» и другие);
2. боковое расширенное меню, используемое для быстрой навигации по всем разделам сайта;
3. блок основного контента, динамически меняющегося в зависимости от выбранного раздела меню;
4. блок рекламных баннеров;
5. «подвал» сайта, расположенный под рекламным блоком.

Интерфейс социальной сети позволяет редактировать графическое оформление своей страницы, меняя фон и тему оформления, а также редактировать рамки фотографий пользователя. В «Одноклассниках» реализован механизм частичного редактирования фотографий («Обрезка», «Поворот»).

Рассмотрим эти социальные сети в аспекте политики микротранзакций. Микротранзакции – это бизнес-модель распространения дополнительного контента по небольшим ценам. В обеих социальных сетях ведется данная политика, но в каждой она представлена по-разному. Для начала проанализируем, что есть общего, а далее – различия.

И во «ВКонтакте», и в «Одноклассниках» за небольшое вложение пользователь имеет возможность:

- дарить «подарки» другим пользователям;
- доступ к дополнительным смайлам.

С помощью микротранзакций во «ВКонтакте» у пользователя открываются следующие возможности:

- неограниченное фоновое прослушивание музыки в мобильном приложении;
- покупка различных товаров непосредственно через социальную сеть.

У «Одноклассников» тоже есть уникальные возможности, которые можно получить путем микровложений:

- использование режима «невидимка», который позволяет быть в режиме оффлайн, даже находясь на странице.
- получение «VIP-аккаунта», позволяющего приобрести множество дополнительных инструментов.

Вложение денег в данные социальные сети является необязательным условием. Все вещи, которые получает пользователь за деньги, в основном, являются собой лишь косметические изменения, не оказывающие существенное влияние на функциональность информационного ресурса.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что социальная сеть «ВКонтакте» во многом опережает своего конкурента – «Одноклассники». Но посоветовать пользоваться каким-либо определенным коммуникативным веб-сервисом нельзя, так как они в основном оказывают пагубное воздействие на человека, а именно – отнимают очень много времени. Поэтому каждый пользователь социальной сети должен сам решать, какую сеть выбрать и сколько времени тратить на интернет-общение.

#### Литература

1. Википедия // «ВКонтакте». [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ВКонтакте> (дата обращения: 20.04.2019).

2. Википедия // «Одноклассники». [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Одноклассники\\_\(социальная\\_сеть\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Одноклассники_(социальная_сеть)) (дата обращения: 20.04.2019).

3. RUSABILITY // Аналитика социальных сетей. [Электронный ресурс] URL: <https://rusability.ru/internet-marketing/smm/analitika-rossijskih-gigantov-vkontakte-i-odnoklassniki-infografika> (дата обращения: 20.04.2019).

4. Значение социальной сети // Социальная сеть. [Электронный ресурс] (дата обращения: 20.04.2019).

5. Вебер. К.С. Сравнительный анализ социальных сетей / К.С. Вебер, А.А. Пименова // Вестник ТГУ. – Т.19. – Вып.2. – 2014. – С. 635.

6. История возникновения социальных сетей // Назначение социальных сетей. [Электронный ресурс] URL: <https://sites.google.com/site/ispolzovaniesocialnyhsetej/1-istoria-vozniknovenia-socialnyh-setej/1-1-naznachenie-socialnyh-setej> (дата обращения: 20.04.2019).

7. Brand Analytics // Популярность социальных сетей. URL: <https://br-analytics.ru/blog/socseti-v-rossii-osen-2018> (дата обращения: 20.04.2019).

УДК 371.6

**Возможности мультимедийных средств обучения  
в практике дополнительного образования**

Мануйлова Екатерина Игоревна, студент направления  
«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»

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

*В настоящее время проблема свободного времени школьников выходит за рамки традиционного обучения. В большей степени решением этой проблемы занимается система дополнительного образования.*

Дополнительное образование – это образование, которое школьники выбирают сами, с учетом своих интересов и творческих потребностей. Центры дополнительного образования функционируют с учетом формальных требований, которые

предъявляются к такого рода учреждениям, но направления обучения, включая дополнительные образовательные программы, преподавателями выбираются и разрабатываются самостоятельно и творчески, ориентируясь на интересы школьников и на индивидуальный подход к каждому ребенку [1-2].

Благодаря развитию информационных технологий и техническому совершенствованию компьютерной техники, возникают ситуации, когда родители осознают, что дети оказываются намного компетентнее их в вопросах освоения компьютерной техники. Но их интересы направлены на компьютерные игры, общение в социальных сетях, то есть компьютер используется как средство для игр и общения. Поэтому появилась очень серьезная проблема: как изменить такой «игровой» подход и подход «просто общение в социальных сетях» на подход творческого освоения современных компьютерных программ для создания самостоятельных компьютерных проектов и целенаправленное развитие информационной компетенции школьников. Соответственно, именно вузовский центр дополнительного образования компьютерным технологиям становится центром обучения детей, в котором каждый школьник имеет возможность выбрать дополнительную образовательную программу по тому направлению информатики, которое его интересует: программирование, компьютерная графика, интернет-программирование и другие [1-2, 8].

Обучение в таком центре должно быть построено таким образом, чтобы увлечь обучаемых, заинтересовать их. Поэтому преподаватели должны в учебном процессе максимально использовать активные методы обучения и инновационные средства обучения: различные видеоматериалы, записанные из эфира, мультимедийные средства, интерактивные презентации, электронные учебники, мультимедийные справочники, энциклопедии и словари для реализации учебно-коммуникативных возможностей в обучении, развития интереса к новым знаниям в области ИТ-технологий [5-7, 9-10].

Мультимедийные технологии рассматриваем как совокупность программно-аппаратных средств, реализующих обработку информации в звуковом и зрительном форматах. Графика, анимация, фото, видео, звук, текст в интерактивном режиме создают интегрированную информационную среду, в которой пользователь обретает качественно новые возможности [2-5, 7].

Сочетание комментариев педагога с видеоинформацией или анимацией значительно активизирует внимание детей к содержанию излагаемого материала и повышает интерес. Обучение становится занимательным и эмоциональным. При этом существенно изменяется роль педагога в учебном процессе, так как эффективнее

используется время занятия, сосредотачивается внимание на обсуждении наиболее сложных и важных фрагментов материала.

Применением мультимедийных средств обучения способствует активизации эмоционального воздействия занятия, что предопределено следующим [5, 8]:

- обучение проводится с наглядным представлением информации в цвете (психологами доказано, что запоминаемость цветной фотографии почти в два раза выше по сравнению с черно-белой); использование анимации эффективно привлекает внимание и стимулирует эмоциональное восприятие информации;
- наглядное представление информации в виде смоделированных процессов оказывает более сильное эмоциональное воздействие на человека, чем традиционное, поскольку оно способствует улучшению понимания и запоминания явлений, действий, процессов, демонстрируемых на экране.

Мультимедийные обучающие программы ни в коем случае не заменят преподавателя. Высокое качество мультимедийных средств обучения является хорошим дополнением к учебному курсу. Это очень перспективное средство обучения, которое задействует зрительную память и опирается на ассоциативное мышление и обеспечивает [5, 7, 8]:

- лучшее и более глубокое понимание изучаемого материала;
- мотивацию обучаемого на изучение нового учебного материала;
- увеличение объема выполненной работы;
- появление интереса к предмету познания;
- сохранение полученных знаний в памяти на более долгий срок;
- быстрое восстановление для применения на практике после краткого повторения.

Таким образом, мультимедийное средство обучения можно рассматривать как интеграцию определенной предметной области и собственно компьютерных технологий, разработанных на основании следующих принципов [4-5, 7]:

- представление информации с помощью комбинации множества воспринимаемых человеком сред;
- наличие нескольких сюжетных линий в содержании продукта, в том числе и выстраиваемых самим пользователем на основе «свободного поиска» в рамках предложенной в содержании продукта информации;
- художественный дизайн интерфейса и средств навигации.

Мультимедийные обучающие средства в практике дополнительного образования способствуют повышению эффективности учебного процесса в центрах дополнительного образования.

#### Литература

1. Ходакова Н.П. Воспитание социально активной личности обучающегося в условиях дополнительного образования средствами IT-технологий / Н.П. Ходакова, Н.М. Виштак // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2017. – № 6. – С. 4-7.
2. Виштак О.В. Особенности формирования информационно-методического сопровождения дополнительного образования / О.В. Виштак // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – 2013. – № 2 (22). – С. 100-102.
3. Виштак Н.М. Особенности подготовки презентационных материалов для слушателей детской компьютерной школы / Н.М. Виштак, Е.А. Яковлева // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». Ответственный редактор: Г.М. Садчикова. – 2016. – С. 93-95.
4. Новиков С.П. Применение новых информационных технологий в образовательном процессе / С.П. Новиков // Педагогика. – 2015. – № 9. – С. 32-38.
5. Смолянинова О. Мультимедиа для ученика и учителя / О. Смолянинова // Информатика и образование. – 2014. – № 2. – С. 48-54.
6. Андреев А.А. Введение в Интернет-образование: учеб. пособие / А.А. Андреев. – М.: Логос, 2013. – 73 с.
7. Андресен Бент. Б. Мультимедиа в образовании: специализированный учеб. курс: [пер. с англ.] / Бент. Б. Андерсен, Катя Ван Ден Бринк. – 2-е изд.; испр. и доп. – М.: Дрофа, 2014. – 221 с.
8. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пособие для высших педагогических учебных заведений / И.Г. Захарова. – М.: Академия, 2014. – 188 с.
9. Виштак Н.М. Применение мультимедийных средств обучения в вузовской практике реализации программ дополнительного образования // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2014. – Т. 20. – С. 4826-4830.
10. Антонова А.В. Информационные технологии как базовый компонент инноваций в образовании / А.В. Антонова, Н.М. Виштак // Преподаватель XXI век. – 2010. – Т. 1. – № 3. – С. 22-25.

### **Решение производственной задачи с использованием компьютерных технологий**

Наранович Оксана Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры  
«Информационные технологии и физико-математические дисциплины»

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
г. Барановичи, Республика Беларусь

*Предложен алгоритм решения производственной задачи, обоснован выбор метода и средств решения, показаны возможности оптимизации исходных данных с целью получения наилучшего результата.*

Активное использование компьютерных информационных технологий при решении задач позволяет студентам успешно создавать математические и компьютерные модели производственных процессов. Для решения подобных задач широко используют специализированные и интегрированные компьютерные пакеты (MathCad, MatLab, MS Excel и др.) в рамках курсового и дипломного проектирования. Получаемые численные результаты решения задач, как правило, требуют проверки точности решения и адекватности модели, ее устойчивости к изменению входных параметров [2].

Проблема выбора рационального решения возникает во многих областях человеческой деятельности, где из множества имеющихся альтернатив нужно выбрать, в каком-то смысле, наилучшую [4].

Цель данной статьи – продемонстрировать решение производственной задачи о реализации остатков сырья на предприятии, с целью получения наибольшей прибыли.

Для достижения сформулированной цели необходимо выполнить следующие задачи: построить математическую модель; обосновать выбор метода решения задачи; провести анализ модели с учетом уменьшения (увеличения) запасов сырья, а также с изменением прибыли от реализации каждого вида продукции при увеличении (уменьшении) его стоимости.

Постановка задачи. Предприятие должно закрыться на реконструкцию, поэтому необходимо реализовать оставшиеся запасы сырья ( $C_i$ ), получив максимальную прибыль. Запасы и расход сырья для производства единицы продукции ( $P_i$ ) каждого вида, а также получаемая при этом прибыль (в рублях) представлены в табл. 1.

## Исходные данные

Вид сырья	Удельный расход на продукцию, кг					Запас сырья, кг
	П1	П2	П3	П4	П5	
С1	0,8	0,5	1	2	1,1	1411
С2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	149
С3	0,3	0,4	0,6	1,3	0,05	815,5
С4	0,2	0,3	0,3	0,7	0,5	466
С5	0,7	0,1	0,9	1,5	0	1080
Прибыль	1	0,7	1	2	0,6	

Необходимо рассчитать какое количество каждого вида продукции надо произвести, чтобы максимизировать прибыль предприятия от реализации. Как изменилось бы распределение видов продукции и прибыль, если бы к моменту закрытия предприятия [3]:

- а) запас сырья каждого вида (по отдельности) увеличился (уменьшился) на 10 %;
- б) прибыль от реализации каждого вида продукции увеличилась (уменьшилась) на 15 %.

Построение математической модели. Математическое моделирование представляет собой описание моделируемого объекта с помощью набора математических формул. Язык математического описания содержит следующие основные группы семантических элементов: критерий (критерии), неизвестные, данные, математические операции, ограничения. Для построения моделей используют аппарат математического программирования, корреляционного, регрессионного анализа. Модель можно подвергнуть анализу, а далее решить задачу математическими или компьютерными средствами. Так, если используется аппарат математического программирования, то модель, как правило, состоит из целевой функции и системы ограничений, накладываемых на переменные. Целевая функция отображает ту характеристику объекта (системы), которую требуется вычислить или оптимизировать. Переменные выражают технические характеристики объекта (системы), в том числе варьируемые, ограничения – их допустимые предельные значения [1].

Для построения математической модели введем переменные и обозначения. Ограничения с учетом всех видов сырья  $C_i$  представим в форме неравенств:

$$\sum_{i=1}^5 P_i x_i \leq C_i \quad (1)$$

где  $x_i$  – количество продукции определенного вида,  $P_i$  – удельный расход на продукцию.

Целевая функция отражает максимальную прибыль при реализации произведенной продукции:

$$F(x) = 1x_1 + 0,7x_2 + 1x_3 + 2x_4 + 0,6x_5 \rightarrow \max. \quad (2)$$

Так как известен запас каждого вида сырья (таблица 1), получаем следующие ограничения:

$$\begin{cases} 0,8x_1 + 0,5x_2 + 1x_3 + 2x_4 + 1,1x_5 \leq 1411; \\ 0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,1x_3 + 0,1x_4 + 0,2x_5 \leq 149; \\ 0,3x_1 + 0,4x_2 + 0,6x_3 + 1,3x_4 + 0,05x_5 \leq 815,5; \\ 0,2x_1 + 0,3x_2 + 0,3x_3 + 0,7x_4 + 0,5x_5 \leq 466; \\ 0,7x_1 + 0,1x_2 + 0,9x_3 + 1,5x_4 \leq 1080; \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \end{cases} \quad (3)$$

В решаемой задаче выражения целевой функции и ограничений представлены линейными зависимостями. Следовательно, получаем задачу линейного программирования, которая содержит пять переменных, поэтому для ее решения выберем симплекс-метод.

На рис. 1 представлено решение в среде MS Excel, полученное средствами надстройки «Поиск решения» симплекс-методом.

	A	B	C	D	E	F
1		454,4833	58,78183	0	503,989	9,131303
2	Переменные	x1	x2	x3	x4	x5
3						
4	Целевая ф-ия	1509,087	->	max		
5						
6		1411	<=	1411		
7		149	<=	149		
8	Ограничения	815,5	<=	815,5		
9		465,8892	<=	466		
10		1080	<=	1080		

Рис. 1. Решение задачи средствами MS Excel

Особый интерес у студентов при решении производственных задач вызывает исследовательская часть. Например, если бы к моменту закрытия предприятия запас сырья каждого вида увеличился на 10 %, то ограничения имели бы следующий вид:

$$\begin{cases} 0,8x_1 + 0,5x_2 + 1x_3 + 2x_4 + 1,1x_5 \leq 1552,1; \\ 0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,1x_3 + 0,1x_4 + 0,2x_5 \leq 163,9; \\ 0,3x_1 + 0,4x_2 + 0,6x_3 + 1,3x_4 + 0,05x_5 \leq 897,05; \\ 0,2x_1 + 0,3x_2 + 0,3x_3 + 0,7x_4 + 0,5x_5 \leq 512,6; \\ 0,7x_1 + 0,1x_2 + 0,9x_3 + 1,5x_4 \leq 1188; \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

При уменьшении запасов сырья каждого вида на 10 % ограничения принимают

ВИД:

$$\begin{cases} 0,8x_1 + 0,5x_2 + 1x_3 + 2x_4 + 1,1x_5 \leq 1269,9; \\ 0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,1x_3 + 0,1x_4 + 0,2x_5 \leq 134,1; \\ 0,3x_1 + 0,4x_2 + 0,6x_3 + 1,3x_4 + 0,05x_5 \leq 733,95; \\ 0,2x_1 + 0,3x_2 + 0,3x_3 + 0,7x_4 + 0,5x_5 \leq 419,4; \\ 0,7x_1 + 0,1x_2 + 0,9x_3 + 1,5x_4 \leq 972; \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

Целевая функция остается неизменной.

Решение задачи средствами MS Excel при условии увеличения запасов сырья на 10 % и уменьшении на 10 % представлено на рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G
1		499,9316	64,66001	0	554,3879	10,04443	
2	Переменные	x1	x2	x3	x4	x5	
3							
4	Целевая ф-ия	1659,996	->	max			запас сырья +10
5							

a

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		409,0349	52,90364	0	453,5901	8,218173		
2	Переменные	x1	x2	x3	x4	x5		
3								
4	Целевая ф-ия	1358,179	->	max				запас сырья -10
5								

б

Рис. 2. Решение задачи при условии:

a – увеличение запасов сырья на 10 %; б – уменьшение запасов сырья на 10 % в MS Excel

Как видно из представленного на рис.2 решения, увеличение либо уменьшение запасов сырья приведет к изменению выпуска продукции и получения прибыли также на 10 % соответственно.

Если бы к моменту закрытия предприятия прибыль от реализации каждого вида продукции увеличилась на 15 %, то ограничения имели бы первоначальный вид, при этом целевая функция выглядела бы так:

$$F(x) = (1 + 0,15)x_1 + (0,7 + 0,7 * 0,15)x_2 + (1 + 0,15)x_3 + (2 + 2 * 0,15)x_4 + (0,6 + 0,6 * 0,15)x_5 \rightarrow \max; \quad (6)$$

Решение задачи при условии увеличения прибыли на 15 % дает результат целевой функции равный 1735,45, а при условии уменьшения прибыли на 15 % результат целевой функции составил 1282,72.

Проведем анализ базовой аналитической модели на чувствительность.

Устойчивость показывает, насколько чувствительно решение к изменениям коэффициентов в целевой функции или правых частей ограничений. Отчет об устойчивости определяет чувствительность полученного плана решения до изменений начальных данных и позволяет спланировать дальнейшие действия с целью улучшения результатов. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел.

Отчет об устойчивости по решаемой задаче представлен на рис. 3.

Ячейки переменных

Ячейка	Имя	Окончательное Значение	Приведенн. Стоимость	Целевая функция Коэффициент	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$B\$3	x1	454,4832751	0	1	0,052298851	0,189300412
\$C\$3	x2	58,78182726	0	0,7	0,043961353	0,345733788
\$D\$3	x3	0	-0,108736895	1	0,108736895	1E+30
\$E\$3	x4	503,9890165	0	2	0,956405354	0,095789474
\$F\$3	x5	9,131303045	0	0,6	0,403508772	0,039565217

Ограничения

Ячейка	Имя	Окончательное Значение	Тень Цена	Ограничение Правая сторона	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$B\$10	C5 Ограничения расхода сырья	1080	0,229655517	1080	16,04385965	0,318051576
\$B\$6	C1 Ограничения расхода сырья	1411	0,045431852	1411	0,262411348	7,952173913
\$B\$7	C2 Ограничения расхода сырья	149	2,497254119	149	1,042253521	11,86895161
\$B\$8	C3 Ограничения расхода сырья	815,5	1,011482776	815,5	0,392226148	20,09215017
\$B\$9	C4 Ограничения расхода сырья	465,8891663	0	466	1E+30	0,110833749

Рис. 3. Отчет об устойчивости

В столбце «Окончательное значение» содержится оптимальный план задачи для максимизации прибыли на предприятии, «Допустимое увеличение» и «Допустимое уменьшение» показывают границы изменений значений коэффициентов целевой функции, при условии, что оптимальный план не изменится [2].

Столбец ограничений «Окончательное значение» содержит в себе количество использованных ресурсов. В столбце «Теневая цена» определенное значение указывает на «ценность» ресурса в сравнении с другими ресурсами, а также данный показатель указывает, как изменится оптимальное значение целевой функции при изменении запасов ресурсов на одну единицу. Например, если увеличить расход сырья C5 на 10 единиц, то прибыль увеличится на  $10 \cdot 0,229 = 2,29$ .

Таким образом, в ходе проделанной работы:

- составлены математические модели для основной задачи и задач с дополнительным условием;
- проведены расчеты в Microsoft Excel с помощью надстройки «Поиск решения»;
- произведен анализ базовой аналитической модели на чувствительность, позволяющий установить пределы изменения исходных данных без значительного изменения целевой функции, а также возможности ее оптимизации.

## Литература

1. Электронная библиотека // Аналитические, алгоритмические и имитационные модели. [Электронный ресурс] URL: <http://libraryno.ru/2-3-2-analiticheskie-algoritmicheskie-i-imitacionnye-modeli-matmodosipkina> (дата обращения: 17.04.2019).
2. Наранович О.И. Анализ модели на чувствительность при решении производственной задачи / О.И. Наранович [и др.] // Материалы V Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество». – Барановичи: РИО БарГУ, 2018. – С. 16-19.
3. Орлова И.В. Экономико-математическое моделирование: практ. пособие по решению задач / И.В. Орлова. – М.: Вузовский учебник, 2004. – 144 с.
4. Подбор параметров для решения и анализа оптимизационных задач / О.Д. Кравчук [и др.] // Инновационные подходы в решении проблем современного общества: монография / под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. – Гл. 16. – С. 203-215.

УДК 004

### **Обзор и выбор инструментальной среды разработки для создания Интернет-представительства**

Паршин Герман Константинович, студент направления  
«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»

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

*С развитием глобальной сети веб-разработка становится все более востребованным видом деятельности. Для повышения скорости разработки веб-приложений необходимо использовать удобную и мощную среду разработки с нужным набором функциональных возможностей. От выбора среды разработки зависит не только скорость написания приложений, но также и стоимость разработки.*

В настоящее время существует множество приложений для работы с программным кодом. Одной из главных составляющих разработки любого

программного продукта является выбор правильной среды разработки, который зависит как от платформы, так и от уровня квалификации разработчика [7-9].

Правильный выбор среды разработки помогает ускорить процесс создания проекта в несколько раз. Выбор среды осуществляется в зависимости от множества факторов. Важнейшими из них считаются стоимость лицензии на использование, язык программирования, наличие необходимого функционала, наличие необходимых вычислительных ресурсов на рабочей машине разработчика.

Реализация интернет-представительств, как правило, осуществляется на основе языков программирования PHP и JavaScript, так как именно эти языковые средства на данный момент являются самыми популярными. Рассмотрим основные среды программирования, поддерживающие разработку на данных языках, и проанализируем их преимущества и недостатки. Объектами рассмотрения являются интегрированные среды разработки и продвинутые текстовые редакторы для разработки.

Преимущества продвинутых текстовых редакторов над интегрированными средами разработки заключаются в следующем:

- текстовые редакторы имеют лучшую поддержку языков программирования, нежели интегрированные среды разработки;
- в большинстве случаев каждая IDE идеально оптимизирована только под один или несколько языков программирования;
- эргономика, скорость работы и отзывчивость интегрированных сред разработки значительно меньше, чем у текстовых редакторов;
- поддержка текстовых редакторов большого числа горячих клавиш и помощи в исправлении кода без использования компьютерной мыши;
- текстовые редакторы могут быть запущены долгое время и не потреблять большое количество вычислительных ресурсов компьютера даже при наличии большого количества открытых для редактирования файлов проекта;
- текстовые редакторы имеют огромные возможности по обработке текста: многострочное редактирование, редактирование прямоугольных областей, макросы, передача кусков выделенного текста на обработку внешним утилитам и так далее [1].

Рассмотрим наиболее популярные текстовые редакторы. Текстовый редактор Atom был разработан программистами веб-сервиса Github и предоставляется пользователям с открытым исходным кодом. Данный программный продукт является полностью бесплатным. Ключевым достоинством редактора Atom являются огромные возможности по настройке интерфейса. Пример интерфейса программы представлен на рис. 1.

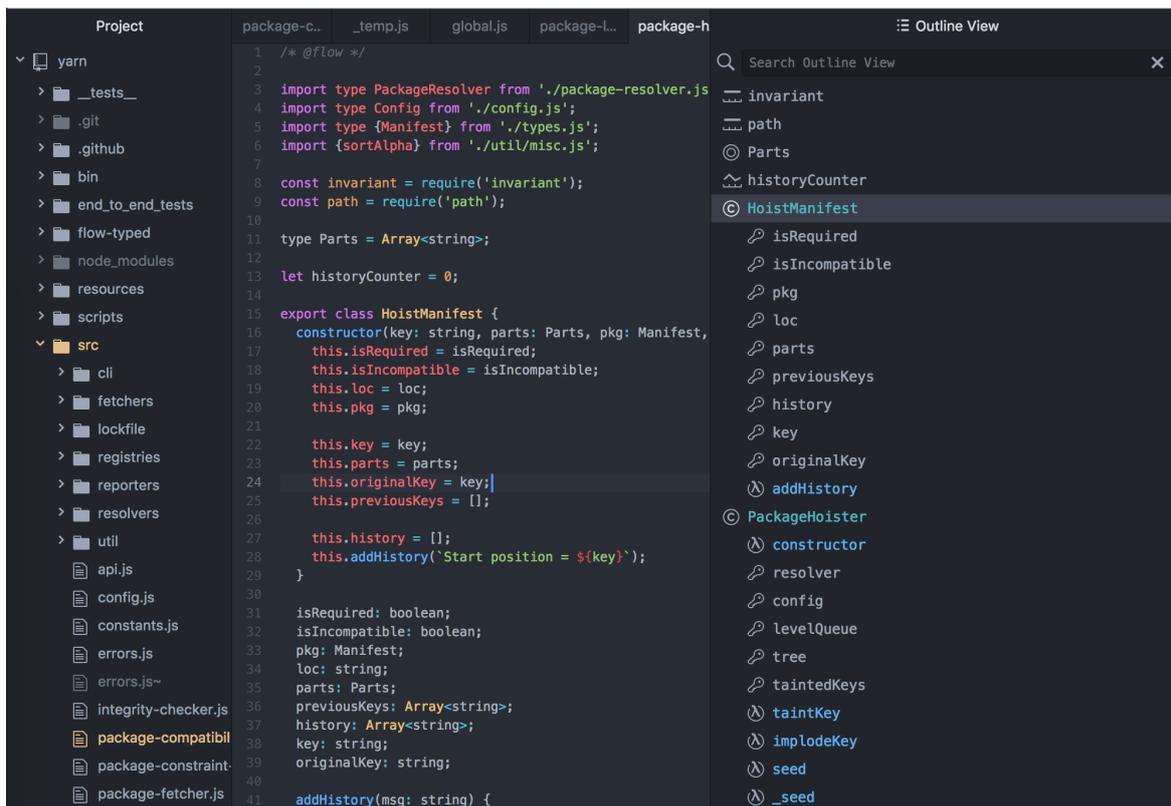


Рис. 1. Текстовый редактор Atom

Atom имеет встроенные файл-менеджеры, модули поиска и замену кода, а также возможность загрузки сторонних цветовых тем. Стоит отдельно отметить, что в данной среде реализованы возможности добавления собственных функций для редактирования CSS, HTML, JavaScript и возможность запустить веб-сервер прямо из приложения. Из недостатков стоит отметить, что данная среда для работы требует сравнительно большие вычислительные ресурсы, несмотря на реализацию только преимущественно базовых функций. К основным возможностям среды Atom можно отнести [2]:

- интеллектуальное автодополнение кода;
- встроенный файл-менеджер;
- расширенная настройка интерфейса;
- функции поиска кода внутри проекта.

Один из самых распространенных текстовых редакторов для разработки веб-приложений – Sublime Text, интерфейс которого представлен на рис. 2. Его ключевым достоинством является скорость работы. Данная среда не требует значительных ресурсов компьютера. Стоит отметить, что для Sublime Text создано большое количество плагинов, которые заметно расширяют его базовый функционал и не замедляют скорость его работы. Стоимость лицензии на использования данного программного пакета стоит 80\$. К основным возможностям Sublime Text относятся [3]:

- подсвечивание синтаксиса необходимых языков программирования;
- интеллектуальное автодополнение кода;
- структурирование кода на блоки;
- гибкая настройка интерфейса;
- модуль поиска и автозамены кода внутри проекта;
- множественное выделение слов.

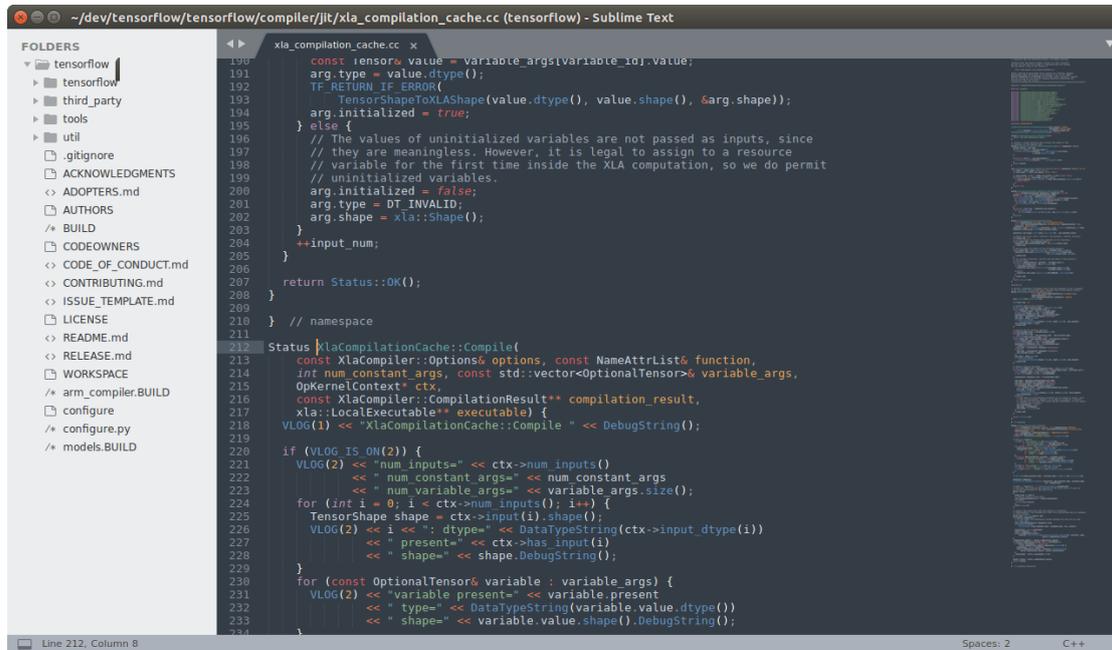


Рис. 2. Текстовый редактор Sublime Text 3

Преимущества интегрированных сред разработки над текстовыми редакторами заключаются в следующем:

- интеллектуальный модуль поиска по коду путем индексации текста проекта, что ускоряет данный процесс в несколько десятков раз, даже если фрагменты кода находятся в разных файлах проекта;
- ускоренный процесс разработки при помощи инициализации интегрированных сред разработки проекта как единого целого, а не файлов проекта в отдельности, как в текстовых редакторах;
- подсветка синтаксических ошибок между несколькими файлами проекта;
- продвинутое автодополнение текста, попутно выводящее информацию о структуре вызываемых функций.

Одна из самых популярных интегрированных сред разработки NetBeans от компании Oracle предназначена для разработки мобильных и настольных приложений. Интерфейс программы представлен на рис. 3.

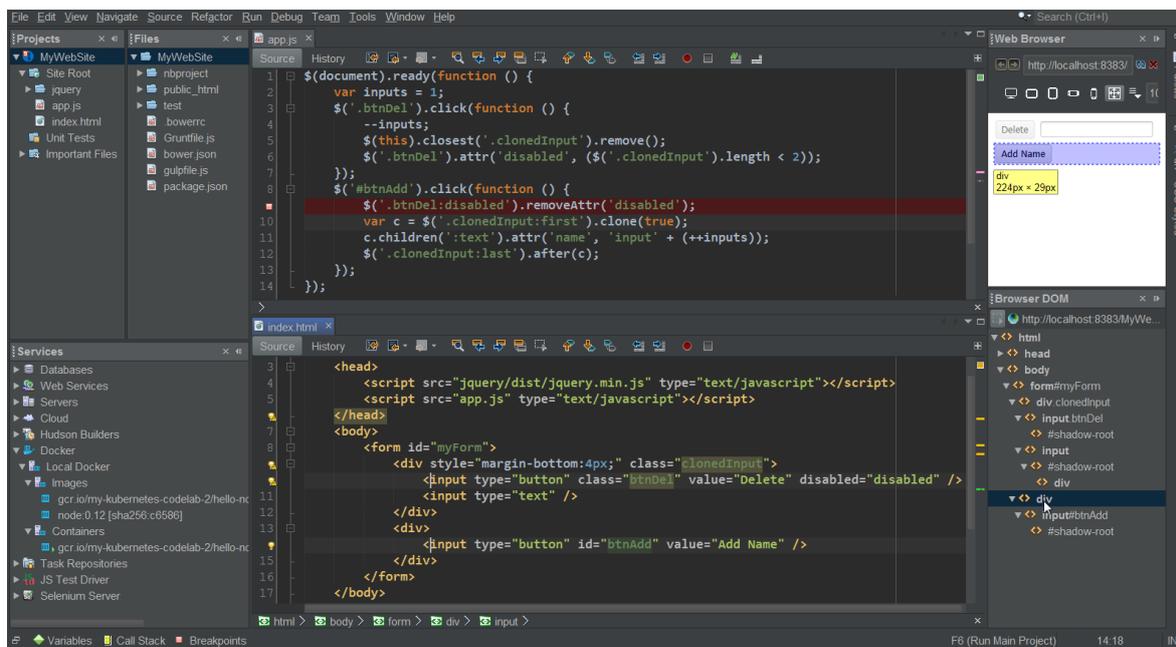


Рис. 3. Интегрированная среда разработки NetBeans

Данная среда является полностью бесплатной. Основное приоритетное направление развития NetBeans заключается в максимальной оптимизации разработки приложений на языке программирования Java, однако имеется поддержка и многих других языков программирования, а также инструменты для веб-разработки. Среди преимуществ данной среды можно отметить:

- модуль подсветки синтаксических и семантических ошибок кода;
- инструменты для обработки текста проекта;
- наличие различных интеллектуальных сервисов – сниппеты, подсказки и генератора фрагментов кода [4].

Ключевыми недостатками NetBeans является отсутствие обширного функционала, в сравнении с другими интегрированными средами, и завышенные требования к производительности компьютера для нормальной работы в среде.

Семейство интегрированных сред разработки от компании JetBrains имеет в своей линейке программные средства для разработки приложений на большинстве популярных языков программирования. Ранее было отмечено, что на современном этапе развития технологий интернет-представительства разрабатываются на основе языка разметки HTML, каскадных таблиц стилей CSS, языков программирования JavaScript и PHP. В связи с этим рассмотрим программные среды разработки PhpStorm и WebStorm, интерфейсы которых представлены на рис. 4.

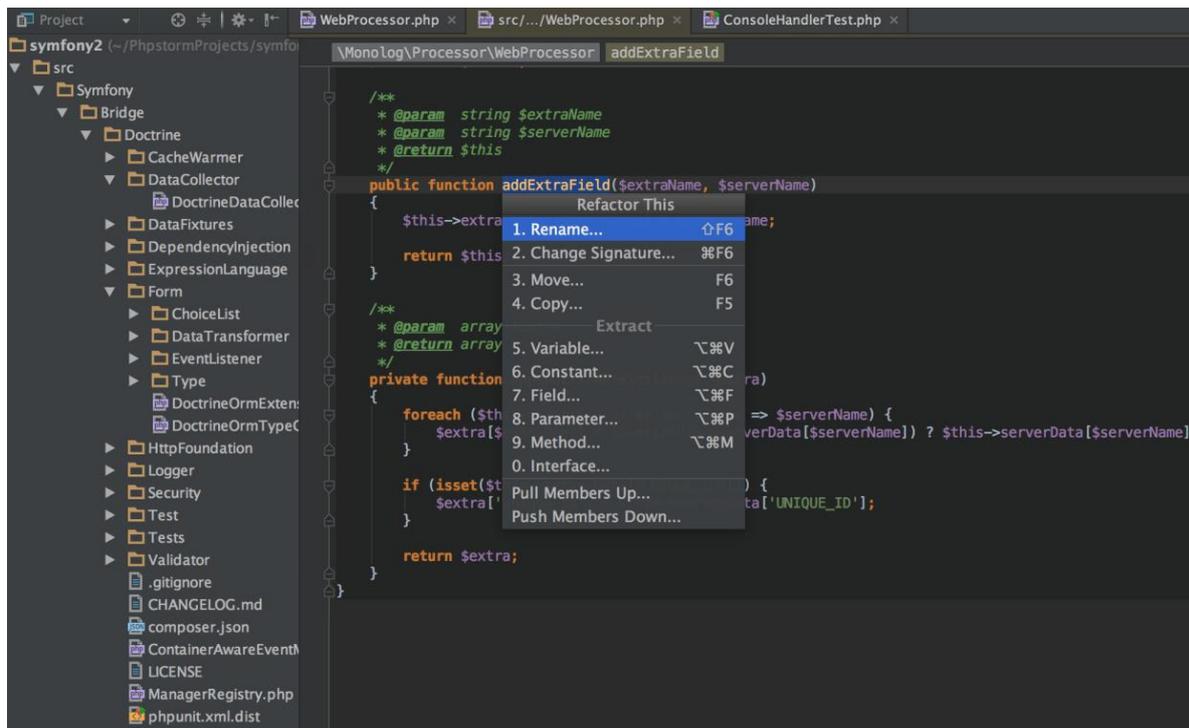


Рис. 4. Интегрированная среда разработки JetBrains PhpStorm

Преимущества рассматриваемых сред разработки заключается в мощности и специализации на конкретные языки программирования. Каждая из представленных сред имеет следующий набор функциональных возможностей [5]:

- интеллектуальная подсветка, автодополнение, анализ и рефакторинг программного кода;
- отслеживание синтаксических и семантических ошибок с помощью мощнейших встроенных инструментов;
- продвинутые инструменты для отладки и интеграции с различными системами управления версиями.

К недостаткам использования данных IDE можно отнести разграничение нужного функционала на две среды, что значительно замедляет разработку веб-приложений, завышенные минимальные системные требования для работы в приложениях данной компании, а также стоимость лицензии на использование данного ПО. IDE стоимость лицензии на год программного продукта JetBrains WebStorm составляет 129 \$, IDE JetBrains PhpStorm – 199 \$.

В настоящее время все большее количество настольных приложений работают на основе использования облачных технологий. Хранение данных и организация работы в интегрированной среде разработки Cloud9 осуществляется на основе облачных хранилищ. Такой подход использования облачных технологий в Cloud9

привлекает к работе в данном программном продукте все большее число веб-разработчиков. Интерфейс программы представлен на рис. 5.

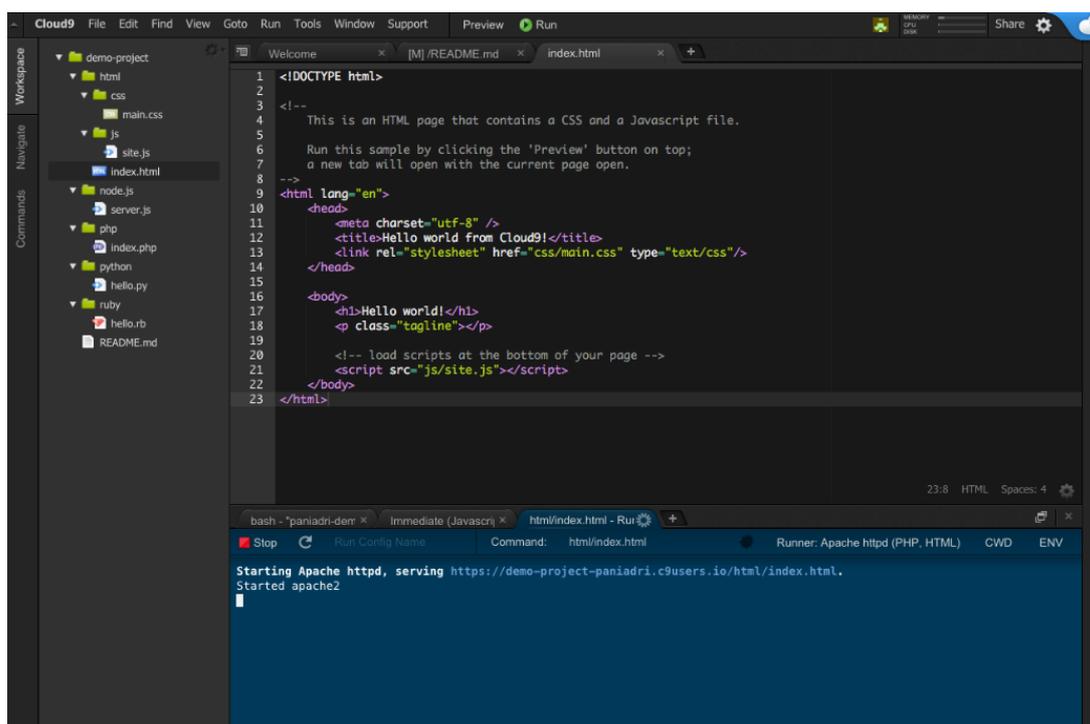


Рис. 5. Интегрированная облачная среда разработки Cloud9

Помимо базовых функциональных возможностей, которыми должна обладать любая IDE – подсветка ошибок в коде, интеллектуальный поиск, инструменты для отладки проектов, данная среда обладает другими полезными инструментами, такими как редактор изображений и историей файловых изменений [6].

Также стоит отметить, что данная среда программирования предоставляется с открытым исходным кодом в открытом доступе. В данном программном продукте есть возможность работать на бесплатной основе, только если работа в данной среде и требования соответствуют уровню бесплатного использования, установленным компанией-разработчиком AWS. Если среда AWS Cloud9 задействует ресурсы за пределами уровня бесплатного пользования, они оплачиваются по стандартным тарифам AWS. Также стоит отметить, что с пользователей взимается плата за использование места в облачном хранилище. Стандартный тариф для использования данной условно-бесплатной среды разработки установлен в размере 19 \$ в месяц.

Среди отзывов о работе в данной среде часто встречаются указания о проблемах в работе интерфейса среды и проблемы запуска среды. Подобные отзывы в интернет-сети оставили большое число пользователей, поэтому данная проблема является ключевым недостатком Cloud9.

На основе вышеизложенных фактов обо всех рассмотренных средах разработки для реализации веб-приложения, составим таблицу преимуществ и недостатков данных программных средств. Каждый фактор выбора оценивается по 10-бальной шкале. 1 – очень плохо, 10 – отлично.

Таблица 1

Сравнение сред разработки для реализации веб-приложения

Факторы выбора	Название среды разработки				
	Github Atom	John Skinner – Sublime Text 3	Oracle NetBeans	JetBrains PhpStorm / WebStorm	AWS Cloud 9
1	2	3	4	5	6
Скорость работы ПО	8	10	5	3	6
Стоимость ПО	10	3	10	1	4
Настройка интерфейса	10	10	6	6	6
Встроенные модули обработки кода	6	8	10	10	10
Инструменты для быстрого написания кода	10	10	6	6	6
Специализация на веб-разработке	10	10	5	10	10
Возможность расширения функционала	7	10	4	8	1
Наличие других инструментов, влияющих на скорость разработки	1	1	7	10	9
ИТОГО:	62	62	53	54	52

На основе рассмотренных выше преимуществ и недостатков, для разработки интернет-представительства рекомендуется использовать программный продукт Sublime Text 3. Ключевыми факторами выбора данного программного продукта являются:

- наличие функциональных возможностей ПО и возможности их расширения;
- быстродействие программного продукта;
- стоимость программного продукта;
- уровень квалификации разработчика.

В заключение стоит отметить, что интегрированные среды разработки имеют преимущества в виде огромного набора избыточных функциональных возможностей

над текстовыми редакторами, которые в рамках реализации интернет-представительства использовать не рекомендуется.

#### Литература

1. Habr // IDE или текстовый редактор. [Электронный ресурс] URL: <https://tyvik.ru/posts/ide-vs-editor> (дата обращения: 16.04.2019).

2. Медиа Дома // Atom обзор, сравнение с Sublime, Visual Studio Code, Vim. [Электронный ресурс] URL: <https://mediadoma.com/atom-obzor-sravnenie-s-sublime-visual-studio-code-vim> (дата обращения: 16.04.2019).

3. Litl-Admin.ru // Обзор текстового редактора Sublime. Text 3. [Электронный ресурс] URL: <https://litl-admin.ru/obzory/obzor-tekstovogo-redaktora-sublime-text-3.html> (дата обращения: 16.04.2019).

4. Proglib // Кодить с комфортом: 16 лучших сред для веб-разработки. [Электронный ресурс] URL: <https://proglib.io/p/webdev-editors> (дата обращения: 16.04.2019).

5. Loftblog // Топ-12 лучших редакторов кода и IDE – Sublime text, Atom, Visual Studio Code, Brackets, WebStorm, caret, Zed и др. [Электронный ресурс] URL: <https://loftblog.ru/broadcast/1-luchshie-redaktory-koda-i-ide-sublime-text-atom-visual-studio-code-brackets-webstorm-caret-zed> (дата обращения: 16.04.2019).

6. Habr // Облачные IDE для веб-программистов. [Электронный ресурс] URL: [https://habr.com/ru/company/mr\\_gefest/blog/247147](https://habr.com/ru/company/mr_gefest/blog/247147) (дата обращения: 16.04.2019).

7. Виштак О.В. Анализ средств разработки образовательных интернет-ресурсов / О.В. Виштак, М.В. Фролов // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». Отв. ред.: Г.М. Садчикова. – 2016. – С. 88-89.

8. Виштак О.В. Технологии разработки образовательных web-ресурсов / Развивающий потенциал образовательных Web-технологий / О.В. Виштак, И.А. Штырова, В.И. Жирнов // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции. Науч. ред. С.В. Менькова, С.В. Миронова, отв. ред. С.В. Напалков; Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2018. – С. 162-166.

9. Михеев И.В. Обзор и выбор инструментальных средств разработки web-приложений для вузовских центров дополнительного образования / И.В. Михеев. – Инновационные информационные технологии. – 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 286-291.

**Информационная поддержка деятельности центра  
дополнительного образования**

Петченко Владимир Петрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, декан факультета  
повышения квалификации и профессиональной переподготовки, профессор кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

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

*В статье рассмотрена значимость и основные особенности деятельности центров дополнительного образования при высших учебных заведениях. Проведен анализ данных, которые необходимы для реализации дополнительных образовательных программ, рассмотрены проблемы обработки массивов данных. Приведены аспекты решения проблем обработки данных. Определены критерии и основные требования для разработки автоматизированной системы.*

В настоящее время реализация образовательных программ высшего образования должна предполагать возможность постепенной модификации отдельных дисциплин, чтобы выпускники высшего учебного заведения освоили за период обучения компетенции, которые соответствуют современному состоянию соответствующей предметной области. Однако динамичное развитие всех отраслей науки и производства требует постоянного обновления знаний специалистов всех направлений, поэтому повышение квалификации является необходимостью, обеспечивающей в кратчайшие сроки приобретения новых знаний и освоение новых компетенций.

Кроме этого следует учитывать, что введение профессиональных стандартов во многих областях также требует переобучение специалистов в кратчайшие сроки и в строгом соответствии с требованиями стандартов. Дополнительное образование, реализуемое в вузовских центрах дополнительного образования (ЦДО) призвано решить данную проблему и позволить максимально гибко и качественно организовать обучение по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

Рассмотрим ряд особенностей, которые характерны для организации дополнительного образования в ВУЗе. Наиболее важным по значимости является отсутствие строгой привязки обучения к временным диапазонам начала и сроков

обучения. Вторая значительная особенность плавно вытекает из первой, так как при отсутствии привязки к конкретным временным диапазонам возможно планировать и осуществлять обучение непрерывно, что в свою очередь привносит вариативность в обучение по различным образовательным программам.

При реализации различных дополнительных образовательных программ возникает, на первый взгляд, своеобразная проблема, которая характеризуется набором групп на обучение. Но данная, казалось бы, проблема в свою очередь является следующей особенностью дополнительного образования. Набор групп, как правило, происходит в течение всего календарного года, то есть непрерывность учебного процесса в вузовском подразделении дополнительного образования – это еще одна особенность, которую следует учитывать.

К тому же как особенность вузовского дополнительного образования следует выделить достаточное разнообразие программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки по различным направлениям, а также их адаптивность применительно к сферам деятельности специалистов, нуждающимся в повышении квалификации специалистов и профессиональной переподготовке. Важной особенностью в данном случае является наличие базовых знаний и практического опыта работы обучающихся, что в свою очередь не требует долгосрочного обучения на программах высшего и среднего профессионального образования, а затрагивает только определенную предметную область обучения.

Помимо этого, следует принять во внимание текущий уровень развития информационных технологий и их использование в вузовской практике, что позволяет максимально увеличить эффективность дополнительного образования за счет использования дистанционных технологий обучения. Это, соответственно позволяет оказывать образовательные услуги по дополнительным образовательным программам в географически удаленном формате.

Таким образом, наличие образовательных программ по различным программам профессиональной переподготовки и повышения квалификации, различные сроки их реализации, набор слушателей на обучение во время всего календарного года приводит к формированию огромных массивов информации, которые необходимо упорядочивать, фильтровать и хранить, а также оперативно получать к ним доступ [1-3].

Рассмотрим процесс формирования группы слушателей на обучение по дополнительной образовательной программе. Во-первых, формируется пакет документов на обучение слушателя, который включает договор на обучение,

составление личного дела слушателя. При этом сведения по слушателю должны быть занесены в журналы регистрации.

После формирования личного дела и документов на зачисление готовятся документы по организации учебного процесса, определяется перечень дисциплин по программе обучения, определяются и рассчитываются часы реализации каждой дисциплины и всего периода обучения. Перечень дисциплин может быть частично изменен согласно производственным интересам организации или предприятия, на котором работает слушатель. Вследствие чего необходимо произвести пересчет часов. По каждой дисциплине назначается преподаватель, а по программе назначается куратор группы. При этом все эти сведения следует упорядочить и хранить. Так как обучение ведется одновременно сразу по нескольким программам, то следует в кратчайшие сроки подготовить всю документацию по всем слушателям и группам, включая отчетную документацию.

Данный процесс может быть частично автоматизирован ведением соответствий в табличном варианте контроля учебного процесса, что обусловлено необходимостью постоянного контроля и ведением необходимой документации и позволяет в конечном итоге обеспечить быстрый доступ к данным и оперативную подготовку отчетных документов [4-5].

Решением проблемы хранения и упорядочивания сведений по организации обучения является полная автоматизация, поэтому в качестве решения предлагается создание и ведение базы данных как основного компонента автоматизированной системы. Основным направлением автоматизации данного процесса является создание и введение системы, которая учитывает все особенности учета слушателей, групп, образовательных программ и дисциплин, включенных в эти программы. Поскольку система должна обрабатывать огромные массивы данных, основополагающим условием для ее работы является время построения и выполнения запросов, а также оптимизация архитектуры системы, запросов и алгоритмов поиска данных.

Помимо работы с базой данных, система должна предусматривать работу нескольких пользователей, а также обеспечивать необходимую гибкость при добавлении, изменении либо удалении данных. Возможности поиска и фильтрации просматриваемых данных также должны учитывать объемы данных.

Создание системы предполагает более детальное рассмотрение каждого этапа в процессе формирования информационных массивов данных, а также построение отказоустойчивой архитектуры взаимодействия модулей системы. Также важным

фактором является время обращения к данным, что предполагает значительную оптимизацию каждого модуля системы.

Отдельно следует рассмотреть систему шаблонов для поисковых запросов. Выборка данных может предполагать использование различных данных, включая краткие наименования необходимых полей, а также нескольких диапазонов данных. Важно учитывать поиск с использованием алгоритмов подсчета данных в различных диапазонах, включая даты. Введя в систему модуль шаблонов поиска, можно значительно ускорить процесс поиска по определенным датам, наименованиям и количеству записей по различным критериям поиска.

Разработанная с учетом выявленных особенностей и введенная в эксплуатацию автоматизированная система информационной поддержки деятельности специалистов позволит автоматизировать и значительно повысить эффективность работы вузовского центра дополнительного образования.

#### Литература

1. Михеев И.В. Система мониторинга образовательного процесса вузовского центра дополнительного образования / И.В. Михеев, О.В. Виштак // Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ. – 2013. – № 13-2 (59). – С. 210-212.

2. Виштак О.В. Автоматизация мониторинга качества в системе дополнительного профессионального образования / О.В. Виштак, И.А. Штырова // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2017. – № 5. – С. 14-17.

3. Виштак О.В. Особенности формирования информационно-методического сопровождения дополнительного образования / О.В. Виштак // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – 2013.– № 2 (22). – С. 100-102.

4. Виштак Н.М. Проектирование системы хранения данных в распределенной информационной системе вузовского подразделения дополнительного образования / Н.М. Виштак, Н.М. Жирнов // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции: в 3 томах «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 69-72.

5. Яковлева Е.А. Информационная система поддержки мониторинга результативности обучения / Е.А. Яковлева, Виштак Н.М // Сборник трудов научно-практических конференций: в 3 томах «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 109-112.

**Поддержка при адаптивном компьютеризированном тестировании  
по иностранному языку в вузе**

Семенова Галина Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры  
иностранных языков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Тульский государственный университет»

(ТулГУ), г. Тула

*В отечественном высшем образовании в последние десятилетия активно внедряют метод тестов для измерительного контроля качества образования. В статье рассматриваются проблемы, связанные с появлением поддерживающего адаптивного компьютеризированного тестирования с множественным выбором по иностранному языку. Делается акцент на теоретические принципы, лежащие в основе разработки такого вида тестов и возможные педагогические последствия их внедрения в педагогический процесс в неязыковом вузе.*

В последнее время множество исследований посвящается использованию компьютерных и интернет-технологий на занятиях по иностранному языку. Интегрирование информационных технологий, мультимедийных приложений в современный образовательный процесс обучения иностранному языку способствует более гибкому и успешному формированию поставленных задач [11]. Как следствие совершенствуется и система оценки качества образования [10].

В отечественном высшем образовании в последние десятилетия активно внедряют метод тестов для измерительного контроля качества образования. Это не в последнюю очередь вызвано тем обстоятельством, что приход в вузы компьютеров позволил автоматизировать существенные элементы в процессах подготовки, проведения и обработки именно результатов тестирования. Компьютерное тестирование в настоящий момент является оптимальным средством совершенствования процесса оценки качества образования, так как предоставляет возможность снижения затрат на обработку результатов, повышает мотивацию участников тестирования, обладает высокой дифференцирующей способностью при грамотном проектировании, а также соответствует основным показателям развития современного общества – гибкости и адаптивности [12].

Оценивание, преимущественно в форме теста, оказывает большое влияние на изучение языка, особенно в ситуациях формального обучения. Часто, к сожалению, воздействие оценивания на обучение в большей степени отрицательное. При быстром

развитии техники в последнее время можно надеяться, что компьютерные прикладные программы смогут частично исправить эту негативную сторону. Некоторые попытки в этом направлении были сделаны, тем не менее, большая часть компьютеризированного тестирования все еще остается тестированием с множественным выбором.

Тестирование с множественным выбором (ТМВ) – это норма во многих учебных контекстах. Для тестирования по иностранному языку это особенно справедливо. Опора на ТМВ (хотя и позволяет тестировать большое количество студентов с минимумом практических проблем) оказывает обратное воздействие на обучение: преподавание ограничено рецептивными навыками, особенно чтением и знанием грамматики и вокабуляра, что способствует механической зубрежке. Небольшое внимание уделяется развитию навыков и умений более высокого уровня. Переход от бумажного к компьютеризированному тестированию повысил преобладание ТМВ, так как вопросы с множественным выбором – это вопросы, которые легче всего представить на компьютере, а практические выгоды от использования ТМВ увеличиваются при автоматизированном оценивании. Даже некоторые новшества компьютеризированного тестирования, такие как адаптивное компьютеризированное тестирование (АКТ), в большей степени полагаются на ТМВ. АКТ – это процедура, где вопрос выбирается в режиме реального времени для каждого тестируемого, основываясь на его/ее результатах по предыдущим вопросам [3], с целью гарантировать, что уровень трудности тестовых вопросов отражает уровень тестируемого [5].

В АКТ неправильный ответ на вопрос ведет к представлению нового вопроса (на более легком уровне), и при этом тестируемый не знает, что его ответ был неправильным. В том, что называется Поддерживающим адаптивным тестированием (далее ПАТ), неправильный ответ ведет к повторению того же самого вопроса с подсказкой в помощь тестируемому. Предлагаемые подсказки можно рассматривать как поддержку, которая увеличивает вероятность того, что тестируемый определит правильный ответ. Если это соединить с последующей обратной связью по тем вопросам, на которые все же не были даны правильные ответы, то Поддерживающее адаптивное тестирование позволяет ТМВ обеспечить возможность для обучения, как от поддержки, так и от обратной связи.

Так как ПАТ обеспечивает возможности для обучения, оно может осуществлять цели как оценивания обучения, так и оценивания для обучения. Поскольку традиционное расхождение между оцениванием и обучением негативно влияет на

результаты обучения, существует потребность перехода от традиционной к новой модели оценивания подготовки обучающихся.

При ПАТ подсказки, даваемые при повторном произнесении вопроса, на который изначально был дан неправильный ответ, делают вопрос более легким для последующего ответа. Дело в том, что причина, по которой ответ был неправильным, изначально заключается в слишком трудной формулировке вопроса. Хорошо продуманный тест состоит из вопросов, находящихся вблизи уровня компетенции тестируемого. Это означает, что для данного тестируемого обучающегося некоторые вопросы находятся либо на его уровне, либо ниже (и, таким образом, на них он отвечает правильно). Некоторые же из них находятся как раз над его уровнем (или просто слишком трудны, и, таким образом, на них он отвечает неправильно). Эти последние вопросы находятся в зоне ближайшего развития или в области, как раз чуть выше способности самостоятельного решения задачи, где задачи могут решаться под чьим-то руководством. В ПАТ это руководство приходит в форме подсказок или поддержки.

Поддержка – это точно рассчитанная помощь, которая позволяет обучающемуся достичь конкретной цели, что было бы невозможно (крайне затруднительно) без какого-либо вида поддержки [8]. В контексте оценивания предоставление такой поддержки может включать диалог между преподавателем и обучающимся (интеракционистское динамическое оценивание) или может быть сигналами, направляющими внимание обучающегося на ключевые особенности окружения, необходимые для выполнения задания (интервенционистское динамическое оценивание [6]). В большинстве случаев формального компьютеризированного оценивания диалог с преподавателем невозможен; и тогда поддержка в ПАТ является сигналами, выполняющими функцию посредника [7].

Одна из проблем с таким интервенционистским динамическим оцениванием заключается в том, что не существует идеальной поддержки для данного конкретного вопроса, так как каждому тестируемому может потребоваться разная поддержка для одного и того же вопроса [4]. Чтобы справиться с этой проблемой, ПАТ позволяет тестируемым выбирать из спектра поддержек, допуская элемент автономии обучающегося, что включает предоставление вариантов выбора и возможностей для решения и поддержки обучающихся [1].

Пример, приведенный в одной из работ по этой теме [9], предполагал тестирование навыков чтения на английском языке и предусматривал расположение текста в левой половине экрана и пяти вопросов множественного выбора справа. После

того, как тестируемый ответил на пять вопросов, ему сообщалось, сколько из его ответов были правильными и неправильными, и говорилось, что ему будет дана вторая попытка ответить на вопросы с неправильными ответами с поддержкой. Затем текст вновь появлялся вместе с вопросами, на которые были даны неправильные ответы, которые представлялись по-отдельности. Для каждого из них тестируемый мог выбрать один из трех вариантов возможных поддержек: выделение текста, перевод текста или перевод вопроса. Щелчок по одному из них либо выделял соответствующую часть текста, либо обеспечивал перевод слов, которые, вероятно, составляли трудности, после чего тестируемый мог ответить на вопрос снова. После завершения второго раунда ответов тестируемый получал общее число баллов вместе с объяснениями по всем вопросам, на которые дважды был дан неправильный ответ.

Данный вид ПАТ разрабатывался, опираясь на упомянутые выше теоретические основы. Отталкиваясь от типичного теста множественного выбора того типа, который преобладает в контексте вузовского обучения, автор стремился к тому, чтобы он был принят преподавателями английского языка, так как он согласуется с существующей образовательной практикой. Данный тест способствует оцениванию обучения и снижает отрицательную обратную связь современной практики тестирования за счет использования помощи и через включение автономии тестируемого при предоставлении выбора. Он также допускает, чтобы степень, в которой тестируемые способны использовать поддержку, была откалибрована.

Поддерживающие адаптивные тесты – хотя и не являются безоговорочно эффективными в предоставлении поддержки для тестируемых во всех случаях – могут оказаться жизнеспособной альтернативой традиционной практике тестирования в контексте иностранного языка, где доминирует тестирование с множественным выбором. В худшем случае, они немного отличаются от текущей практики; в лучшем, учитывают субъективную потребность тестируемых [2], обеспечивают некоторые возможности для обучения через второй шанс ответить с поддержкой и через немедленную прямую обратную связь и снижают отрицательный обратный эффект тестирования. С учетом этого, ПАТ заслуживает серьезного рассмотрения в качестве дополнения к существующему спектру компьютеризированных тестов.

#### Литература

1. Benson P. Learner autonomy in the classroom // Practical English language teaching. Boston: McGraw-Hill, 2003. – P. 289-308.

2. Brown J.D. The elements of language curriculum: A systematic approach to program development. Boston: Heinle & Heinle, 1995. – 134 p.
3. Chalhoub-Deville M. Studies in language testing 10: Issues in computer-adaptive testing of reading proficiency. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 97 p.
4. Lantolf J.P. The sociocultural approach to second language acquisition // Alternative approaches to second language acquisition. London: Routledge, 1999. – P. 24-47.
5. Ockey G.J. Developments and challenges in the use of computer-based testing for assessing second language ability // The Modern Language Journal 93, focus issue. – 2009. – P. 836-847. – doi: 10.1111/j.1540-4781.2009.00976.x.
6. Poehner M.E. Dynamic assessment of oral proficiency among advanced L2 learners of French // PhD thesis, Pennsylvania State University. – 2005. – P. 123-132.
7. Sharpe T. ‘Unpacking’ scaffolding: Identifying discourse and multimodal strategies that support learning // Language and Education. – 2006. – No. 20(3). – P. 211-231. – doi: 10.1080/09500780608668724.
8. Teo A. Promoting EFL students’ inferential reading skills through computerized dynamic assessment // Language Learning & Technology. – 2012. – No. 16(3). – P. 10-20.
9. Watson Todd R. Support Adaptive Testing: The effects of scaffolds in computer-based tests // CALL-EJ. – 2014. – No. 15(1). – P. 1-20.
10. Жунусакунова А.Д. Обоснование необходимости перехода к компьютерному адаптивному тестированию / А.Д. Жунусакунова // Известия вузов. – 2014. – № 4. – С. 30-31.
11. Коннова З.И. Формирование социокультурной компетенции студентов на занятиях по иностранному языку / З.И. Коннова, Г.В. Семенова // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. – 2018. – № 4. – С. 71-80.
12. Миксюк Ю.И. Переход к компьютерному тестированию как средство оптимизации процесса оценки качества образования / Ю.И. Миксюк, Ю.С. Хохлова, А.П. Якобчук // Цифровая трансформация образования. Электронный сборник тезисов докладов 1-й научно-практической конференции. – 2018. – С. 132-134.

**Моделирование программного модуля для формирования отчетных документов  
подразделения вуза**

Фролов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Быстров Артем Вячеславович, 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 работе приводится обоснование реализации программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза. Рассматриваются особенности моделирования программного модуля с использованием методологии UML. Приводятся проектные решения построения диаграмм вариантов использования, последовательности и состояний.*

Ежегодно в Балаковском инженерно-технологическом институте на факультете повышения квалификации и профессиональной переподготовки проходит обучение большое количество специалистов предприятий. Процесс обучения сопровождается множеством отчетной документации, а по итогам успешного окончания обучения слушатели получают документ установленного образца: удостоверение о повышении квалификации или диплом о профессиональной переподготовке. Удостоверения и дипломы печатаются на бланках Гознака, которые в новом тираже могут претерпевать незначительные изменения, поэтому процесс нанесения текста и печать бланка вызывают некоторые затруднения. Изменение формата бумаги и сдвиг полей бланка на несколько миллиметров вызывают необходимость в подготовке новых шаблонов, а многообразие реализуемых образовательных программ на факультете повышения квалификации и профессиональной переподготовки не позволяют оперативно подстраиваться под новые макеты документов. В связи с этим необходимо внедрить в информационную систему программный модуль, который будет формировать печатаемые документы автоматически, чтобы весь этот процесс не занимал большое количество времени.

Перед созданием программного модуля необходимо выбрать методологию проектирования, которая в наибольшей степени будет подходить для конкретной задачи. При проектировании программного модуля для формирования отчетных

документов подразделения вуза будет использоваться методология UML. Данная методология используется для описания программных продуктов и бизнес-процессов, позволяет наиболее цело и подробно описать информационную систему для рассматриваемой предметной области.

Диаграмма вариантов использования отражает отношения между актерами и прецедентами, что позволяет описать систему на концептуальном уровне. В данной схеме участвуют два исполнителя: сотрудник деканата и администратор. Исполнителем в информационной системе может быть личность, организация или другая система, взаимодействующая с данной информационной системой внешне или внутренне.

Сотрудник деканата является пользователем информационной системы, которую предполагается реализовать в виде веб-ресурса. Для начала работы с системой сотруднику необходимо пройти процесс авторизации. После этого у него появляется ряд возможностей, которые он может применять в процессе своей трудовой деятельности. При подготовке печатного бланка отчетной документации первоначальная задача сотрудника будет заключаться в настройке отступов для полей исходного документа, это требуется выполнить для дальнейшей автоматизации процесса внесения информации о слушателе и изученной программе. После внесения данных необходимо проверить корректность заполнения форм. Для этого вся информация из базы данных выводится на страницу информационной системы, и сотрудник деканата в случае необходимости может отредактировать ее. При формировании бланка пользователю необходимо выбрать тип документа, программу обучения и слушателя, после чего система автоматически сформирует бланк документа, готового для печати, и пользователю останется только проверить, все ли введено верно, и отправить документ на печать.

Администратор является главным управляющим пользователем информационной системы, поэтому для начала работы ему также необходимо пройти процесс авторизации. Администратор информационной системы имеет возможности, которыми обладает сотрудник деканата, и возможность добавления/модерирования профилей всех пользователей системы, так как свободная регистрация пользователей в системе отсутствует. Программный модуль для формирования отчетных документов подразделения вуза будет размещен для использования только во внутренней сети организации, поэтому получить доступ к веб-ресурсу из интернет-сети не представляется возможным. Таким образом, исключается ряд актуальных угроз в вопросах безопасности хранения персональных данных, их обработки и передачи в информационных системах.

В табл. 1 представлены актеры программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза.

Таблица 1

Описание актеров программного модуля

№ п/п	Имя	Описание
1	2	3
1	Пользователь	Данный актер имеет доступ к информационной системе, но для того чтобы получить возможность использовать функционал программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза, предварительно ему необходимо авторизоваться.
2	Администратор	Данный актер имеет те же самые права, что и пользователь, только он еще имеет возможность добавления новых пользователей, так как регистрация на веб-ресурсе отсутствует. Для доступа к программному модулю администратору также необходимо пройти процесс авторизации.

На следующем этапе необходимо описать варианты использования системы.

В табл. 2 представлено описание вариантов использования системы.

Таблица 2

Описание вариантов использования программного модуля

п/п	Имя	Описание	Точки расширения
1	2	3	4
1	Авторизация пользователей	Служит для авторизации пользователей в информационной системе для дальнейшей работы.	Добавление размеров бланка. Добавление слушателей. Добавление программ обучения.
2	Добавление размеров бланка	Служит для возможности добавления размеров бланка в базу.	
3	Добавление слушателей	Служит для возможности добавления слушателей в базу.	
4	Добавление программ обучения	Служит для возможности добавления программы обучения в базу.	
5	Авторизация администратора	Служит для авторизации администратора в информационной системе для дальнейшей работы.	Добавление новых сотрудников.
6	Добавление новых сотрудников	Служит для возможности добавления нового сотрудника.	

На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза.

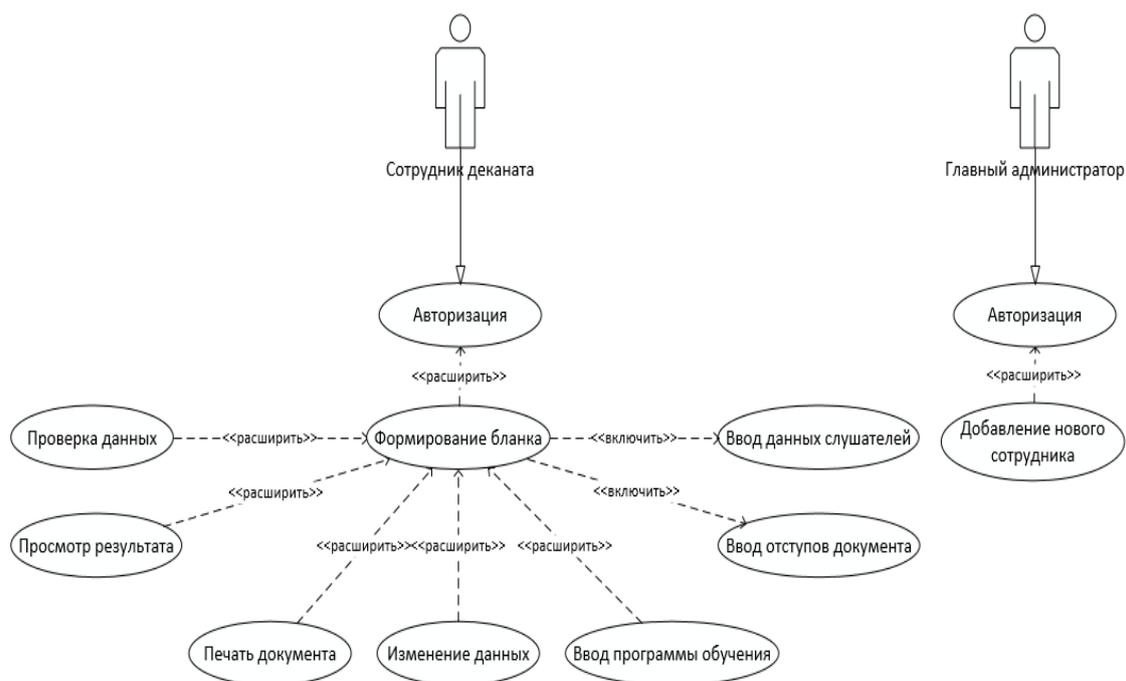


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

В языке UML взаимодействие элементов рассматривается в информационном аспекте их коммуникации, то есть взаимодействующие объекты обмениваются между собой некоторой информацией. При этом информация принимает форму законченных сообщений. Другими словами, хотя сообщение и имеет информационное содержание, оно приобретает дополнительное свойство оказывать направленное влияние на своего получателя.

Диаграмма последовательности используется для представления временных особенностей передачи и приема сообщений между объектами. На рис. 2 представлена диаграмма последовательности действий в программном модуле для формирования отчетных документов подразделения вуза.

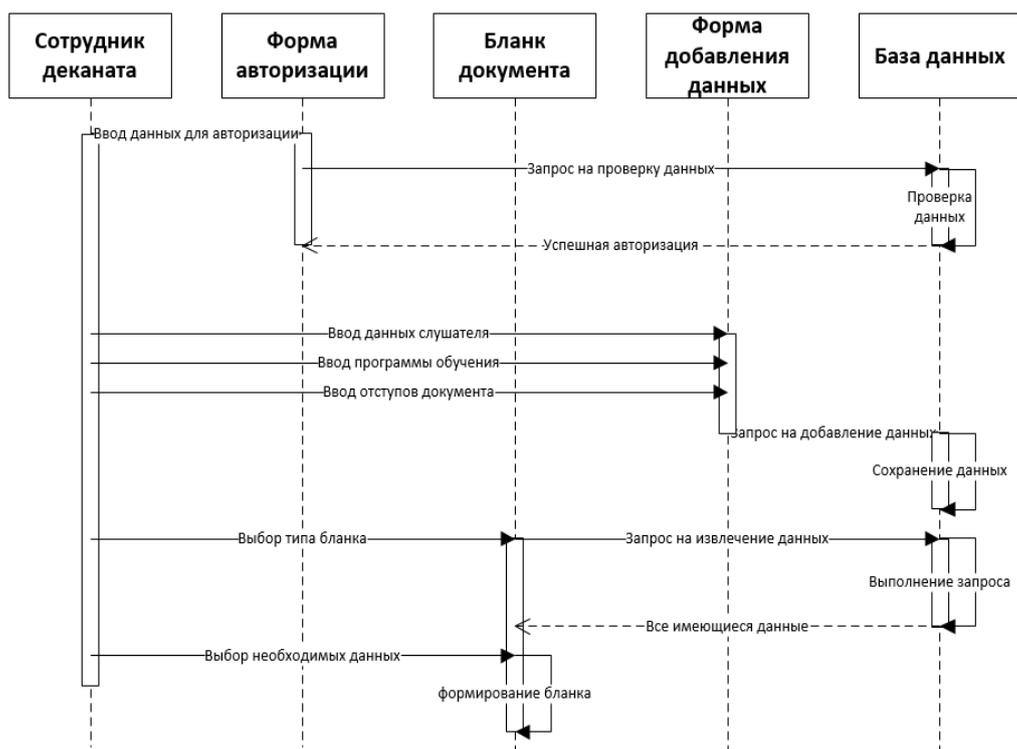


Рис. 2. Диаграмма последовательности

Диаграмма состояний предназначена для описания состояний объекта и условий перехода между ними. Описание состояний позволяет точно описать модель поведения объекта при получении различных сообщений и взаимодействии с другими объектами.

На данной диаграмме будет рассмотрен процесс добавления данных в базу. Пользователь выбирает тип данных, который он хочет добавить в базу, после чего будет открыта форма добавления данных, куда сотруднику необходимо ввести информацию. Далее сотруднику необходимо нажать на кнопку отправки данных, а система автоматически выполнит проверку корректности ввода информации. Если все данные введены верно, то система отправляет запрос на добавление данных в базу и сохраняет их в ней. В случае если сотрудник допустил ошибку при внесении данных в форму, то система не пройдет проверку данных и, соответственно, в базу они занесены не будут. Конечным состоянием будет являться сохранение данных в базе. На рис. 3 представлена диаграмма состояний.

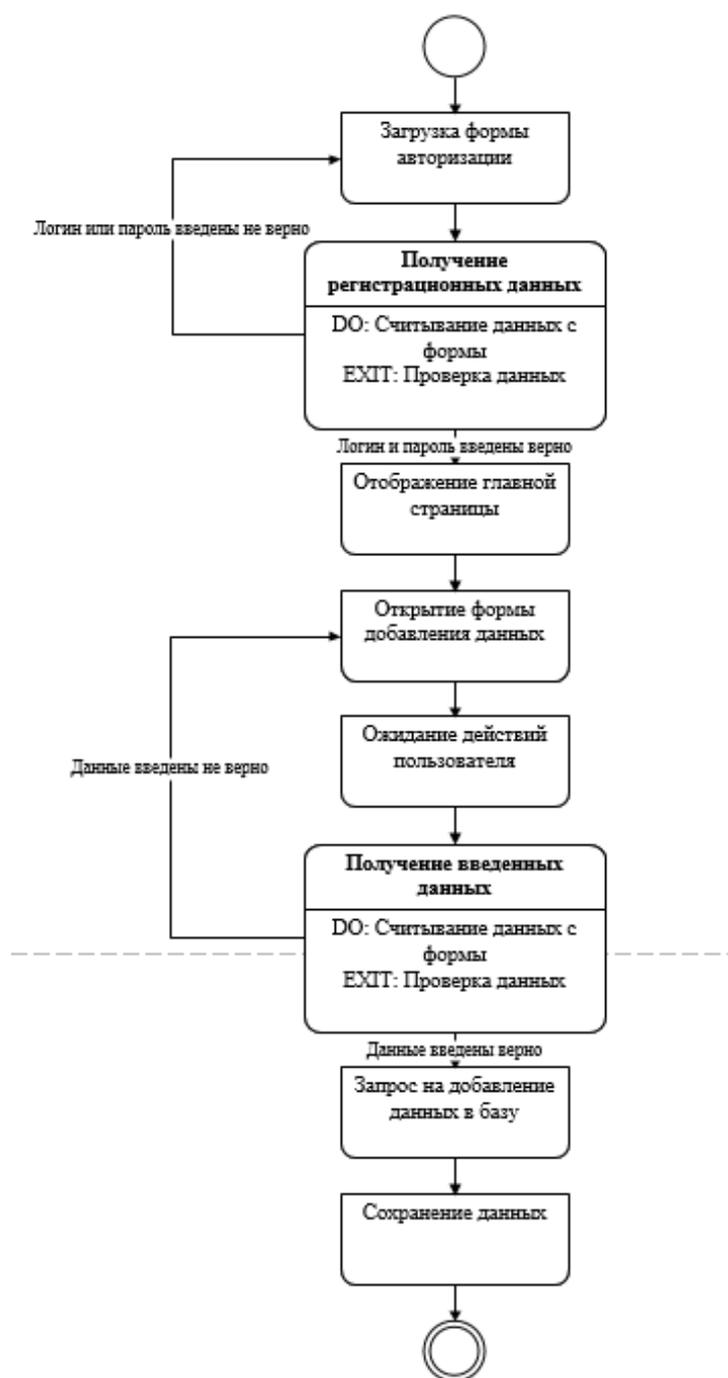


Рис. 3. Диаграмма состояний

Реализация программного модуля для формирования отчетных документов подразделения вуза позволит сотрудникам деканата факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки уменьшить временные затраты на ручную обработку данных и выполнение обслуживающих функций, поиск информации по слушателям и реализуемым программам обучения, а также упростит повторное использование отчетных документов.

## Литература

1. Виштак О.В. Минимизация информационных рисков при использовании систем электронного документооборота в организации / О.В. Виштак, В.И. Жирнов, С.А. Ремаренко // 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, 2017. – С. 85-88.

2. Жирнов В.И. Модуль индексации слабоструктурированных данных в системе электронного документооборота / В.И. Жирнов, Н.М. Виштак, И.А. Штырова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018). Труды Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.А. Прохорова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2018. – С. 437-439.

УДК 004.946: 659.136.7

### **Применение технологии дополненной реальности в маркетинге**

Шах Александр Васильевич, магистр технических наук, заведующий кафедрой

«Информационные системы и технологии»;

Шапович Евгений Геннадьевич, старший преподаватель

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,

г. Барановичи, Республика Беларусь

*Хотя термин «дополненная реальность» (AR) был придуман в 1990 году, технология только сейчас набирает обороты. Успех Pokémon Go в 2016 году, а также инновационные форматы рекламы, популяризованные Snapchat, вызвали интерес как у потребителей, так и у брендов. Теперь маркетологи в различных отраслях промышленности экспериментируют с новыми приложениями AR.*

Дополненная реальность – это интерактивный инструмент, позволяющий брендам создавать фантастический контент. Бренды, уже осознавшие силу маркетинга дополненной реальности, успешно использовали AR в своих маркетинговых кампаниях, добиваясь большей наглядности, большего спроса пользователями и, как следствие, роста доходов.

Маркетинг и дополненная реальность (AR) устанавливают новые рекламные тенденции взаимодействия со своей аудиторией через мобильные приложения с использованием интерактивного контента. Технология AR позволяет визуализировать

множество типов цифрового контента, таким образом, легко получая доступ к недостающей информации о размере, форме или функциях предлагаемого продукта.

Приложения AR позволяют пользователям взаимодействовать с продуктами: охватить и «потрогать», посмотреть под разными углами, сделать снимки и многое другое. Из-за относительной новизны комбинация этих функций позволяет оставить неизгладимое впечатление, чтобы пользователи запомнили продукт и его производителя. Тем не менее, мы верим, что AR останется привлекательным, даже когда станет мейнстримом, потому что позволяет нам видеть мир за пределами нашего мира [1].

Благодаря технологическому прогрессу в AR-движках стало проще создавать приложения для массовых потребителей и доставлять их через магазины приложений.

AR часто смешивается с виртуальной реальностью (VR), но это разные технологии с разными вариантами использования. В отличие от VR, который требует специализированных гарнитур и размещает пользователей в виртуальных мирах, AR предполагает наложение информации на реальные представления и доступен через обычные мобильные устройства. Пользователям нужен только смартфон с запущенным приложением и ранее невидимые объекты становятся интерактивными. Основываясь на степени осведомленности аудитории, компании выпускают простые игры, чтобы развлечь и привлечь внимание потенциальных покупателей. Кроме того, приложения AR создают ценность. Бренды поставляют каталоги и конфигураторы AR тем, у кого нет ни времени, ни желания посещать обычный магазин, но все же считают веб-приложение не подходящим для своих покупок.

Когда мы углубляемся в специфику приложений дополненной реальности в маркетинге и рекламе, на ум приходит множество потенциальных сценариев внедрения и применения. По словам Новики Гиевски, владельца MotivaNova, применение AR будет применено во многих отраслях, включая военные, образование, медицинские исследования, маркетинг, безопасность, искусство и архитектуру.

Существует немало примеров использования AR компаниями. Это говорит о том, что данная технология все чаще становится важной частью жизни людей.

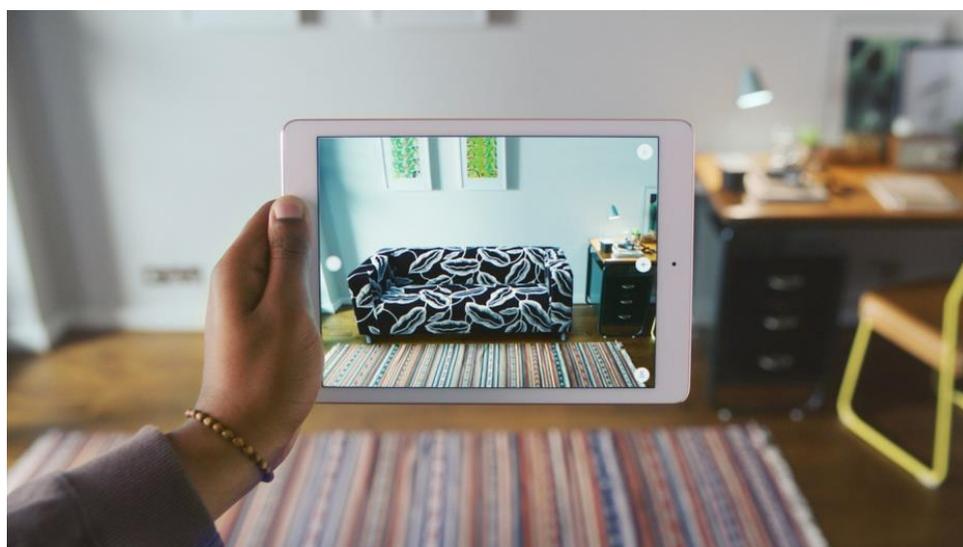
Особенно важно использовать эту технологию в маркетинге, чтобы потребители обращали больше внимания на компании, бренды, товары, услуги.

Например, почтовая служба Соединенных Штатов (USPS) является удивительно технологичной государственной организацией. Она была одной из первых организаций, практикующих онлайн-отслеживание и отгрузку. Она сохранила собственный веб-сайт,

а также разные онлайн-функции наравне с ее конкурентами из частного сектора, такими как FedEx и UPS.

В конце 2014 года организация запустила свой, ориентированный на использование дополненной реальности, маркетинг. Приложение USPS AR позволяет пользователям сканировать сборные ящики (большие синие почтовые ящики) с помощью своих смартфонов и обрабатывать праздничный показ танцующих пингвинов до появления рождественских огней. Видео заканчивается предоставлением возможности заказывать коробки, штампы и другие принадлежности USPS. Почтовые отделения обычно не отличаются «веселостью», но приложение предоставило приятную возможность придать некоторый юмор и улучшить опыт клиентов [2].

Приложение дополненной реальности, представленное на рис. 1, используется вместе с каталогом ИКЕА. Пользователи открывают каталог на странице, показывающей мебель, которую они рассматривают при покупке. Шаги просты: поместите открытый каталог на то место, где должен находиться нужный предмет мебели, активируйте приложение ИКЕА, а затем посмотрите на экране смартфона этот предмет мебели в его реальном цвете и размерах. Вместо того чтобы гадать, пользователи пробуют продукты дома, а затем решают, покупать или нет.



*Рис. 1. Приложение дополненной реальности ИКЕА*

Timberland использовал широкий экран, представленный на рис. 2, для выставочного зала дополненной реальности, позволяя прохожим примерить различные наряды, не заходя в магазин. Специальная камера сканировала людей и подбирала хорошие модели. Основываясь на жестах людей, приложение меняло обувь и одежду. Также люди могли заказать одежду, введя свой адрес электронной почты или просто зайдя в магазин. Приложение для планшетов и Facebook были созданы для тех, кто не может посетить торговый центр.



*Рис. 2. Приложение дополненной реальности Timberland*

Сегодня имеет место проникновение AR в популярные журналы. Чтобы реализовывать эту технологию, требуется учет «картинки» для печати и программирование на нее реакции. Картинку можно просматривать, используя телефоны на платформах Android либо IOs (iPhone, iPad).

С осени 2012-го года на обложках американского журнала Maxim наблюдается появление изображения и надписи «MAXIM MOTION». Человек может просто на данное изображение навести телефонную камеру. Это приводит к «оживанию» картинки на телефоне, превращению ее в видео.

Оживление картинок очень полезно, поскольку людям всегда больше импонируют объекты, которые движутся, а не статичные – они вызывают больший эмоциональный всплеск.

Через свои приложения производители могут продемонстрировать фактические размеры своих продуктов, доступные цвета, комбинации с другими товарами, продемонстрировать, что находится внутри упаковочной коробки, отобразить цены и скидки. Приложения AR могут обучать своих пользователей, визуализируя особенности продукта, преимущества, варианты использования, инструкции по сборке и предлагая рекомендации, а также многое другое.

Следовательно, внедрение дополненной реальности в приложение электронной коммерции значительно повышает удобство работы пользователей, увеличивает уровень осведомленности пользователей и помогает им покупать то, что они хотят, в рамках одного цифрового решения.

Ожидается, что глобальные доходы от рекламы в сфере AR в ближайшие пять лет будут быстро расти. Прогнозируется скачок с 428 миллионов долларов в 2018 году

до 2,6 миллиардов долларов к 2022 году. Около 63% клиентов торговых площадок считают, что дополненная реальность в маркетинге добавит значительный опыт их покупкам. С другой стороны, традиционные розничные магазины, вероятно, увидят 22 %-е сокращение покупателей, потому что им не хватает конкурентного преимущества в предоставлении опыта AR [3].

Эпоха дополненной реальности в рекламе и маркетинге началась с достижений в технологической инфраструктуре. Компании продолжают адаптировать технологию AR и стремятся обеспечить конечного потребителя яркими впечатлениями от своих продуктов и услуг.

Сдвиг в сторону электронной коммерции оказывается более естественным сдвигом в технологическом прогрессе, поскольку он объединяет как веб-разработку, так и визуальные стимулы в рекламе. Это также означает, что это не просто маркетинговый трюк, но и психологическая тактика, чтобы подсознательно устранить барьер фантазии в сознании покупателя. Таким образом, вероятность успешной покупки продукта или вероятность достижения цели веб-сайта электронной коммерции резко возрастает, когда потенциальный покупатель взаимодействует с продуктом и начинает персонализировать его.

#### Литература

1. Invisible.toys // Augmented Reality Marketing. [Электронный ресурс] URL: <https://augmented-reality-for-marketing> (дата обращения: 25.04.2019).
2. Augmented Reality Marketing and Advertising 2018 // Executive Summary. [Электронный ресурс] URL: <https://www.emarketer.com/content/augmented-reality-marketing-and-advertising-2018> (дата обращения: 25.04.2019).
3. Cloudways // Augmented Reality Marketing – The Ecommerce future is here! [Электронный ресурс] URL: <https://www.cloudways.com/blog/augmented-reality-in-marketing> (дата обращения: 25.04.2019).

**Использование flash-технологий при разработке  
информационных обучающих систем**

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»;

Мануйлова Екатерина Игоревна, 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

*Интерактивное обучение с использованием современных информационных технологий является одним из направлений модернизации системы образования. Внедрение интерактивных обучающих систем, построенных на основе flash-технологий, позволяет обеспечить расширение возможностей самостоятельной учебной работы за счет использования активно-деятельностных форм обучения на всех этапах образовательного процесса – получение новых знаний, организации практических и самостоятельных занятий, контроль учебных достижений.*

В настоящее время в условиях информационного образования появляются инновационные технологии, открывающие новые возможности для эффективного взаимодействия субъектов учебного процесса. В систему обучения внедряются компьютерные обучающие системы, которые благодаря наличию обратной связи и живой среде общения, существенно повышают мотивацию к обучению [1].

Наиболее часто используемыми на данный момент являются интерактивные обучающие системы. Данный вид компьютерных обучающих систем обладает максимальной информативностью, что позволяет достичь наибольшей эффективности преподавания материала, а также дает возможность как организовать обучение, так и осуществить контроль за результатом. Преимущество использования интерактивной обучающей системы в сравнении с традиционными методами обучения (лекции, презентации, видеоролики) заключается в совмещении усвоения знаний с приобретением навыков практической работы, качественным восприятием и усвоением учебного материала [2]. Интерактивные методы обучения создают дидактические условия для переживания учащимися ситуации успеха в процессе учебной деятельности. Они реализуют творческий потенциал учащихся, активизируют их познавательную активность. Интерактивное обучение определяет способы продуктивного, критического осмысления информации. В первую очередь, оно дает

возможность использования различных моделей, знаковых систем, помогающих структурировать большой поток информации [3].

Существует достаточно большое разнообразие различных технологических приемов, нацеленных на разработку качественных мультимедиа-приложений. Сейчас при разработке интерактивных приложений особой популярностью пользуется flash-технология, основным преимуществом которой является возможность создания векторных анимационных файлов с небольшим временем загрузки, которые обеспечивают при этом высокую степень интерактивности.

В основе flash-анимации лежит векторный морфинг, то есть плавная трансформация одного ключевого кадра в другой. Данный метод позволяет делать сложные мультипликационные сцены, задавая всего лишь несколько ключевых кадров. В основе flash-анимации лежит векторный морфинг, то есть плавное «перетекание» одного ключевого кадра в другой. Это позволяет делать сложные мультипликационные сцены, задавая лишь несколько ключевых кадров. Кроме этого, для добавления интерактивных элементов может использоваться язык программирования ActionScript.

Использование интерактивных flash-средств обучения позволяет обучающимся получить практико-ориентированные знания. Современные технические и программные средства помогают создавать и использовать модели объектов и процессов, максимально приближенные к реальности. Сочетание видео- и звуковых эффектов обеспечивает одновременное воздействие на два важнейших органа чувств человека: зрение и слух, что существенно повышает информативность учебного процесса и эффективность его восприятия. Воздействуя на органы чувств комплексом красок, звуков, словесных интонаций, аудиовизуальные средства обучения вызывают многообразные ощущения, которые анализируются, сравниваются, сопоставляются с уже имеющимися представлениями и понятиями [4].

Интерактивные flash-приложения можно успешно использовать на любом этапе обучения: объяснение нового материала, закрепление и контроль знаний. Если интерактивное flash-приложение будет планомерно введено в учебный процесс, это позволит обучающемуся получить необходимые навыки работы с компьютерной системой, которые обязательно пригодятся в дальнейшем обучении. Flash-приложения могут быть реализованы в виде игры, что делает их еще более привлекательными для обучающихся. Конечно же, речь идет о специальных обучающих играх, которые помогут ученикам в развитии важных операций мышления, таких как умение классифицировать и обобщать информацию. Стоит отметить, что обучающие игры

развивают не только интеллект, но и моторику, и зрительную координацию учащихся [5].

Для того чтобы использовать интерактивное flash-приложение в образовании, ее технология должна соответствовать определенным стандартам и нормам, то есть приложение должно предоставлять обучающимся инструменты для творчества и экспериментирования, а также соответствовать поставленным перед ним задачам. Используя грамотно сконструированное и адаптированное для заданной возрастной группы обучающее приложение, преподаватель привносит в ход урока положительную эмоциональную окраску и повышает эффективность обучения.

Процесс прохождения образовательной интерактивной игры побуждает ученика делать различные выводы на основании проб и ошибок. В соответствии с какой-либо ситуацией, учащийся начинает проверять, уточнять и корректировать свои действия. Образовательные интерактивные приложения развивают в учащихся целеустремленность, внимание и умение сосредоточиться, а также помогают получить основные навыки работы с компьютером [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что:

- интерактивные образовательные flash-приложения развивают мыслительные процессы учащихся;
- интерактивные образовательные flash-приложения развивают у учащихся способности самостоятельного нахождения решения поставленных перед ними целей и задач, а также воспитывают в учениках целеустремленность;
- интерактивные образовательные flash-приложения должны применяться с учетом возрастных особенностей обучающихся для дальнейшего перспективного развития в учебе и творчестве.

#### Литература

1. 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.

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. Vishtak N.M., Frolov D.A. Methodical and technological aspects of creation of interactive computer learning systems // AIP Conference Proceedings Сер. «Information Technologies in Education of the XXI Century, ITE-XXI 2015: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference «Information Technologies in Education of the XXI Century»», 2017. С. 040007.

4. Vishtak O.V. The use of the computer training system as the factor of effective formation of information competence of future IT-specialists / O.V. Vishtak, I.V. Mikheyev, I.A. Shtyrova // AIP Conference Proceedings 1797, 020018 (2017); doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4972438>.

5. Виштак О.В. Интерактивный электронный образовательный ресурс по основам программирования / О.В. Виштак // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития». – Науч. ред. С.В. Менькова, С.В. Миронова, отв. ред. С.В. Напалков; Арзамасский филиал ННГУ. - Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2016. – С. 77-80.

6. Фролов Д.А. Разработка интерактивной обучающей системы по архитектуре ЭВМ на основе web-технологий / Д.А. Фролов // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные Web-технологии образовательного назначения: перспективы и направления развития». – Науч. ред. С.В. Менькова, С.В. Миронова, отв. ред. С.В. Напалков; Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2016. – С. 62-65.

УДК 004.415

### **Модель информационной системы ДЮСШ**

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»;

Шамакаева Наталья Петровна, 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 настоящее время происходит значительное увеличение объемов информации, необходимой для реализации управленческих функций в системе образования, в том*

*числе и в образовательных учреждениях дополнительного образования, к которым относятся детско-юношеские спортивные школы. В связи с этим при решении задач, связанных с управлением образовательным учреждением, возрастает важность использования информационных систем, обеспечивающих хранение и обработку необходимой информации. Важным этапом создания информационной системы детско-юношеской спортивной школы является разработка ее модели.*

Одной из актуальных задач, стоящих перед образовательной системой, согласно государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2018-2025 годы, является «обеспечение для детей доступных и качественных условий для воспитания гармонично развитой и социально ответственной личности путем увеличения охвата дополнительным образованием» [1]. В связи с этим возрастают требования к качеству дополнительного образования, а соответственно, и к управлению образовательным процессом. Одним из видов образовательных учреждений дополнительного образования для подготовки спортсменов и приобщения к занятиям массовым спортом являются детско-юношеские спортивные школы (ДЮСШ). И если в других образовательных организациях процесс управления обеспечен имеющимися информационными системами [2-4], то в спортивных школах, в силу особенностей используемых потоков информации, имеются недостатки в таких системах. Следовательно, разработка информационных систем, позволяющих аккумулировать достаточную информацию о деятельности детско-юношеской спортивной школы, является актуальной.

Внедрение информационной системы позволит получать, хранить и обрабатывать информацию о спортсменах, тренерах, расписании тренировок, участии в соревнованиях и так далее. Вся эта информация должна храниться в централизованной базе данных ДЮСШ, что позволит обеспечить быстрый доступ к нужной информации. Необходимо предусмотреть возможность работы с информационной системой для двух типов пользователей: администратор и тренер с разными правами доступа к данным.

На первом этапе необходимо разработать модель информационной системы ДЮСШ. Для решения этой задачи был выбран объектно-ориентированный подход с использованием языка моделирования UML как наиболее приближенный к объектно-ориентированным языкам программирования [5].

Сначала с помощью диаграммы прецедентов дается общее описание разрабатываемой информационной системы на концептуальном уровне. На диаграмме выделены два актера, являющимися внешними по отношению к системе сущностями, взаимодействующими с системой. Администратор после авторизации имеет возможность управлять (добавлять, удалять, редактировать) информацией о секциях, о спортсменах, о тренерах, о соревнованиях, составлять расписания, формировать

отчеты. Тренер может выполнять просмотр списков групп, информации о соревнованиях, расписания. Разработанная диаграмма прецедентов представлена на рис. 1.

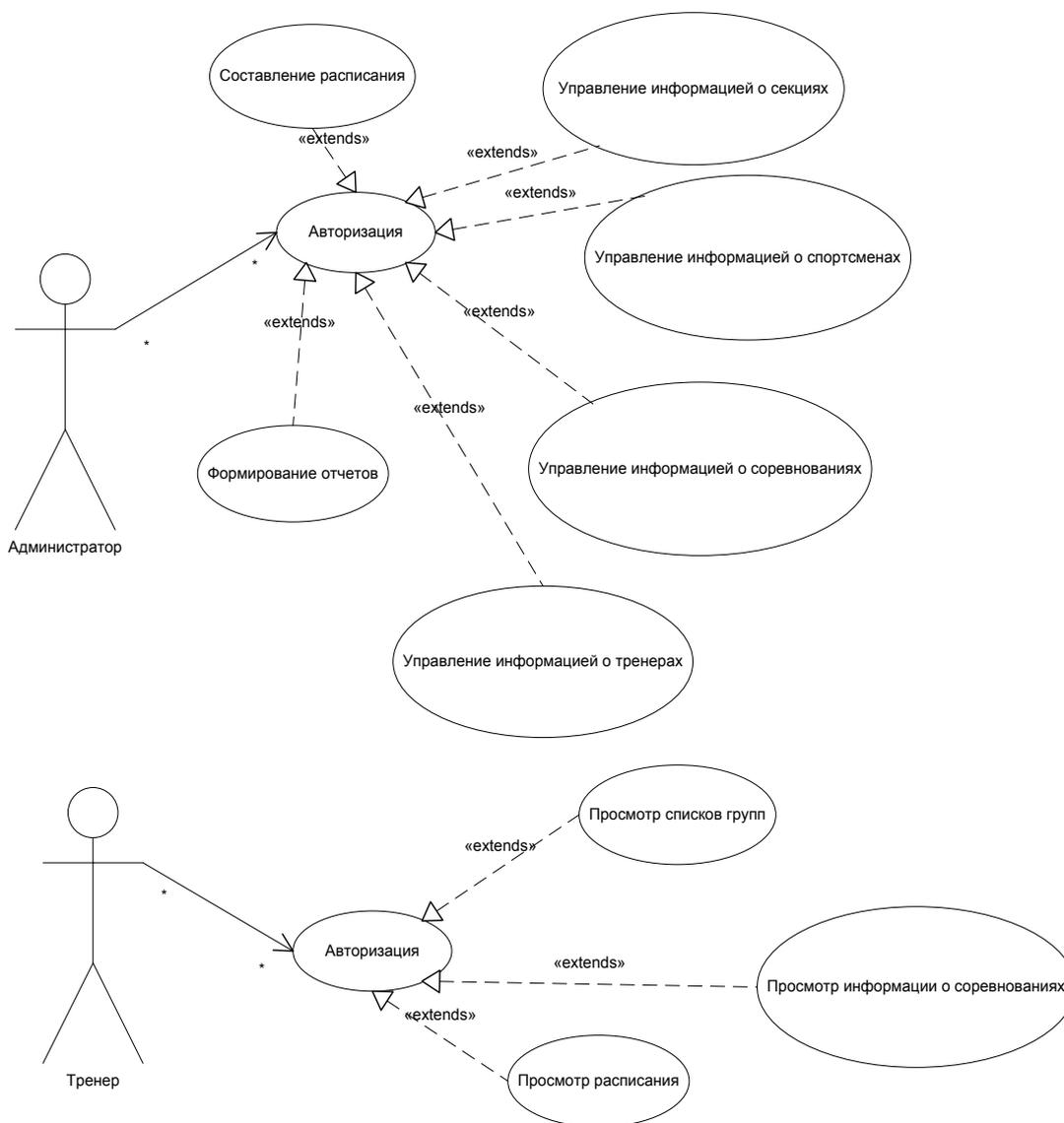


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

На следующем этапе разрабатывается диаграмма последовательности – диаграмма, на которой для некоторого набора объектов на единой временной оси показан жизненный цикл какого-либо определенного объекта и взаимодействие актеров в рамках какого-либо прецедента.

На рис. 2 представлена диаграмма последовательности, которая отражает взаимодействие объектов в рамках прецедента «Составление расписания».

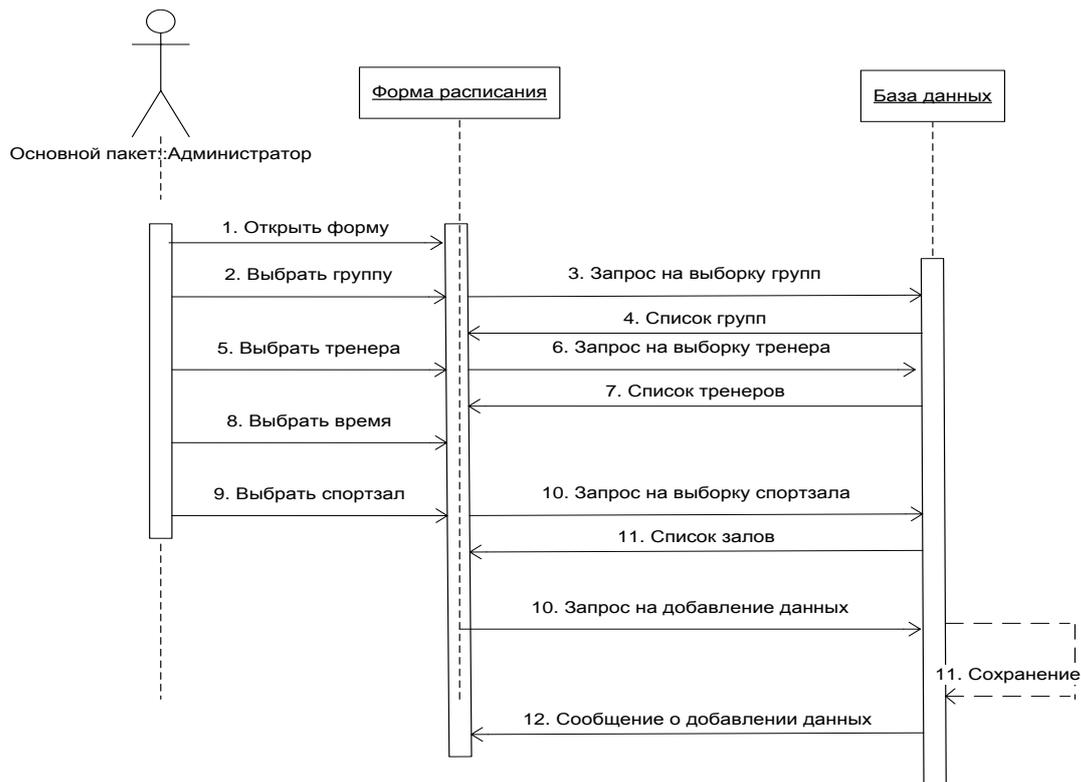


Рис. 2. Диаграмма последовательности

Далее представим логическую структуру разрабатываемой информационной системы ДЮСШ с помощью диаграммы классов (рис. 3), на которой выделены необходимые классы, с описанием их атрибутов и методов, и связи между классами.

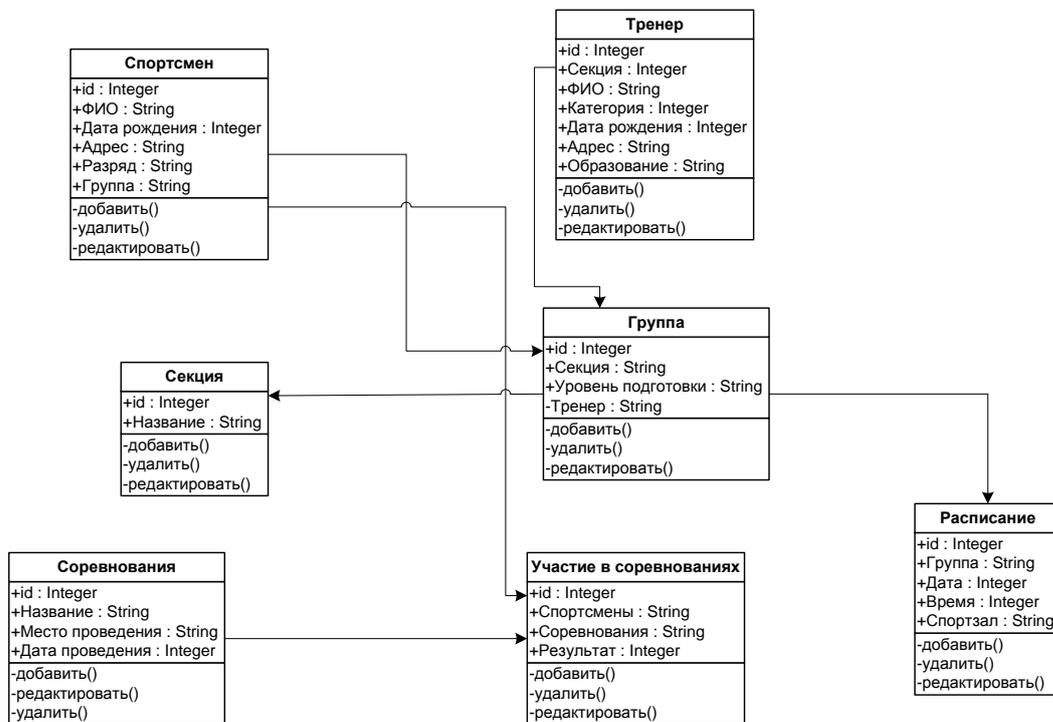


Рис. 3. Диаграмма классов

Последним этапом является разработка физической модели информационной системы в виде диаграммы компонентов, которая показывает связи между программными компонентами. На рис. 4 показаны основные компоненты информационной системы – база данных, веб-страницы РНР для отображения информации, веб-модули РНР, содержащие реализацию различных алгоритмов (регистрация, авторизация и так далее).

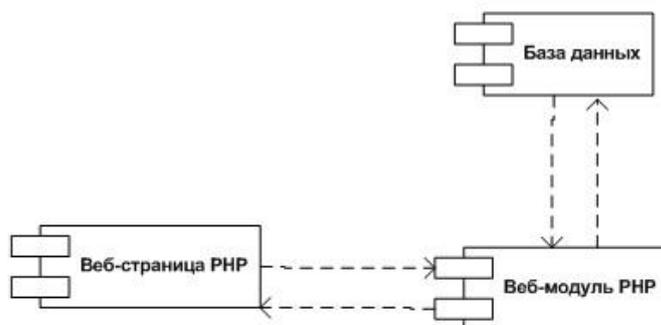


Рис. 4. Диаграмма компонентов

Таким образом, создание диаграмм прецедентов, последовательности, классов, компонентов, позволяет дать полное представление о разрабатываемой информационной системе ДЮСШ, что значительно упростит дальнейшую программную реализацию.

#### Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2018-2025 годы. Утверждена Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. – № 1642.
2. Виштак О.В. Системы электронного документооборота для вузовских подразделений дополнительного образования / О.В. Виштак, В.И. Жирнов // 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. 58-60.
3. Яковлева Е.А. Информационная система поддержки мониторинга результативности обучения / Е.А. Яковлева, Н.М. Виштак // Сборник трудов научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 109-112.
4. Михеев И.В. Система мониторинга образовательного процесса вузовского центра дополнительного образования / И.В. Михеев, О.В. Виштак // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2013. – №13-2 (59). – С. 210-212.

5. Фадеев И.Ю. Разработка объектно-ориентированной модели информационного ресурса строительной организации / И.Ю. Фадеев, Д.А. Фролов // Сборник трудов IV международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 104-107.

УДК 004.891.3

### **Применение информационных технологий в обеспечении безопасности АЭС**

Яковлева Екатерина Александровна, студент магистратуры, отделение ИКС

Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск

*Данная статья посвящена растущим требованиям к безопасности электростанций, а также автоматизации производства. Рассмотрены системы предотвращения аварийных ситуаций с помощью системы Smart-MES.*

Безопасность атомной энергетики является ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность ядерной энергии по сравнению с другими видами производства электроэнергии, такими как: гидроэнергетика, тепловая электроэнергетика, а также альтернативные способы получения электрической энергии, например, применение ветровой, солнечной и приливной энергии.

Несмотря на крайне высокую степень защищенности объектов АЭС в самых развитых странах мира произошло три ужасающих аварии. А именно: «Three-Mile Island», 1979 г., США; Чернобыльская АЭС, 1986 г., СССР; АЭС «Fukushima-1», 2011 г., Япония. Данные аварии доказали, что вероятность технической аварии не столь мала [1].

Основными причинами высокой аварийности при эксплуатации труднодоступного оборудования (например: трубы) являются: устаревание действующего оборудования, сокращение ремонтных мощностей, длительность работ по замене отработавших срок компонентов [2].

Исследование методов обеспечения надежности и долговечности функционирующих объектов и оборудования энергоблоков АЭС, ТЭЦ и других электростанций является очень важной предметной областью. В связи с данными исследованиями было введено понятие новейшей теории аварий, которая является

довольно узконаправленной областью, дающей возможность своевременного недопущения развития аварийной ситуации [3].

Впервые понятие «теория аварий» было введено фирмой ООО «Фирма ИнформСистем», разработавшей технологию создания самоорганизующихся ИТ-систем, применимых для любого вида промышленности (АЭС, ТЭЦ, ГЭС, ПГУ и другие).

В теории аварий было введено понятие «некорректное возмущение», которое объединяет любые технологические изменения, которые, так или иначе, нарушают нормальный ход производства на АЭС: износ оборудования (например: коррозия), сбой автоматики, ошибка оператора и другие, так называемые «дискретные изменения».

Износ, равно как и коррозия, с годами отрицательно сказываются на полноценном функционировании электростанции, а значит, эти факторы являются (согласно теории аварий) некорректными возмущениями.

На АЭС для предотвращения аварийных ситуаций существует многоэшелонная защита. Она срабатывает при превышении количества некорректных возмущений допустимого числа, подводящего к критической массе. С одной стороны, безопасность АЭС обеспечивает надежная защита. Но с другой стороны согласно теории вероятности даже самые надежные механизмы дают сбой.

Если появившиеся некорректные возмущения оперативно обнаруживать и предотвращать, то приближение критической массы этих некорректных возмущений вообще не произойдет, а, следовательно, и защиты никогда не будут срабатывать. Таким образом, АЭС станет безаварийной [4].

ООО «Фирма ИнформСистем» разработала самоорганизующуюся ИТ-систему ИИ Smart-MES, которая является работающим прототипом современного искусственного интеллекта, который был успешно протестирован на ряде электростанций (ТЭЦ, ГРЭС, АЭС) для интеллектуального расчета различных показателей [3].

Таким образом, Smart-MES – это система управления производством, которая оперативно предоставляет объективную и подробную информацию руководству компании.

Все технологические задачи проектируются в текстовых проектах. При компиляции этих проектов Smart-MES автоматически (и самостоятельно) настраивается и организуется.

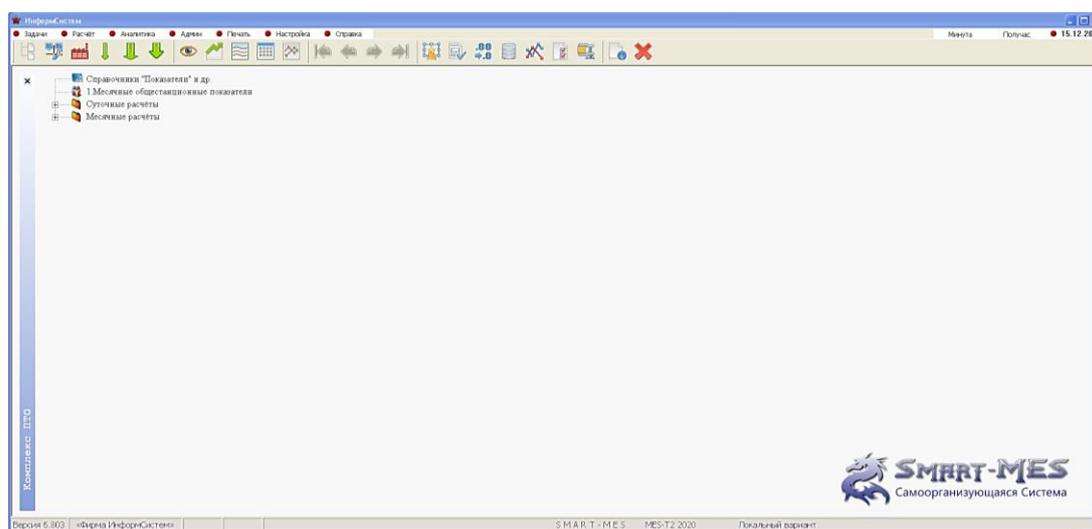
Разработчики системы используют технико-экономические показатели (ТЭП) для минимизации расхода топлива, а именно:

- получасовой и поминутный расчет перерасхода топлива;

– получение всех показателей с различными интервалами при помощи интегральных исчислений из получасовых значений, поскольку вычисления на больших интервалах (например: день, месяц) являются строго неверными из-за криволинейности нормативных графиков, которые, плюс ко всему, искажены полиномами;

– внедрение для оперативного управления электростанцией и для прогнозирования закупок топлива интеллектуального механизма с базой знаний оптимальных получасовых технологических срезов ( $\Delta$ ,  $Q$ ,  $B$ ,  $R_i$  – электроэнергия, теплоэнергия, топливо, режимы оборудования).

Интерфейс вышеописанной системы изображен на рис. 1.



*Рис. 1. Интерфейс системы Smart-MES MES-T2 2020*

Целью создания системы являлось автоматизированное управление производством электрической и тепловой энергии электростанции в режиме реального времени (со значительной минимизацией затрат топлива), а также – что является наиболее важным фактором – предупреждение аварийных ситуаций [3].

Методология построения Smart-MES ориентирована на простую реализацию любых алгоритмов. Программисты для данного вида работы не потребуются.

Таким образом, система Smart-MES MES-T2 2020 решает следующие технологические задачи:

1) Автоматический ввод данных из уже существующих средств сбора информации. Каждая из сотен электростанций имеет свои (уникальные) различные средства сбора данных с датчиков давления и температуры, а также со счетчиков электроэнергии: АСКУЭ, АСКУТ, АСКУГ (автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии, тепла, газа) и прочее. Все они имеют различную идеологию, разных разработчиков и свои базы данных (БД). Поэтому из всех этих БД

нужно собрать необходимую информацию в единую базу в необходимые промежутки времени.

2) Ручной ввод суточных и ежемесячных данных. Ежемесячный ввод данных используется для установки плановых показателей для задач, выполняемых за месяц. Ежедневный ввод используется для недостающих исходных параметров автоматического ввода и для условно-постоянных показателей. В данном случае ежедневные значения преобразовываются в получасовые и поминутные БД.

Функциональные возможности системы Smart-MES MES-T2 2020 изображены на рис. 2.

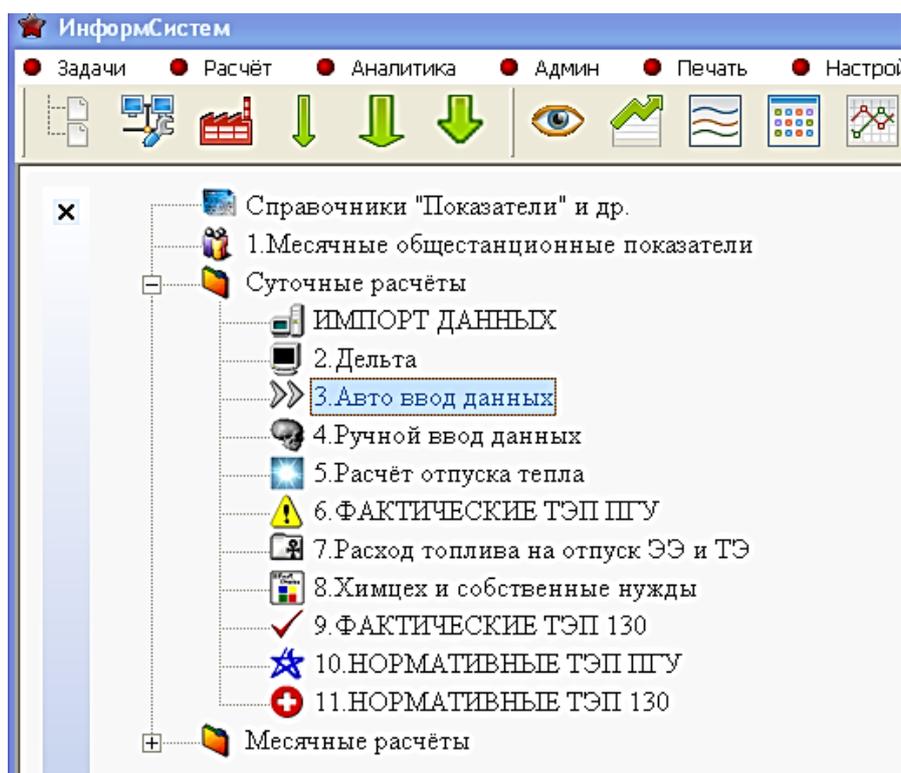


Рис. 2. Функциональные возможности системы Smart-MES MES-T2 2020

3) Расчет ТЭП оборудования и электростанции в целом. Все технологические задачи составляются в виде текстовых проектов на понятном инженерном метаязыке с помощью инструментального средства «Конструктор проектов» (рис. 3), где алгоритмы формируются с помощью заданных шаблонов.

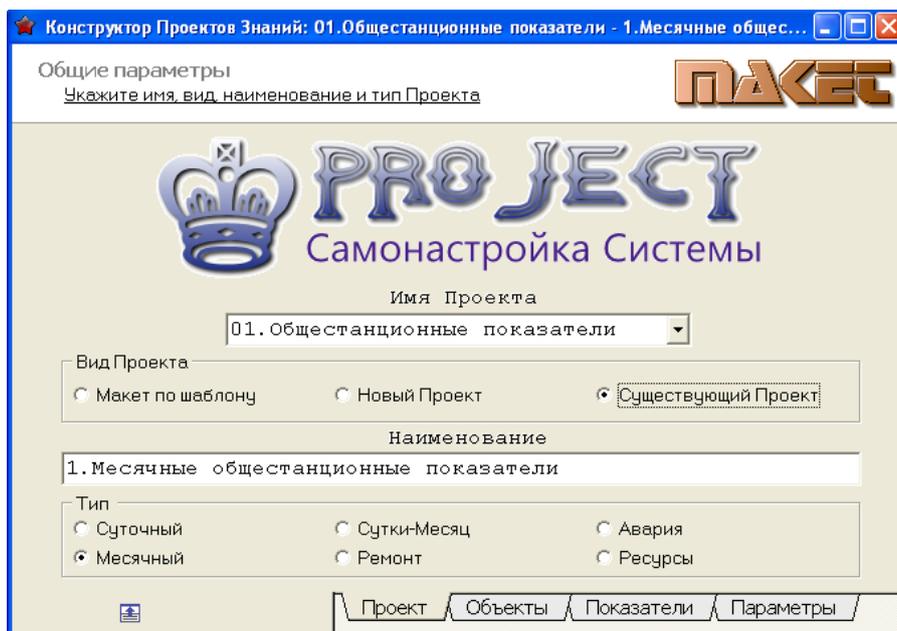


Рис. 3. Конструктор проектов

4) После компиляции проектов автоматически создаются: базы данных, экранные формы, отчеты и расчетные DLL-программы.

5) В результате полный расчет ТЭП (фактических и нормативных ТЭП, теплоснабжения, затрат на нужды и потери электроэнергии и тепла) для средней электростанции включает 20000 показателей и сотни энергетических характеристик оборудования и нормативных графиков. Smart-MES выполняет расчет менее чем за секунду.

6) Мониторинг текущего перерасхода топлива и других показателей на блочном щите управления. Расходы топлива составляют более 50% от стоимости электроэнергии и тепла. В связи с этим минимизация затрат является основной целевой функцией управления производством электростанции.

7) Выработка рекомендаций по оптимальной загрузке основного оборудования, что также дает экономию топлива на 3-5 %.

8) Расчет необходимого прогнозного количества топлива. В данном случае достаточно указать планируемый график поставок электроэнергии и тепла, а также информацию о работающем оборудовании.

9) Изучение и выявление некорректных срабатываний дискретных сигналов в аварийных ситуациях. Если изменение обнаружено, анализируется его корректность.

10) Представление прошлой и текущей аналитики исходных и расчетных показателей. Для аналитики представлены различные инструменты: обзор показателей, оперативный журнал, оперативный мониторинг и другие.

11) Передача необходимых данных на верхний уровень. Любая информация может быть передана по интернету, включая оперативные данные по перерасходу топлива, а также основным текущим показателям электростанции.

12) Формирование ежемесячных отчетных документов. Отчетные документы формируются как ежемесячные задачи. Ежемесячные данные получают накоплением суточных данных, а суточные и сменные – накоплением получасовых.

13) Построение электрических и тепловых графических схем с выводом динамической информации.

14) Графический векторный редактор позволяет разрабатывать иерархические технологические схемы с представлением энергетических примитивов, рисунков и текстов. Текущие аналоговые и дискретные данные могут быть выведены на схемы.

15) Своевременное внесение изменений в алгоритмы технологических задач [3].

#### Литература

1. Васильев А.Д. Моделирование тяжелых аварий на АЭС: учеб. пособие / А.Д. Васильев. – М.: МФТИ, 2012. – 196 с.

2. Хаустов А.П. Проблемы планирования и предупреждения аварийных ситуаций на нефтепроводах / А.П. Хаустов, М.М. Редина. // Журнал "Право и безопасность". – 2010. – №2 (35).

3. Фирма ИнформСистем // Искусственный Интеллект Smart-MES. [Электронный ресурс] URL: <http://www.inform-system.ru> (дата обращения: 03.11.2018).

4. Masashi Tsuji, Stability Analysis of BWRs Using Bifurcation Theory. / Masashi Tsuji, Katsuhisa Nishio, Masakuni Narita, Yuichi Ogawa, Michitsugu Mori. Department of Nuclear Engineering, Hokkaido University, 1993.

**СЕКЦИЯ 3**  
**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**  
**В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УПРАВЛЕНИИ»**

УДК 621.039

**Испытательный стенд гамма-контроля металлобетонного  
контейнера для отработанного ядерного топлива**

Алемаскина Мария Павловна, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах», декан факультета

«Атомная энергетика и технологии»;

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

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

*В статье представлены конструктивные особенности и принцип работы испытательного стенда гамма-контроля металлобетонных контейнеров, предназначенных для хранения и транспортировки отработанного ядерного топлива реакторов АЭС.*

Одной из важнейших проблем ядерной энергетики является безопасность, а именно – надежное хранение и транспортировка отработанного ядерного топлива (ОЯТ).

Длительное время не только в России, но и за ее пределами, например, в Германии, использовали металлические (выполненные из стали или чугуна) контейнеры как для отработанного ядерного топлива реакторов атомных объектов – станций, субмарин, исследовательских реакторов, так и для радиоактивных отходов. В конструкторском бюро специального машиностроения разработан металлобетонный контейнер (МБК), являющийся основой транспортно-упаковочного комплекта для сухого долговременного экологически безопасного хранения и транспортировки ОЯТ.

Металлобетонный контейнер представляет собой три соосных цилиндра из специальной стали, между которыми расположен армокаркас с особо прочным сверхтяжелым бетоном высокой пластичности. Транспортно-упаковочный комплект МБК должен выдерживать условия испытаний, имитирующих аварии при

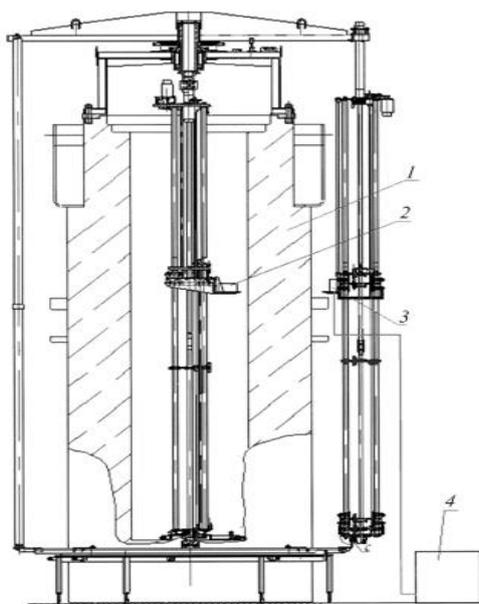
транспортировке – падение с высоты 9 метров на недеформируемую плиту и с высоты 1 метр – на штырь, а также тепловые испытания. Поскольку основным радиационным воздействием отработанного ядерного топлива является гамма-излучение, уровень радиационной защиты МБК определяется массовой толщиной стенки контейнера. Кроме того, на качество радиационной защиты могут влиять нарушения сплошности бетонного наполнителя, расслоение бетона, нарушения толщины корпуса и прочее. Таким образом, существует задача дефектоскопии металлобетонного хранилища ОЯТ.

Одним из методов испытания металлобетонной защиты (МБЗ) является гамма-контроль. Суть метода заключается в следующем: при облучении испытуемой металлобетонной защиты (в данном случае стенки контейнера) радиоисточником проводится измерение проникающего излучения в единицах скорости счета (имп/с) или мощности эквивалентной дозы (МЭД) (мкР/ч):  $N=f(\alpha, h)$ , то есть получение функции двух координат защиты – горизонтальной (в данном случае азимутального угла контейнера) и вертикальной.

Результатом измерения одной горизонтали является графическая зависимость интенсивности гамма-излучения от азимута, отражающая обнаруженный дефект бетонной прослойки (полости, щели) в виде пика, по длине основания которого (ось абсцисс) оценивается протяженность дефекта по периметру, высота дефекта при этом определяется числом дорожек, на которых этот пик повторяется, при известном шаге между дорожками. Набор дорожек по вертикали (сканирование всей боковой стенки) дает полную картину защиты корпуса контейнера. Оценка качества защиты осуществляется с использованием эталона – образца минимальной массовой толщины металлобетонной защиты.

В процессе контроля радиационной защиты соответствующее изделие располагается в рентгенкамере, недоступной во время эксперимента оператору, находящемуся за пультом дистанционного управления. Контроль проводится с выводом информации на экран дисплея вычислительной машины и ее записью в виде текстовых файлов периметров сканирования контролируемой стенки металлобетонного контейнера.

Техническим решением дефектоскопии металлобетонного хранилища отработанного ядерного топлива является разработанный в Петербургском институте ядерной физики (ПИЯФ) испытательный стенд СГАК – «Стенд Гамма-Контроля», конструкция которого представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Стенд контроля металлобетонной защиты СГАК:  
1 – контейнер; 2 – гамма-источник; 3 – детектор; 4 – пульт*

Стенд представляет собой электромеханическое устройство, выполняющее синхронное перемещение пары радиоактивный источник-детектор (И-Д) по периметру и высоте контролируемого контейнера со сканированием всей его боковой поверхности. В стенде предусмотрены защита от рассеянного и коллимирование рабочего излучения.

Пара радиоактивный источник-детектор перемещается синхронно с постоянной скоростью по образующей контейнера за определенное время, затем смещается вертикально с заданным постоянным шагом для прохождения всех «дорожек» от верхней до нижней отметки по вертикали контейнера.

Кинематическая часть стенда представляет собой устройство, монтируемое на контейнере с использованием верхней крышки. Верхний узел, собранный на основе неподвижной крестовины, устанавливаемой под крепеж крышки контейнера, является несущим для всей конструкции стенда. Связанная через редукторную систему крестовина обеспечивает вращательное движение внутренней и внешней колонн, несущих каретки контейнера-коллиматора источника и детектирующего блока.

Для осуществления перемещения пары радиоактивный источник-детектор по кругу и по вертикали и для определения текущей угловой координаты используются шаговые двигатели. Каретка в каждой из колонн смещается по вертикали с помощью ходового винта, на верхнем конце которого установлен абсолютный многооборотный угловой датчик, дающий текущую вертикальную координату. Устройство также содержит концевые выключатели: по два на каждой из колонн (верхний и нижний) и

два – для осуществления вращательного движения, являющиеся ограничителями движения по периметру для исключения обрыва кабелей системы.

На пульте дистанционного управления стенда имеется монитор системы видеонаблюдения, позволяющей отслеживать кинематику внутри контейнера (перемещение каретки источника, редукторную систему и прочее) и картину в рентгенкамере.

Одноканальный сцинтилляционный спектрометр, используемый для детектирования гамма-квантов, окружен дополнительной свинцовой оболочкой, осуществляющей защиту боковой поверхности детектора от рассеянного излучения.

Для оснащения стенда техническими средствами управления перемещениями в азимутальном и вертикальном направлениях двух кареток с размещенными на них источником и детектором излучения использован комплект аппаратных средств управления перемещениями по трем осям (дополнительно используется резервный канал). На каждой оси расположен шаговый двигатель и абсолютный датчик позиционирования с синхронным последовательным интерфейсом (SSI). На рис. 2 представлен внешний вид комплекта управляющей электроники.



*Рис. 2. Внешний вид комплекта управляющей электроники*

Комплект управляющей электроники состоит из отдельных функционально законченных модулей: блока питания, драйвера шаговых двигателей и контроллера, осуществляющего управление шаговыми двигателями, чтение угловых датчиков и связь с компьютером по интерфейсу USB и/или RS-485.

Контроллер системы создан на основе микропроцессора C8051F342, обеспечивающего логическое управление работой шаговых двигателей, непосредственный съем данных с датчиков углового перемещения, а также связь с компьютером. Контроллер имеет гальваническую изоляцию от драйвера шаговых двигателей, от компьютера (RS-485) и от угловых датчиков.

Вследствие совершенствования технических средств автоматизации и управления, являющихся основой испытательного стенда гамма-контроля, осуществляется его модернизация, заключающаяся в следующем:

- замена контроллера на промышленный серийно выпускаемый контроллер с источником питания;
- замена технически устаревших элементов и блоков на современную унифицированную элементную базу;
- организация рабочего места оператора, исключая влияние на работу установки.

С целью модернизации аппаратно-программного комплекса СГАК разработан комплекс технических средств на основе серийно выпускаемой современной продукции Siemens, который удовлетворяет всем необходимым требованиям и является достаточным для реализации структуры и функций системы. Комплекс технических средств включает в себя:

- термопреобразователь сопротивления ТСМ Метран-243 (50М), предназначенный для измерения температуры малогабаритных подшипников;
- вторичный термопреобразователь SITRANS TW фирмы Siemens для ТСМ Метран-243;
- три абсолютных многооборотных датчика Siemens с интерфейсом SSI;
- SIMATIC S7-300 – модульный универсальный программируемый контроллер, включающий центральный процессор Siemens CPU 315-2 PN/DP со связью с персональным компьютером через интерфейс Ethernet;
- модуль аналогового ввода Siemens SM 321;
- дискретный модуль Siemens SM 321;
- модули позиционирования шаговыми двигателями Siemens FM353;
- модуль Siemens SM 338 POS SSI;
- модуль счета Siemens FM 350-1;
- блок питания Siemens PS 307.

В результате модернизации аппаратно-программного комплекса СГАК за счет применения современных технических средств управления:

- повышается уровень автоматизации;
- снижается дозовая нагрузка на оператора комплекса за счет сокращения времени его пребывания вблизи установки;

- повышается уровень технического обслуживания, ремонта и замены оборудования.

#### Литература

1. Положение о службе радиационной безопасности, учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов ядерных установок отдела ядерной и радиационной безопасности ядерных установок управления ядерной и радиационной безопасности. Инв. №14 РК-037.00П, Гатчина, 2014.
2. Щиголев Н.Д. Вопросы гамма-контроля качества сложной металлобетонной защиты / Н.Д. Щиголев, О.М. Голубев // Петербургский ин-т ядерной физики им. Б.П. Константинова, ПИЯФ. – Гатчина, 2005.
3. Дефектоскопия металлобетонного хранилища для отработанного ядерного топлива / Н. Д. Щиголев [и др.] // Петербургский ин-т ядерной физики им. Б.П. Константинова, ПИЯФ – Гатчина, 2010.
4. Многоканальные аппаратные средства управления перемещениями с использованием шаговых двигателей и абсолютных датчиков позиционирования с синхронным последовательным интерфейсом / Я.А. Касман [и др.] // Петербургский ин-т ядерной физики им. Б.П. Константинова, ПИЯФ. – Гатчина, 2009.
5. Контроль качества металлобетонного хранилища для отработанного ядерного топлива / Н.Д. Щиголев [и др.] // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81. – Вып. 8.

## **Сравнительный анализ методов оценки надежности оборудования атомных электростанций**

Амантурлиева Юлия Жангельдыевна, студент направления

«Управление в технических системах»;

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

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

*Сегодня доля атомной отрасли в энергетике в связи с ее многими преимуществами непрерывно возрастает. Однако имеется и потенциальная опасность атомных станций. Надежность оборудования АЭС при их эксплуатации определяется высокой точностью расчетов на стадии их разработки. В статье проведен сравнительный анализ методов оценки надежности оборудования АЭС. Рассмотрены методы расчета надежности элементов атомной электростанции. Приведены результаты сравнительного анализа методов расчета.*

На сегодняшний день в странах, где экономика развивается стремительно, уделяется особенное внимание вопросам анализа и обработки надежности оборудования в связи с их износом. Особенно актуальна данная проблема в ядерно-энергетической отрасли. Основные мощности ядерной энергетики были запущены в эксплуатацию в семидесятые годы двадцатого столетия. В настоящее время большее количество энергоблоков приближается к границе своего назначенного ресурса, который равен двадцати пяти-тридцати годам эксплуатации. Но многолетняя практика использования оборудования показала, что и отдельные системы, и атомные электростанции в целом, обладают еще достаточным запасом ресурса. Поэтому повышение уровня надежности оборудования помогает существенно решить ряд имеющихся проблем:

- необходимость строительства замещающих мощностей;
- выделение финансовых средств на вывод оборудования из эксплуатации;
- износ ресурса систем АЭС.

Оценка показателей надежности оборудования по модели структурной надежности включает в себя следующие этапы [2]:

1. инженерный анализ конструкции рассматриваемого оборудования, условий его эксплуатации (определение основных факторов, приводящих

к потере работоспособности, характера отказа и возможности контроля состояния оборудования и узлов) с целью получения информации, необходимой для построения и обеспечения исходных данных модели структурной надежности;

2. определение показателей надежности составных элементов оборудования;
3. расчет показателей надежности оборудования в целом.

Для оценки показателей надежности оборудования может быть использована модель структурной надежности, представляющая собой логическую схему, отражающую взаимодействие элементов системы друг на друга. По модели структурной надежности можно судить о работоспособности оборудования. Существует два вида модели структурной надежности: модель, где случайный процесс функционирования оборудования представляется в виде композиции элементарных случайных процессов, а условие неработоспособности представляется в виде критических групп элементов, минимальных наборов элементов, одновременное нахождение которых в состоянии отказа означает отказ рассматриваемого оборудования как целого; второй вид – это модель, в которой описание процесса функционирования происходит на основе марковской модели надежности с непрерывным временем и конечным числом состояний.

Оценка надежности элементов атомных электростанций основывается на анализе эмпирических данных за надежность оборудования или его аналогов в эксплуатации, на информации по их испытаниям на надежность, а также на основе проведения структурной обработки надежности объектов и изучения причин возникновения их отказов.

Наиболее часто для оценки надежности элементов АЭС используют:

- статистический метод,
- метод, основанный на ускоренных испытаниях,
- метод факторного анализа.

Статистический метод применяют, если обладают статистическими данными о надежности исследуемого изделия за установленный период эксплуатации или по результатам испытаний в режимах, соответствующих эксплуатационным, на надежность.

На основании статистических данных получают эмпирическую кривую  $R(t)$  для вероятности безотказной работы и эмпирическую функцию для интенсивности отказов  $\lambda(t)$ , а также определяют наиболее соответствующий теоретический закон

распределения времени безотказной работы. Исходная информация для расчета  $R(t)$ ,  $\lambda(t)$  задается в виде функции  $N(t)$  – числа изделий с наработкой не менее  $t$  – и  $d(t)$  – число отказов в зависимости от наработки. Условная вероятность безотказной работы для изделий, проработанных время  $t$  на интервале, в котором изменение числа изделий произошло только за счет отказов, можно рассчитать по формуле:

$$R\left(t/\xi_{i-1}\right) = \frac{N(t)}{N(\xi_{i-1})} \quad (1)$$

Для получения значений эмпирической функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$  весь диапазон наработки разбивается на интервалы так, чтобы на каждом из них было несколько отказов, желательно равномерно размещенных. Для определения интенсивности отказов необходимо ввести функцию  $s(t)$ , имеющую смысл текущей суммарной наработки изделий к моменту  $t$ .

$$S(t) = \int_0^t N(t) dt \quad (2)$$

Тогда среднее значение интенсивности отказов на каждом интервале определится как:

$$\lambda_e = \frac{d(\tau_e) - d(\tau_{e-1})}{s_e} \quad (3)$$

Рассмотренные принципы построения эмпирических функций вероятности безотказной работы и интенсивности отказов целесообразно применять при значительном числе отказов. Аппроксимация полученных кривых позволяет прогнозировать ожидаемое число отказов.

Для качественной оценки надежности оборудования необходимо определить вид закона распределения времени безотказной и интенсивности отказов. Этот закон может иметь экспоненциальный вид, вид закона Вейбулла, логарифмически нормальный, нормальный и усеченный. Для каждого закона необходимо вычислить коэффициент корреляции и в качестве закона распределения выбирается тот, которому соответствует большее значение коэффициента корреляции.

Главной задачей метода ускоренных испытаний является сокращение времени испытаний для получения оценок показателей надежности. При этом используются форсированные или сокращенные испытания. Испытания являются форсированными, если ускорение изучаемого процесса достигается за счет ужесточения режима работы. Испытания являются сокращенными, если они проводятся при нормальных условиях, а ускорение достигается за счет использования большего числа изделий и определенных статических моделей. Для оценки показателей надежности оборудования АЭС и составляющих его элементов, прежде всего, должны использоваться форсированные

испытания, которые характеризуются режимом испытаний и позволяют определить меру ресурса работоспособности.

Режим задается вектором  $\bar{X}=(X_1(t), X_2(t)\dots X_n(t))$ , компоненты которого представляют собой набор основных воздействующих факторов. Форсирование достигается ужесточением одного или нескольких компонентов  $X$ . Для оценки надежности данным методом используется такая величина, как мера работоспособности:

$$T_x^{(w)}=F_x^{-1}(w), \quad (4)$$

где  $F_x^{-1}(w)$  – интегральный закон распределения случайной величины срока службы для наработки изделия до отказа.

Возможность использования форсированных испытаний для определения показателей надежности зависит от существования некоторой функции  $\varphi(z,x,w)$ , которая связывает режим и меры ресурса работоспособности. В этой функции используется физический смысл надежности, заключающийся в том, что в некотором диапазоне режимов надежность зависит от величины выработанного ресурса и не зависит от того, как он выработан и в какой последовательности режимов.

В случае возможности применения чисто статистических оценок надежности нового изделия более целесообразным подходом является использование факторного анализа. Факторный анализ заключается в подборе на основе экспериментальных данных приближенной зависимости между фактором, влияющим на функционирование изделия, характеристики изделия или непосредственно показатели надежности изделия. Этот метод может быть применен на различных стадиях проектирования, как к изделию-прототипу, так и ко вновь проектируемому изделию.

В первом случае подобный анализ позволяет количественно определить степени влияния отдельных факторов (например: технических параметров, условий эксплуатации и т.д.) на показатели надежности, с тем, чтобы в дальнейшем распространить полученные зависимости на проектируемое изделие, отличающееся от прототипа количественными значениями указанных факторов и оценить его показатели надежности.

Во втором случае факторный анализ позволяет непосредственно на основе данных экспериментов получить оценки надежности проектируемого изделия.

В общем случае определение показателей надежности на основе факторного анализа включает в себя следующие этапы:

- построение модели реакции изделия на влияющие факторы;

- построение модели вероятностей реализации значения влияющих факторов;
- определение понятия отказа;
- определение показателей надежности на основе информации, полученной на предыдущих трех этапах.

В табл. 1 приведен сравнительный анализ методов оценки надежности оборудования атомных электростанций. Проведенный анализ показал, что каждый из методов обладает рядом преимуществ и недостатков.

Таблица 1

Сравнительный анализ методов оценки надежности оборудования атомных электростанций

Метод оценки надежности оборудования	Решаемые задачи	Достоинства	Недостатки
Статистический метод	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение (контроль) количественных показателей надежности.</li> <li>- Определение причин отказов.</li> <li>- Выявление деталей, ограничивающих надежность системы.</li> <li>- Накопление данных для прогнозирования надежности вновь создаваемых изделий.</li> <li>- Выявление условий и режимов эксплуатации, влияющих на надежность.</li> <li>- Оценка экономической эффективности повышения надежности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокая достоверность результата метода.</li> <li>- Получение исходных данных для решения всего комплекса перечисленных задач.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Трудоемкая и дорогостоящая организация длительного постоянного наблюдения эксплуатации.</li> </ul>
Метод, основанный на ускоренных испытаниях	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Оценка надежности при малых значениях вероятности отказов.</li> <li>- Оптимизация норм расхода запасных частей, системы технического обслуживания и ремонта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Быстрое получение необходимой информации.</li> <li>- Отсутствие финансовых затрат.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Результат метода некорректно применять к новому разрабатываемому оборудованию.</li> </ul>
Метод факторного анализа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Оценка экономической эффективности повышения надежности.</li> <li>- Контроль количественных показателей надежности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Универсальность применения.</li> <li>- Простота расчетов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- С увеличением числа отказов возрастает сложность вычислений.</li> <li>- Невысокая достоверность результатов в сравнении с другими методами.</li> </ul>

## Литература

1. Амантурлиева Ю.Ж Оценка надежности элементов АЭС при переходе с 12 -на 18-месячный цикл обслуживания / Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова, М.А. Фролова // Сборник тезисов VII международной молодежной научной школы-конференции. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 190-191.

2. Надежность оборудования реакторных установок АЭС. Руководящий технический материал, 1988. – 196 с.

3. Фролова М.А. Надежность элементов атомной станции / М.А. Фролова, Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 55-57.

УДК 621.039

### **Пути повышения надежности элементов атомной станции**

Белякова Наталия Олеговна, студент направления

«Управление в технических системах»;

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

*В статье рассмотрены пути повышения надежности элементов атомной станции. Рассмотрены методы расчета надежности элементов атомной электростанции. Приведены результаты расчета надежности топливной матрицы АЭС при переходе с 12- на 18-месячный топливный цикл.*

На сегодняшний день особое место в производстве электрической и тепловой энергии занимает ядерная энергетика. Огромная энергоемкость, возможность повторного использования материала, отсутствие вредных выбросов – те достоинства, на которые ориентируются страны при решении внедрить атомную электростанцию в энергетический блок. Так, уже в 31 стране мира эксплуатируется 193 атомных электростанции с 449 энергоблоками, 55 энергоблоков находятся в стадии строительства, 174 энергоблока закрыты [4].

Экологичность АЭС является достаточно весомым преимуществом по сравнению с другими типами электростанций. Тем не менее, всегда есть вероятность возникновения аварийной ситуации, влекущей за собой тяжелые последствия, снизить в разы которую можно посредством моделирования каждого отказа, от «незначительного» до максимальной проектной аварии, с последующими предложениями по его предупреждению или предотвращению при его появлении. Поэтому надежность составляющих АЭС является всегда актуальной проблемой.

До ввода АЭС в постоянную эксплуатацию к ядерному реактору предъявляется ряд требований, задача которых заключается в обеспечение надежности его функционирования. Так, необходимыми составляющими являются обеспечение высокого качества проектирования, изготовления и монтажа оборудования, технологическое и схемное исключение опасных последствий любых единичных отказов, разработка путей предотвращения последствий возможных аварийных ситуаций.

Система управления и защиты, а также система аварийной защиты являются обязательными компонентами любого реактора. Первая позволяет осуществить выбор режима протекания управляемой цепной реакции деления, вторая необходима для быстрого прекращения реакции при возникновении аварийной ситуации.

Надежность и эффективность систем управления современных АЭС базируется на выполнении таких факторов, как функциональная децентрализация системы, т.е. разбиение технологической системы энергоблока на функционально-технологические комплексы, подсистемы, группы и отдельное оборудование; создание распределенных, интегрированных автоматизированных систем управления технологическим процессом (далее АСУ ТП) с иерархической структурой и применение в них специальных разработанных для АЭС средств. Кроме того, особое внимание уделяется резервированию программно-технических средств и их диагностированию на уровне функциональных модулей. Важную роль в повышении надежности СУЗ играют компьютеризированные средства, используемые на блочном пункте управления, средства вычислительной техники, внедряемые в управляющую систему безопасности, а также применение стандартных способов передачи данных, стандартных протоколов, операционных систем, реляционных баз данных.

АСУ ТП АЭС – это интегрированная, иерархическая структура системы управления, объединяющая АСУ ТП общестанционной части и АСУ ТП энергоблоков [5]. Таким образом, система контрольно-измерительных приборов и автоматизации подразделяется на большое количество подсистем, выполняющих соответствующие

функции, в свою очередь каждая подсистема образуется множеством каналов, каждый из которых выполняет свойственные данной подсистеме функции по отдельным параметрам. Каналы КИПиА включают в себя датчики, преобразователи, вторичные приборы, блоки сигнализации, устройства коммутации, блоки управления, импульсные линии, электрические линии связи.

Как правило, канал может выполнять более одной функции. В соответствии с этим в качестве показателей надежности рассматриваются показатели надежности отдельных составляющих систему каналов: каждого канала в целом и, если канал выполняет более одной функции, тот по любой из выполняемых им функций.

Определение надежности канала системы КИПиА определяется на основании сформированной модели его структурной надежности. Построение модели осуществляется для основного режима реакторной установки, то есть для режима работы на постоянном энергетическом уровне. Сначала по схеме канала проводится инженерный анализ принципиальной, в соответствии с которым определяются условия неработоспособности канала. Затем составляется расчетная схема в соответствии с главными показателями надежности каналов системы КИПиА, к которым относятся показатели безотказности, ремонтпригодности, комплексные показатели и параметр потока отказов. Предполагается, что отказ канала при этом является определенной комбинацией независимо от наступающих отказов элементов.

Расчет показателей надежности каналов производится по одной из двух моделей структурной надежности в зависимости от того, какая из них наиболее точно отражает процесс функционирования канала. Первой моделью является марковская модель, основывающаяся на решении системы дифференциальных уравнений для вероятностей состояний канала. Вторая модель строится на расчете коэффициента неготовности и параметра потока отказов. Коэффициент неготовности при этом представляет собой отношение длительности периода неготовности, вызванной отказом аппаратуры, к общему времени наблюдения. На основании полученной модели предлагаются пути повышения надежности канала и способы устранения вероятности возникновения отказа. [3]. Также при расчете показателей надежности учитывается многократное дублирование каналов безопасности.

Кроме СУЗ надежность функционирования активной зоны Российских АЭС определяется четырьмя барьерами безопасности. Первым барьером является топливная матрица, предотвращающая выход продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента, которая при этом образует следующий барьер системы безопасности, защищающий от проникновения продуктов деления в теплоноситель

главного циркуляционного контура. Он в свою очередь создает третий барьер, препятствующий выходу продуктов деления под защитную герметичную оболочку. Цель последнего барьера, системы защитных герметичных оболочек, направлена на исключение возможности выхода продуктов деления в окружающую среду [2].

Переход на восемнадцатимесячный межремонтный цикл является одним из способов повышения уровня безопасности эксплуатации энергоблоков АЭС. Для осуществления перехода проводится ряд мероприятий по модернизации ядерного топлива, с последующим за ней внедрением тепловыделяющей сборки с удлиненным топливным столбом и жестким каркасом, появлением возможности применения новых перспективных сплавов для изготовления оболочек тепловыделяющих элементов и т.д. Несомненно, все это положительно влияет и на технико-экономические характеристики [1,6].

Целесообразность такого перехода прослеживается из расчетной оценки топливных циклов, в соответствии с которой подтверждается возможность безопасной и надежной эксплуатации элементов АЭС при работе в увеличенных межремонтных циклах (рис. 1).

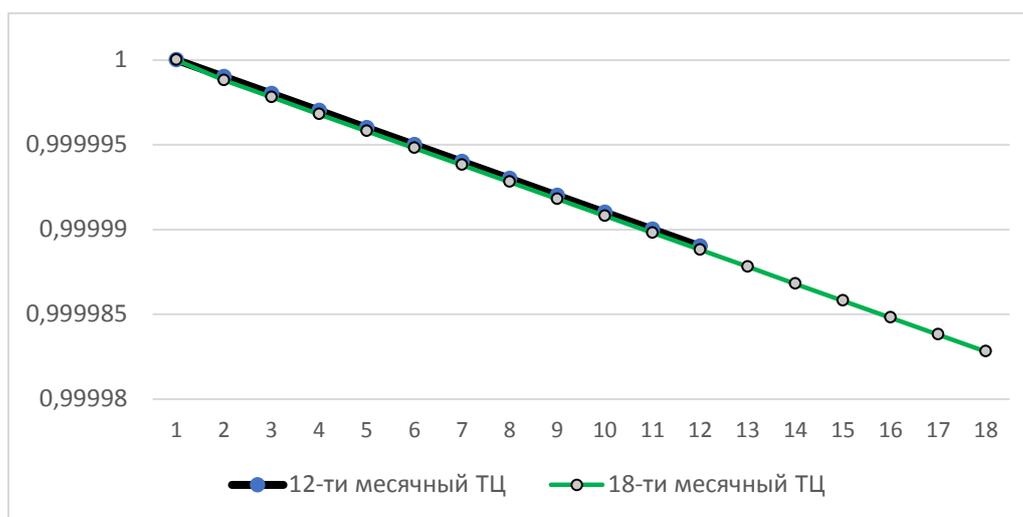


Рис. 1. Вероятность безотказной работы топливной матрицы при 12- и 18-месячном топливном циклах

Таким образом, обеспечение безопасности и надежности эксплуатации АЭС является достаточно трудоемким, требующим особого внимания процессом. Именно реальная угроза окружающей среде при аварийной ситуации и трагические примеры несколько халатного отношения при эксплуатации АЭС являются тем фактором, из-за которого ряд государств до сих пор не готов использовать ядерную энергетику. Поэтому, несмотря на резервирование существующих систем управления и защиты элементов АЭС, всегда имеется вероятность возникновения отказа. Ввиду этого необходимо постоянно осуществлять проверку оборудования на соответствие

предъявляемым требованиям обеспечения надежности, а также находить новые способы ее повышения.

#### Литература

1. Амантурлиева Ю.Ж Оценка надежности элементов АЭС при переходе с 12 -на 18-месячный цикл обслуживания / Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова, М.А. Фролова // Сборник тезисов VII международной молодежной научной школы-конференции. – М: НИЯУ МИФИ, Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С.190-191.

2. Безопасность российских АЭС ROSATOM.RU // Росатом. [Электронный ресурс] URL: <http://rosatom.ru/about-nuclear-industry/safety-russian-npp> (дата обращения: 24.02.2019).

3. Надежность оборудования реакторных установок АЭС // Руководящий технический материал. – 1988. – С. 111-120.

4. CRUER.COM: список АЭС мира // Список\_АЭС\_мира. [Электронный ресурс] URL: [http://www.cruer.com/max\\_7612](http://www.cruer.com/max_7612) (дата обращения: 20.04.2019).

5. STUDFILES.NET // Тенденции создания АСУ ТП АЭС. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/4634823/page:9> (дата обращения: 20.04.2019).

6. Фролова М.А. Надежность элементов атомной станции / М.А. Фролова, Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова // Современные технологии в атомной энергетике: сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 55-57.

**Программа для расчета параметров ленточного конвейера на базе «ВСС»**

Дворников Михаил Александрович, студент специальности

«Транспортное строительство»;

Недошивин Владимир Геннадьевич, студент специальности

«Транспортное строительство»;

Ходыкин Даниил Васильевич, студент специальности «Транспортное строительство»;

Зенин Максим Иванович, аспирант кафедры «Транспортное строительство»;

Пачина Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Транспортное строительство»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В статье рассматривается программа для расчета параметров ленточного конвейера на базе «ВСС». Описывается ее устройство и принцип действия. А также рассказывается о плюсах внедрения данной программы на предприятия, ведущие конструирование ленточных конвейеров.*

Ленточные конвейеры являются достаточно распространенным средством транспорта и в последнее время все больше используются в различных отраслях промышленности. При проектировании ленточных конвейеров уходит значительное время на расчет основных параметров [1]. Сократить эти затраты возможно при использовании программного обеспечения, которое было разработано в СГТУ имени Гагарина Ю.А. для расчета основных параметров ленточного конвейера на базе «ВСС», представленное на рис. 1.

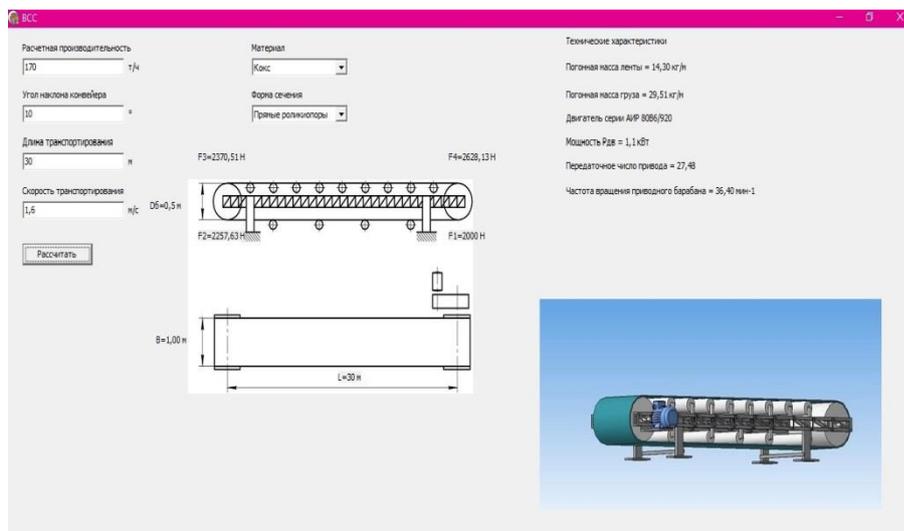


Рис. 1. Программа для расчета параметров ленточного конвейера на базе «BCC»

Спроектирована программа на языке Pascal в программе Delfi 10. Расчет ведется в соответствии с методикой, изложенной в учебном издании «Проектирование подъемно-транспортных установок» Степыгин В.И., Чертов Е.Д. и Елфимов С.А. [2].

Данную программу можно представить в виде нескольких компонентов:

- окно для ввода данных;
- схема трассы ленточного конвейера с основными параметрами и силами натяжения в разных точках;
- технические характеристики рассчитанного конвейера;
- визуальное окно с 3D-моделью ленточного конвейера.

Окна для ввода данных (рис. 2) имеют простую структуру и разделяются на два типа:

- вводимые параметры;
- выбираемые параметры.

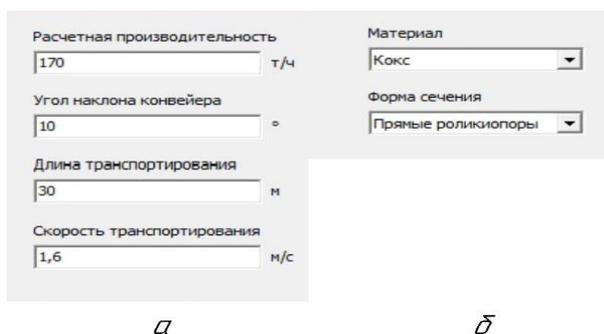


Рис. 2. Окна для ввода данных:  
а – вводимые параметры; б – выбираемые параметры

Как видно из рис. 2, в окне «материал» можно выбрать уже заданные параметры, такие как гравий, известняк, кокс, песок, руда, уголь, цемент и щебень. А при выборе окна «форма сечения» выходит два параметра: прямая и желобчатая.

Схема трассы ленточного конвейера с основными параметрами и силами натяжения в разных точках (рис. 3) показывает наглядно, в каком из положений возникает наибольшая нагрузка. При этом сразу видно габаритные размеры рассчитанного конвейера.

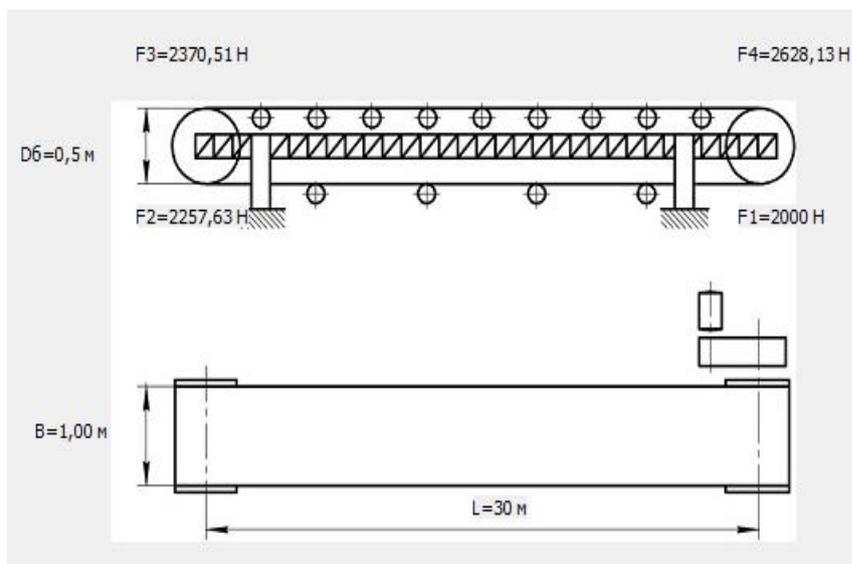


Рис. 3. Схема трассы ленточного конвейера с основными параметрами и силами натяжения в разных точках

Работает программа следующим образом. В окно вводятся основные данные, такие как производительность, скорость, угол наклона и длина транспортирования для расчета ленточного конвейера по прямой трассе. При этом есть два окна для выбора уже имеющихся параметров материала и выбора формы сечения конвейера. После этого происходит расчет. На общее окно выводится схема трассы ленточного конвейера с полученными основными параметрами и силами натяжения в разных точках. При этом также выводятся технические характеристики рассчитанного конвейера, к примеру, погонные массы груза и ленты, мощность электродвигателя и частота вращения приводного барабана. В нижнем окне визуализации располагается 3D модель ленточного конвейера. При запуске данного окна происходит визуальное представление и понимание, как будет выглядеть ленточный конвейер, рассчитанный по данным параметрам.

Основными плюсами данной программы являются следующие показатели:

- простота использования;
- наглядность полученных результатов;

– визуализация 3D-модели.

Использовать данную программу можно на предприятиях, занимающихся проектированием и изготовлением данных видов конвейеров, а также в образовательных программах различных университетов на соответствующих специальностях. Для демонстрации и быстрого расчета, тем самым спроектировав уже часть конвейера.

Данное направление является интересным, так как требует дальнейших разработок и усовершенствования уже существующей программы, которое приведет к полной автоматизации расчета и проектирования всех возможных конвейеров, тем самым сократив время.

#### Литература

1. Захаров А.Ю. Определение рациональных соотношений параметров встроенного в ленту элемента и барабана конвейера на магнитной подушке / А.Ю.Захаров, С.В. Пешков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №2. – С.12.

2. Степыгин В.И. Проектирование подъемно-транспортных установок / В.И. Степыгин, Е.Д. Чертов, С.А. Елфимов. – М.: Машиностроение, 2005. – 288 с.

УДК 621.313

#### **Особенности тепловизионного контроля при исследовании дефектов клетей сортопрокатного стана**

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Гридина Елена Владимировна, студент направления

«Управление в технических системах»

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

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

*В работе рассмотрен процесс прокатки стали на сортопрокатном стане 350/220, изучены возможные дефекты оборудования при прокатке, обнаруживаемые при помощи тепловизионного контроля, а также проведен анализ особенностей тепловизионного контроля клетей сортопрокатного стана.*

Тепловизионный контроль (ТК) является одним из интегральных методов технического диагностирования, позволяющим производить обследование всего технического устройства без нарушения его целостности и работоспособности во время эксплуатации на текущих параметрах. В настоящее время ТК успешно применяется для диагностирования металлургического, термического и нефтехимического оборудования.

На рис. 1 представлена общая схема клетки сортопрокатного стана.

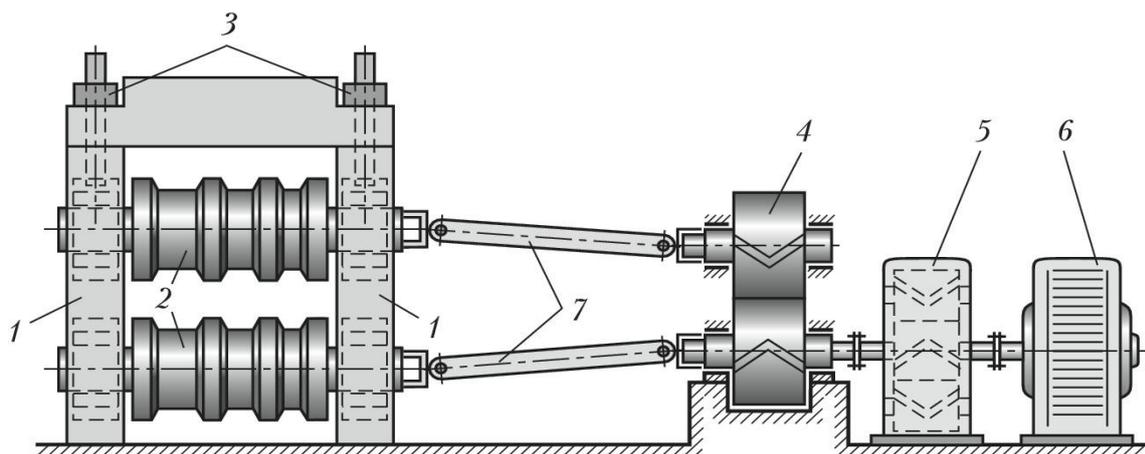


Рис. 1. Схема клетки стана:

1 – станины рабочей клетки, прикрепляемые к фундаменту; 2 – прокатные валки; 3 – механизмы для регулирования зазора между валками; 4 – привод валков от электродвигателя, 5 – редуктор, 6 – шестеренная клетка для разделения крутящего момента между валками, 7 – шпиндели, передающие крутящий момент на валки

При помощи тепловизионной диагностики возможно выявить неисправности, которые вызывают местный перегрев движущихся элементов либо контактных поверхностей [3].

Основные дефекты, которые могут быть обнаружены в клетях прокатного стана, приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Основные дефекты клетей

Дефект	Причины дефекта
Дефекты сварных швов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трещины. Делят на горячие и холодные.</li> <li>2. Некачественная сварка швов, соединительных элементов.</li> <li>3. Нарушения формы шва.</li> </ol>
Производственные дефекты деталей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механические дефекты – искривления и местные погибы, разрывы, трещины, абразивный износ, потеря устойчивости, расстройство соединений.</li> <li>2. Температурные дефекты – коробление и разрушение элементов при высоких температурах, хрупкие трещины при отрицательных температурах, повреждения защитных покрытий при нагреве.</li> <li>3. Химические и электрохимические дефекты - коррозия металла и разрушение защитных покрытий.</li> </ol>

Внешние дефекты	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибки проектирования, связанные с неверным определением нагрузок, внутренних усилий, подбором сечения элементов и узлов.</li> <li>2. Отличие фактического напряженного состояния от расчетного.</li> <li>3. Пониженные прочностные характеристики основного и наплавленного металла.</li> <li>4. Нарушения взаимного расположения конструкций при монтаже и эксплуатации.</li> <li>5. Нарушения правил технической эксплуатации.</li> </ol>
Дефекты и повреждения металлоконструкций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ослабление поперечного сечения или отсутствие.</li> <li>2. Отклонение или смещение конструкций относительно проектного положения.</li> <li>3. Размещение элементов конструкций не по установленному проекту.</li> <li>4. Трещины в основном металле, в сварном шве и околошовной зоне.</li> <li>5. Дефекты заклепочных и болтовых соединений.</li> <li>6. Присутствие в конструкциях концентраторов напряжений.</li> <li>7. Взаимное смещение конструкций.</li> <li>8. Разрушение антикоррозионных защитных покрытий и коррозионные повреждения металла и соединений.</li> <li>9. Неграмотное выполнение усилений конструкций.</li> <li>10. Неравномерные осадки.</li> <li>11. Непроектное приложение нагрузок на элементы конструкций в процессе эксплуатации.</li> </ol>

Тепловизионный контроль осуществляется специализированным оборудованием, принцип действия которого основывается на преобразовании инфракрасного излучения объекта в электрический сигнал, который усиливается прибором и воспроизводится на экране индикатора. Применение тепловизоров обуславливается необходимостью поиска горячих или холодных участков клетей на температурном поле, наличие которых говорит о нарушениях штатного режима эксплуатации оборудования или всего объекта, опасных дефектах, потерях энергии.

Для регистрации дефектов клетей прокатного стана применен тепловизор FlukeTi32 со следующими техническими характеристиками: диапазон измерений температуры от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+600^{\circ}\text{C}$ ; детектор представлен неохлаждаемой микроболометрической матрицей  $320 \times 240$  элементов; порог температурной чувствительности  $< 0,05^{\circ}\text{C}$ ; погрешность измерения температуры  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , но не менее  $\pm 2\%$ ; спектральный диапазон 8-14 мкм; частота развертки изображения, кадров/с 9 Гц; фокусировка ручная, минимальное расстояние для разных объективов 15, 45 и 7,5 см соответственно [1].

Основными узлами при тепловизионной диагностике клетей являются редуктор, электродвигатель и муфта. При исследовании оборудования клетей сортопрокатного стана существуют основные особенности, которые могут свидетельствовать об обнаружении дефектов оборудования. При диагностике снимки фиксируют с

расстояния не более 10 метров. В ходе диагностики могут быть выявлены следующие неисправности редуктора: нагруженность шестерен, дефекты деталей, перегрев смазки. Наличие таких дефектов констатируется при температуре в соответствующей области больше 80 градусов. Такие неисправности электродвигателя как перегрев статора, межвитковые замыкания, повреждение обмоток изоляции, повреждение подшипников, неисправности муфты, перегрев соединений, износ поверхностей, несносность валов обнаруживаются при температуре больше 90 градусов [2].

На рис. 2-5 представлены результаты тепловизионной диагностики дефектов клеток. Теплограмма подшипникового узла клетки №14 сортопрокатного стана 350/220 (рис. 2) показывает, что температурный режим не превышает предельных значений, следовательно, можно сказать, что дефектов клетки не обнаружено. На теплограмме входного вала редуктора 14 клетки стана (рис. 3) обнаружен перегрев до 284<sup>0</sup>С, следовательно, произошло разрушение подшипника. При диагностике клетки №16 (рис. 4) обнаружен перегрев подшипника редуктора больше 90<sup>0</sup>С. На теплограмме подшипникового узла и выходного вала редуктора тока клетки (рис. 5) также обнаружен перегрев подшипникового узла до 100<sup>0</sup> С.

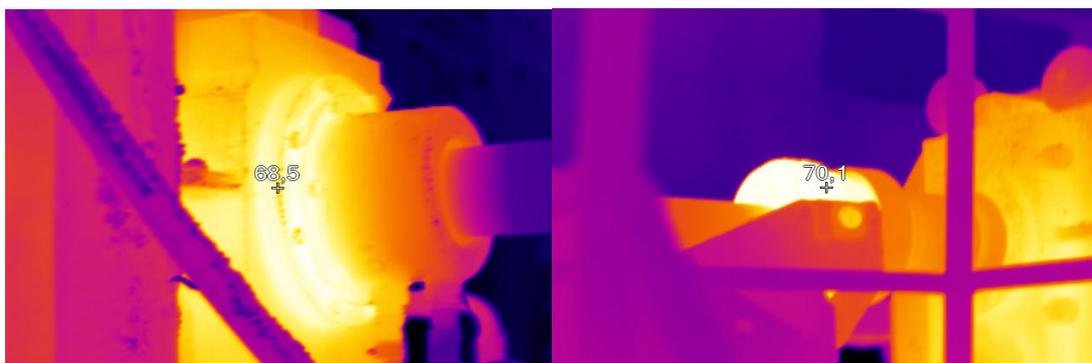


Рис. 2. Теплограмма подшипникового узла клетки № 14

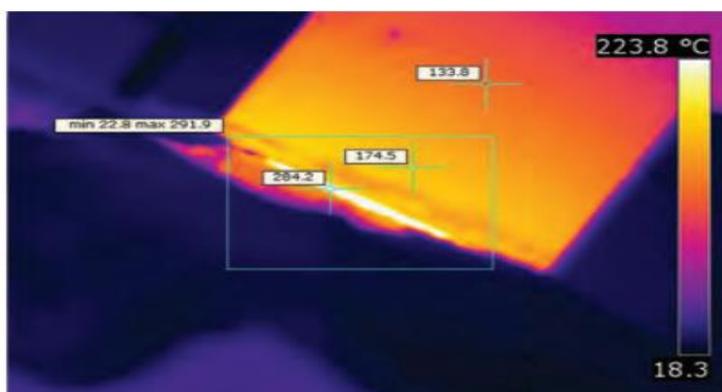
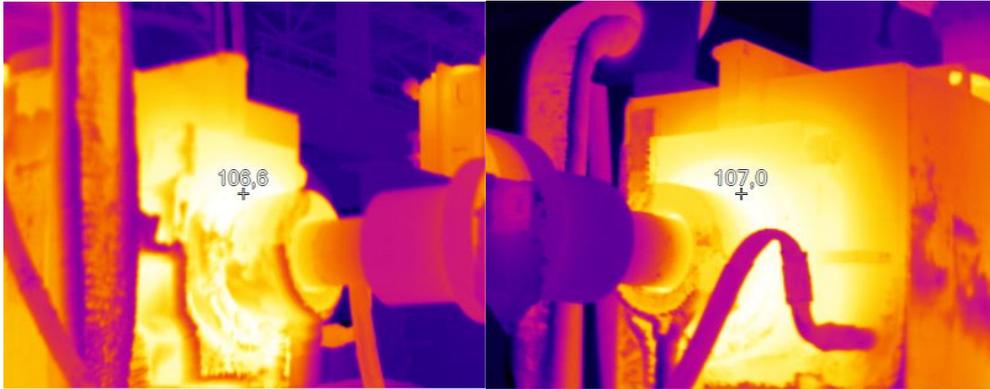


Рис. 3. Теплограмма входного вала редуктора клетки № 14



*Рис. 4. Теплограмма подшипника редуктораклети № 16*



*Рис. 5. Теплограмма выходного узла редуктора тока*

Высокая эффективность тепловизионного контроля определена возможностью проведения диагностики оборудования без выведения его из рабочего состояния, а также без исключения его компонентов из производственной цепи. С помощью тепловизионного контроля можно выявить места перегревов, явно свидетельствующих неисправностях в элементах оборудования, это позволяет предупредить серьезные поломки, способные повлечь травмы рабочего персонала и появление необходимости проведения длительного ремонта, который может повлечь крупные финансовые потери.

#### Литература

1. Тепловизор Ti32, TiR32 Руководящий технический материал, 2009 г. – 100с.
2. Вавилов В.П. Тепловидение для инженеров: учеб. пособие / В.П. Вавилов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 129 с.
3. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В.П. Вавилов. – М.: НТФ Энергопрогресс, 2003. – 76 с.

4. Тепловой неразрушающий контроль изделий / Е.В. Абрамова [и др.]. – М.: Спектр, 2013. – 242 с.

УДК: 621.313.333.2

### **Особенности спектрального анализа для исследования электрических дефектов асинхронных электродвигателей**

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и управление в технических системах»;

Моисеева Юлия Робертовна, студент направления

«Управление в технических системах»

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

*В статье рассмотрен метод спектрального анализа, используемый для диагностики электрических дефектов асинхронных электродвигателей, а именно алгоритм проведения диагностики и основные особенности спектральных характеристик при исследовании дефектов.*

На сегодняшний день различные типы двигателей используются практически на любом производственном предприятии. Для обеспечения непрерывной работы требуется своевременная диагностика механизмов. Необходимость своевременной диагностики нельзя недооценивать, так как от этого напрямую зависит бесперебойность работы. Неисправности электродвигателей возникают в результате износа деталей и старения материалов, а также при нарушении правил технической эксплуатации.

К основным причинам возникновения электрических повреждений можно отнести: межвитковые замыкания, обрыв обмоток, пробой изоляции на корпус, понижение сопротивления изоляции, повреждение изоляции, нарушение контактов и соединений, нарушение межлистовой изоляции магнитопроводов, износ щеток, повреждение контактных колец [1].

Наиболее часто возникает перегрузка двигателя, это может происходить вследствие чрезмерного повышения температуры деталей. Реже, но достаточно часто, встречается межвитковое замыкание, причинами которого часто становятся излишние нагрузки, механические внешние воздействия и перегрев проводов. Основная часть

поломок может быть устранена в кратчайшие сроки путем несложных манипуляций с оборудованием.

Существует множество способов диагностики дефектов асинхронных электродвигателей: методы вибродиагностики, акустической эмиссии, метод диагностики состояния изоляции, метод тепловизионного контроля.

Наиболее перспективным методом диагностирования асинхронных двигателей (АД) является спектральный анализ. Спектральный анализ – это метод обработки сигнала, позволяющий выявить частотный состав сигнала [3].

Достоинствами спектрального анализа является следующее: во-первых, он позволяет обнаруживать с большой точностью все или большинство электрических повреждений электродвигателя. Во-вторых, диагностические измерения проводятся дистанционно, что позволяет не отключать оборудование и не требует установки дополнительных датчиков. В-третьих, спектральный анализ позволяет обеспечить простоту проведения измерений. Метод спектрального анализа является достаточно трудоемким. Но так как данный метод дает возможность выявлять самый широкий диапазон источников повреждений АД, среди существующих методов он является наиболее актуальным для рассмотрения.

Алгоритм проведения спектрального анализа включает следующие этапы:

1. Сбор максимальной информации об исследуемом двигателе, в которую входят данные по вибрации, данные по последнему ремонту и устраненных или не устраненных дефектах.

2. Определение нужных точек измерений вибрации на двигателе, точки выбирают в местах повышенных вибраций и местах возможных резонансов.

3. Расчет характерных частот возможных неисправностей по частоте вращения ротора двигателя и геометрическим размерам его узлов и деталей.

4. Установление приоритета возможных повреждений в порядке убывания вероятностей возникновения различных отказов.

5. Планирование профилактических мероприятий.

Рассмотрим диагностические признаки электрических повреждений и их диагностики с помощью спектрального анализа [2].

Для дефекта – эксцентриситет ротора характерен спектр, который характеризуется пиком на первой гармонике оборотной частоты с боковыми полосами, расположенными с интервалом, равным частоте прохода поля  $f_p$  и второй гармоникой

электрической линейной частоты сети  $2f_c$  с боковыми полосами частоты прохода поля  $f_p$ . Результат спектрального анализа представлен на рис. 1.

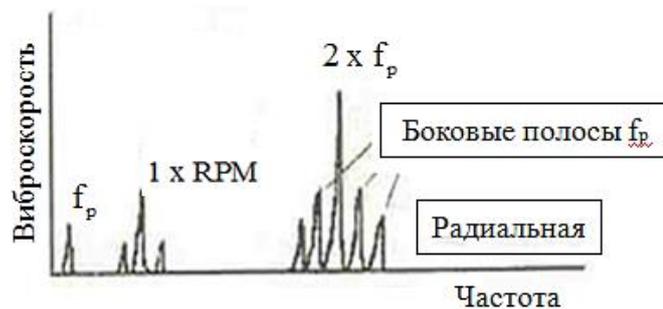


Рис. 1. Спектр при эксцентриситете ротора

Для дефекта – эксцентриситет статора характерна высокая вибрация на второй гармонике линейной частоты сети  $2f_c$  (при числе пар полюсов  $p=1$ ) или в общем случае  $2f_{c,p}$  (при  $p>1$ ). В спектре также возможно наличие первой и второй гармоники оборотной частоты. Результат спектрального анализа представлен на рис. 2.

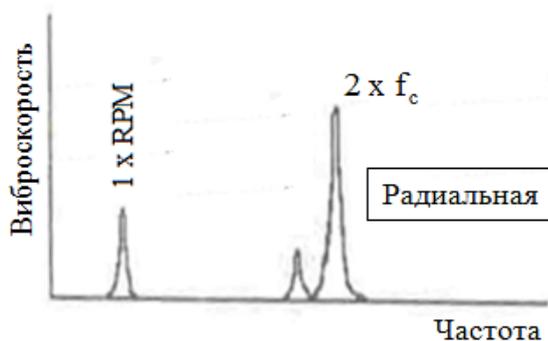


Рис. 2. Спектр при эксцентриситете статора

Для дефекта – электрическая несимметрия статора электрических машин характерно появление момента и тангенциальных колебаний ротора, пульсирующих с частотой  $2f_c$ . Даже незначительная несимметрия фазовых токов (примерно 2-3 %) приводит к значительному возрастанию компонентов вибрации с частотой  $2f_c$  под воздействием пульсирующего крутильного момента. Это воздействие проявляется в возрастании уровня вибрации, связанной с этим дефектом на указанной частоте, как для радиальной, так и для осевой составляющих. Результат спектрального анализа представлен на рис. 3.

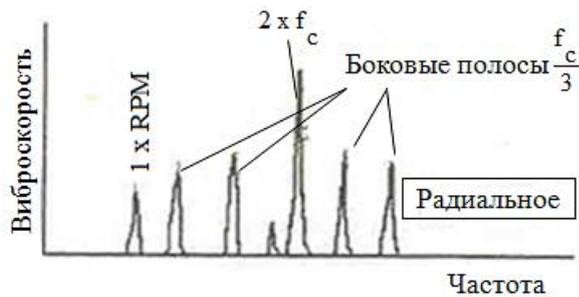


Рис. 3. Спектр при несимметрии фаз

Признаком дефекта стержней ротора является наличие пульсирующей составляющей  $2sf_c$ , где  $s$  – удельное скольжение,  $f_c$  – линейная частота сети. Под действием пульсирующего момента угловые колебания ротора приводят к значительной угловой модуляции частоты вращения ротора и появлению в спектре вибрации боковых составляющих  $f_p = 2sf_c n$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$  – гармоники,  $f_p$  – боковые полосы частот прохода поля. Дефект проявляется в преобладающей вибрации на рабочей скорости вала  $f_1$  (1 X RPM – один оборот в минуту) с боковыми полосами частот прохода поля  $f_p$  в радиальном направлении. Также поломанные стержни ротора часто генерируют  $f_p$  боковые полосы вокруг третьих, четвертых и пятых гармоник рабочей скорости (рис. 4).

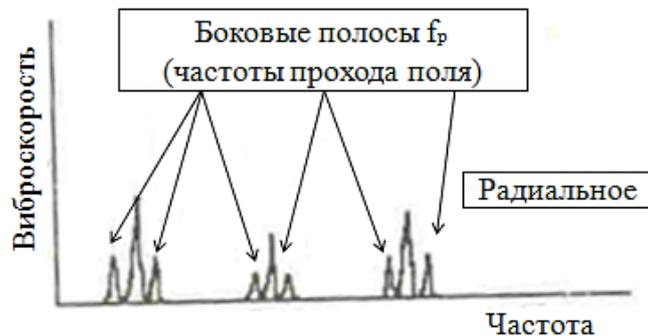


Рис. 4. Спектр при повреждении стержней ротора

Для дефекта стержня характерна сильная радиальная вибрация на частотах (1, 2, 3) X RPM (1,2,3 оборота в минуту) с боковыми полосами на частотах  $f_p$  и медленная модуляция формы волны сигнала. Для дефекта эксцентриситет или изгиб ротора характерна вибрация с линейной частотой сети  $f_c$ .

## Литература

1. Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам / И.П. Копылов, Б.К. Клоков. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
2. Лукьянов А.В. Классификатор вибродиагностических признаков дефектов роторных машин / А.В. Лукьянов. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та, 1999. – 228 с.
3. Петухов В.С. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока / В.С. Петухов, А.В. Соколов. – 2005 г. – № 1(31).

УДК 621.973:681.5

### **Методы оптимизации процессов резания на основе использования современных средств автоматизации виброизмерений**

Игнатьев Александр Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и системы управления в машиностроении»;

Добряков Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Технология и системы управления в машиностроении»;

Сигитов Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и системы управления в машиностроении»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Рассмотрены методы оптимизации процесса резания с точки зрения повышения производительности обработки, основанные на автоматизированном анализе виброакустических колебаний.*

Предметом исследований в технологии машиностроения является определение основных расчетных и структурных зависимостей, применяемых для уже известных и зарекомендовавших себя способов обработки. При обработке деталей, в том числе деталей подшипников, считается, что качество обработки оценивается как точностью геометрических параметров (точность размеров, отклонение от круглости, волнистость, шероховатость), так и качеством поверхностного слоя, однородностью структуры, которую можно оценить, например, вихретоковым методом) [1-5].

Целью использования современных средств автоматизации является оптимизация процессов обработки. Под оптимизацией понимается в большей степени повышение производительности обработки при обеспечении заданных показателей качества.

В результате развития теории оптимизации реализуется возможность подхода к объективной параметризации способа обработки на основе определения технологических режимов, обоснованных в равной степени и с технологической, и с экономической точек зрения (рис. 1). При этом необходимо учитывать возможность выполнения оптимизации задаваемых постоянных режимов обработки с помощью математического моделирования и автоматизированной обработки информации, что считают внешним решением, а также непрерывную оптимизацию с помощью систем адаптивного управления на металлорежущих станках, что считают внутренним решением. Как известно, оптимизация – это решение экстремальной задачи, в которой хотя бы одно из ограничений является неравенством. Характерные принципы решений отличают оптимизационную модель тем, что математическим методом в заданной области параметров изыскиваются комбинации значений, соответствующие выбранному целевому критерию [3]. Наиболее распространенным методом оптимизации режима обработки в технологии машиностроения является метод планирования многофакторного эксперимента, однако он требует проведения специальных экспериментов, что не всегда может быть выполнено в производственных условиях.

Применительно к обработке шлифованием целевая функция и ограничения должны быть представлены в зависимости от оптимизируемых величин. Целевой функцией может быть производительность. В зависимости от того, являются ли все используемые зависимости линейными или имеется хотя бы одна нелинейная, будет иметь место линейная или нелинейная оптимизация. При оптимизации способа обработки в первую очередь необходимо оптимизировать назначаемые рабочие режимы.

Целью использования современных средств автоматизации является оптимизация процессов обработки, причем необходимо сочетать повышение производительности обработки и обеспечение заданных показателей качества.

Критерий оптимизации достаточно правильно оценивает эффективность за определенный промежуток времени, а именно за период стойкости инструмента, но не дает возможности оценки его оптимальности управления в каждый момент времени. Еще одним важным фактором, влияющим на качественные и эксплуатационные параметры шлифования, определяющих характеристики процесса резания

(интенсивность износа инструмента, шероховатость, микроструктуру обработанной поверхности и т.д.), является средняя температура контакта или температура резания. Положение о постоянстве оптимальной температуры резания оказалось справедливым для продольного и торцевого точения, фрезерования поверхностей и других способов обработки.

Инвариантность оптимальной температуры резания выбору элементов сечения срезаемого слоя, геометрических параметров инструмента, предварительного подогрева деталей или охлаждения зоны резания и других внешних условий процесса резания позволяет определить оптимальные режимы резания в многообразных условиях эксплуатации инструмента, что особенно важно для сокращения сроков технологического освоения новых материалов и автоматизации процессов обработки резанием. Особенно эффективно совместное использование положения о постоянстве оптимальной температуры резания и математических методов планирования эксперимента. Они позволяют получить математические модели процесса резания для отдельных групп материалов деталей и еще в большей степени сократить трудоемкость исследований для установления основных параметров оптимального резания металлов [5, 6].



Рис. 1. Методы оптимизации процессов резания

При решении задач оптимизации, возникающих на различных этапах технологического проектирования, используются различные виды математических моделей и методы оптимизации.

С точки зрения стратегии поиска оптимума можно выделить четыре группы методов: аналитические, рекурсивные, итерационные, стохастические. Последняя классификация имеет особое значение при выборе метода решения рассматриваемых задач [2].

Стохастические методы или методы случайного поиска решений включают процедуры накопления и обработки информации в целях оптимизации, в которые сознательно вводится элемент случайности. Их преимущества заключаются в простоте, большой надежности, достаточно хорошем совпадении расчетных результатов с действительностью и в легкости программирования. В результате этих преимуществ методы случайного поиска стали одним из наиболее эффективных и универсальных методов оптимизации. Особенно это относится к оптимизации в многомерных пространствах. Применение этого метода имеет особое значение при оптимизации различных задач технологического проектирования процессов изготовления деталей при множестве случайных факторов, которые описать в математической модели традиционным способом не представляется возможным. Особенности оптимизации режима шлифования отмечены также в работе [6], причем особое внимание уделено оптимизации скорости съема припуска.

В настоящее время большое распространение получили методы оценки динамики металлорежущих станков (МРС), основанные на использовании характеристик процесса резания, поскольку они наиболее адекватно отражают реальное динамическое состояние упругой системы (УС) [2].

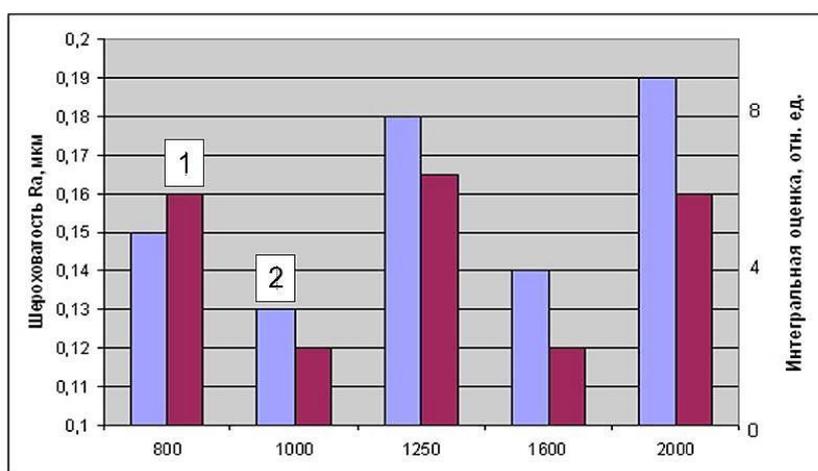
Близким аналогом для шлифования является разработанная в СГТУ система контроля динамических характеристик (СКДХ) прецизионных токарных модулей, анализирующая виброакустические (ВА) колебания, возникающие в технологической системе (ТС) при стационарном резании. В этом методе оценки динамики станков используются интегральные оценки автокорреляционных функций (АКФ) ВА колебаний и их производных вида:

$$I = \int_0^t \left| K_{xx}(\tau) + \alpha \dot{K}_{xx}(\tau) \right| d\tau, \quad (1)$$

где  $I$  – интегральная оценка;  $[0, t]$  – отрезок времени усреднения сигнала;  $K_{xx}(\tau)$ ,  $\dot{K}_{xx}(\tau)$  – соответственно АКФ и ее первая производная,  $\alpha$  – весовой коэффициент [7].

СКДХ позволяет получать интегральные оценки АКФ виброускорения, виброскорости и виброперемещения при обработке. Установлено, что скорость

затухания АКФ увеличивается тем быстрее, чем более широкополосен процесс и чем меньше в нем содержится периодических составляющих. Следовательно, в равных по времени усреднения временных реализациях ВА сигнала нормированная АКФ, отыскивающая на графике ее зависимости от времени меньшую площадь, будет характеризовать относительно более устойчивый процесс резания, лучшее качество обработки, меньший износ режущего инструмента. Чувствительность интегральных оценок АКФ к изменениям динамики процесса резания, например, к изменению режимов обработки, подтверждена экспериментально. Одна из таких зависимостей показана на рис. 2 [7].



*Рис. 2. Зависимость интегральных оценок АКФ виброакустических колебаний резцовой головки модуля ТПАРМ – 100М и шероховатости поверхности (Ra) обработанных деталей от скорости вращения шпинделя (подача 10 мкм/об, глубина резания 30 мкм, резец АСПК с радиусом при вершине 0,3 мм), где 1 – интегральные оценки АКФ, 2 – шероховатость поверхности*

Для оперативного оценивания динамического состояния станков разработан также метод, основанный на регистрации переходных процессов в динамической системе станка при врезании РИ в заготовку. Специальная аппаратура и ПО позволяют определить выходные показатели качества (запас устойчивости, интегральные оценки сглаженных переходных процессов), служащие критериями оценки динамических характеристик МРС для различных сочетаний материалов РИ и заготовки, параметров резания [7].

Таким образом, методы оценки динамического состояния МРС в процессе резания позволяют получить достоверную информацию о реальных условиях обработки деталей и управлять ими непрерывно во времени.

Для обеспечения заданного качества колец подшипников определяются ограничения на контролируемые параметры процесса шлифования, нарушения которых

приводят к образованию прижогов и недостаточному исправлению отклонений параметров точности. Ограничения, обеспечивающие заданные свойства поверхностного слоя (рис. 1), формируются по результатам вихретокового контроля и передаются в микропроцессорный прибор многопараметрового активного контроля (МПМАК) и систему мониторинга технологического процесса (СМТП). Ограничения, обеспечивающие исправления отклонений параметров точности, формируются МПМАК в зависимости от величины отклонений геометрических параметров заготовки припуска на шлифование и исправляющей способности процесса шлифования [1]. Полученные ограничения разделяют пространство режимов шлифования области допустимых и недопустимых значений. Алгоритм управления циклом шлифования предусматривает завершение обработки при достижении нулевой величины припуска. Поэтому необходимо формировать дополнительные ограничения на величину поперечной подачи таким образом, чтобы время обработки детали было достаточным для исправления отклонений геометрических параметров с заданной точностью. В рамках СМТП необходимо контролировать динамические характеристики станков, так как они непосредственно влияют на качество обработки, например, на параметры точности и однородность структуры поверхностного слоя дорожек качения колец подшипников. Для оценки динамических характеристик используют измерение ВА колебаний основных элементов формообразующей подсистемы, возбуждаемых в ДС различными методами. Далее осуществляется обработка результатов измерений и оцениваются различные характеристики ДС.

Следовательно, для оптимизации процессов обработки необходимо применение компьютерной техники, совершенствование классических методик назначения режимов шлифования, усовершенствование технологии шлифования, обеспечивающих повышение производительности обработки и сокращение затрат времени и средств на производство.

#### Литература

1. Игнатъев А.А. Активный контроль и мониторинг процесса шлифования деталей подшипников / А.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, С.А. Игнатъев. – Саратов: СГТУ, 2007. – 104 с.
2. Игнатъев А.А. Стохастические методы в идентификации станков / А.А. Игнатъев, В.А. Каракозова, С.А. Игнатъев. – Саратов: СГТУ, 2013. – 124 с.
3. Применение автокорреляционных функций виброакустических колебаний в динамической системе станка для выявления дефектов в шпиндельном узле / А.А.

Игнатъев [и др.] // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – №1. – С. 122-129.

4. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки. / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.

5. Rucker J., Schröder W. Оптимизация шлифования // *Werkstatt und Betrieb*. 2005. – V. 138.– Nr. 9. – С. 661-663.

6. Тверской М.М. Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках / М.М. Тверской. – М.: Машиностроение, 1982. – 208 с.

7. Точность и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков Ч.2 / Б.М. Бржозовский [и др.]. – Саратов: СГТУ, 1994. – 156 с.

УДК 004.652

**Применение аппарата нейронных сетей  
для решения трудно формализуемых задач**

Козлова Татьяна Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»;

Дружин Дмитрий Сергеевич, студент направления  
«Информационные системы и технологии»

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

*Рассматривается возможность применения аппарата нейронных сетей для решения различных интеллектуальных задач человеческой деятельности. Представлен принцип работы нейронных сетей. Предложено применение нейронных сетей для решения задач в области медицины.*

В настоящее время для решения широкого круга задач нашли свое применение программные и аппаратные средства, построенные на основе искусственных нейронных сетей.

Принципиальное отличие технологических решений, основанных на нейронных сетях, заключается в том, что нейронные сети могут быть обучены под конкретные задачи. Обученная нейронная сеть способна превзойти человека в той предметной области, на примерах которой происходило обучение.

Уже сейчас нейронные сети можно использовать для решения задач, которые еще десять лет назад казались невычислимыми и требовали аналитических вычислений аналогичных тем, что происходят в человеческом мозге [1]. Самыми яркими и распространенными примерами применения искусственных нейронных сетей в наше время можно считать:

- распределение данных по параметрам. Например, для анализа предоставляется группа людей и нужно решить, кому из них давать кредит, а кому нет. С этой задачей может справиться нейронная сеть, производя просмотр и анализ такой информации как: платежеспособность, возраст, кредитная история и прочие другие характеристики человека, влияющие на способность выплатить кредит вовремя;
- возможность предсказывать динамику поведения чего-либо. Данная возможность наиболее актуальна и часто используется при расчете динамики изменения цены акций, учитывая историю ситуаций на фондовом рынке за различные промежутки;
- распознавание образов и людей на изображениях. В настоящее время данное направление является самым обширным примером применения нейронных сетей. В частности, нейронные сети используются властями Китая для поиска лиц людей, находящихся в розыске, специальные камеры внутри страны объединены в сеть, которая непрерывно проверяет лица прохожих и помогает найти нужного человека.

В основе работы нейронных сетей лежит принцип работы мозга человека. Биологический нейрон представляет собой клетку головного мозга. Искусственный нейрон является отдаленным подобием человеческого биологического нейрона. С точки зрения искусственных нейронных сетей, нейрон можно считать примитивной вычислительной единицей, в которую информация поступает, обрабатывается при помощи выбранной функции и отправляется дальше другим нейронам [2].

Нейроны классифицируются на три основных категории: входные, скрытые и выходные. Если в нейронной сети количество нейронов на скрытом уровне превышает максимально допустимое число, определяемое эмпирическим путем, то часть нейронов выносится на новый слой. Этот слой отличается от предыдущего тем, что он не связывается напрямую с входным нейроном, а взаимодействует с предыдущим скрытым. Количество нейронов на одном слое и количество слоев варьируется от задачи к задаче, возможно, что для решения задачи будет достаточно одного слоя из

двух нейронов. Получается, что есть входной слой, который получает информацию, некоторое количество скрытых слоев, которые ее обрабатывают, и выходной слой, который выводит результат.

У каждого из нейронов есть два главных параметра: входная и выходная информация. В случае входного нейрона: входные данные равны выходным. В остальных же случаях на вход попадает суммарная информация всех нейронов с предыдущего слоя, после чего она нормализуется с помощью функции активации. Функция активации или другими словами передаточная функция – это функция, в которую передаются значения выходов нейронов с предыдущего слоя, помноженные на веса синапсов, а на выходе получаются значения, входящее в диапазон значений функции. Главное отличие функции активации от нормализации данных заключается в том, что нормализацию применяют при чрезмерном разбросе значений и благодаря этому выходное значение поле функции активации имеет меньший разброс в крайних точках.

Нормализация данных – это процесс преобразования входных данных, не попадающих в заданный диапазон значений. Обычно в качестве диапазона берут отрезок от нуля до единицы или от минус единицы до единицы. Нормализация необходима, так как входные данные могут изменяться в очень широком диапазоне, и нейронная сеть, использующая входные данные без нормализации, может дать неточный результат.

Синапс является связью между двумя нейронами. Синапс характеризуется одним параметром – весом. Благодаря ему входная информация может изменяться, когда проходит путь от одного нейрона к другому. Предположим, есть три нейрона, которые передают информацию следующему. Значит, при передаче появится три синапса, имеющие вес, соответствующий каждому из этих нейронов. Если вес одного синапса будет доминирующим, то та информация, которая передается по нему, и будет доминирующей в следующем нейроне. На самом деле, совокупность весов нейронной сети или другими словами матрица весов – это главный параметр обучения всей системы. Именно благодаря этим весам входная информация обрабатывается и превращается в результат. Если объединить все перечисленные компоненты, то получится нейронная сеть. В завершении, выводится результат равный сумме произведений весов синапсов на передаваемые значения. Результат первого запуска будет не точным, происходит процесс улучшения результатов, другими словами – процесс обучения.

Одним из рынков, на котором процент применения нейронных сетей остается стабильно низким, является рынок медицинских услуг. Данный факт обуславливается крайне высокой ценой за неправильно принятое решение, вплоть до человеческой жизни. Именно поэтому мало кто рискует использовать нейронные сети в данной области, но существует обособленный сегмент рынка медицинских услуг, в котором доля новых технологий со временем только растет. Данным рынком является рынок протезов, под протезами подразумеваются не обыкновенные протезы, которые только визуально заменяют человеку конечность, а практически полноценные части тела, способные выполнять большую часть повседневных задач человека.

Разработкой данных протезов занимается такая наука, как бионика, раздел кибернетики. Протезы, создаваемые в наше время, работают, фиксируя нервные импульсы уцелевших нервов и обрабатывая их, направляют на тот или иной сервопривод протеза и тем самым приводят его в действия, имитируя действие человека.

Возникает вопрос, как данную цепочку можно усовершенствовать, задействовав при этом нейронные сети? Все довольно просто, если вспомнить основные возможности нейронных сетей, а именно анализ данных и классификацию.

Значительная часть современных протезов способна только принимать сигнал пользователя, игнорируя окружающую среду. При внедрении нейронных сетей предполагается установка ряда датчиков в протез, а именно датчиков давления и ToF камеры (описываемый метод использования и необходимые датчики относятся к протезу руки).

Основной задачей ставится уменьшение времени приспособления человека к протезу. В качестве побочно выполняемой и помогающей основной задаче, также можно выделить: разворачивание облачной базы данных для хранения распознанных объектов и материалов.

Помощь в адаптации будет заключаться в корректировке усилия, прилагаемого пользователем с учетом положения объекта (ToF камера способна распознавать объект в пространстве), отдачи от объекта, фиксируемого датчиками давления. Все эти действия должны способствовать правильному захвату объекта, и предотвращению повреждения объекта или протеза. База данных, хранимая на сервере, будет формироваться от всех пользователей протезов с сохранением конфиденциальности личных данных, что в будущем еще сильнее облегчит приспособление новых пользователей, так как уже будут известны основные материалы и физические образы объектов.

Разворачивание данной системы и ее дальнейшая унификация будут способны значительно облегчить жизнь всем обладателям электронных частей тела.

#### Литература

1. Рашид Т. Создаем нейронную сеть / Т. Рашид. – М.: Вильямс, 2018. – 272 с.
2. Николенко С.И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С.И. Николенко, А. Кадулин, Е.В. Архангельская. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

УДК 004.652

#### **Модель базы данных прокатных валков для участка подготовки производства сортопрокатного цеха**

Козлова Татьяна Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Кольцов Вячеслав Сергеевич, студент направления

«Управление и информатика в технических системах»

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

*В статье рассматривается модель базы данных, предназначенной для автоматизации учета прокатных валков участка подготовки производства сортопрокатного цеха металлургического предприятия. Для реализации базы данных выбрана реляционная модель. Представленная модель может быть использована для дальнейшей разработки базы данных в системе управления базами данных реляционного типа.*

При эксплуатации валков сортопрокатного цеха существует необходимость ведения типовых журналов, в которых фиксируется различная информация:

- информация о приемке валка на предприятие от фирмы-поставщика;
- информация о комплектовании валков;
- информация о нарезке ручьев калибров;
- эксплуатационная информация;
- информация о ремонте валков.

В настоящее время решена задача автоматизации учета валков на основном складе. Единая база данных, учитывающая весь жизненный цикл валков, не

сформирована. Существует необходимость структурирования данных и формирование единой базы.

Целью настоящего исследования является анализ предметной области, выявление информационных потоков, требующих автоматизации и формирование модели базы данных учета валков для участка подготовки производства. Автоматизация обработки информационных потоков при помощи базы данных позволит упростить работу сотрудников участка подготовки производства и своевременно решать поставленные задачи.

Жизненный цикл валков начинается с поступления на основной склад от фирмы-поставщика. При приемке валков проверяется соответствие маркировки валка его паспортному номеру. Далее проверяются физические размеры и их соответствие паспортным данным. Визуально определяется отсутствие дефектов. Результаты приемки фиксируются в паспорте валка. После чего необходимо внести данные о поступивших валках в журнал регистрации. Новые валки передаются на участок подготовки производства. На участке подготовки производства происходит комплектование валков в пару по определенным требованиям. В вальцетокарной мастерской производят нарезку ручьев калибров необходимой формы и размеров. После нарезки ручьев валки попадают на участок перевалки и отправляются в сортопрокатный цех для проката металла. Через определенное количество прокатанного металла производят замер готовой продукции на соответствие заданным характеристикам. При появлении отклонений переходят на следующий ручей на валках. Так происходит до тех пор, пока не прокатают все нарезанные ручьи валка. После прокатки всех ручьев валки отправляются на участок подготовки производства. В вальцетокарной мастерской производят нарезку ручьев повторно и отправляют валки обратно. Процесс происходит до тех пор, пока валки не достигнут минимально допустимого диаметра, после чего они возвращаются на основной склад и подвергаются списанию.

Логическая структура базы данных представлена в виде реляционной модели, что позволяет структурировать данные во взаимосвязанные таблицы [1].

При анализе жизненного цикла валков были определены основные сущности-таблицы базы данных, в соответствии с табл. 1.

## Сущности базы данных

№	Сущность базы данных	Назначение сущности
1	Валки	Содержит информацию о валках, данная информация заносится из паспорта завода изготовителя и сопроводительной документации
2	Поставка	Информация о поставках валков на предприятие
3	Поставщик	Информация о поставщиках валков
4	Комплектация	Информация о комплектации валков в пары
5	Нарезка	Информация о нарезке ручьев калибров на валки необходимой формы и размеров
6	Ремонт	Информация о проведенных ремонтных работах на валках
7	Списание	Информацию о списании валков из производства. Данные этой таблицы могут быть использованы для автоматизированного формирования акта на списание
8	Сотрудники	Информация о сотрудниках, имеющих непосредственное отношение к жизненному циклу валка: учетчики валков, вальцовщики, старшие вальцовщики, мастера стана, мастера участка подготовки производства, операторы постов управления и другие

На рис. 1 представлена модель «сущность-связь» разрабатываемой базы данных, выполненная в MS Visio при помощи методологии IDEF1X (Integration DEfinition for Information Modeling) [2]. На диаграмме представлены сущности разрабатываемой БД, атрибуты сущностей, связи между ними.

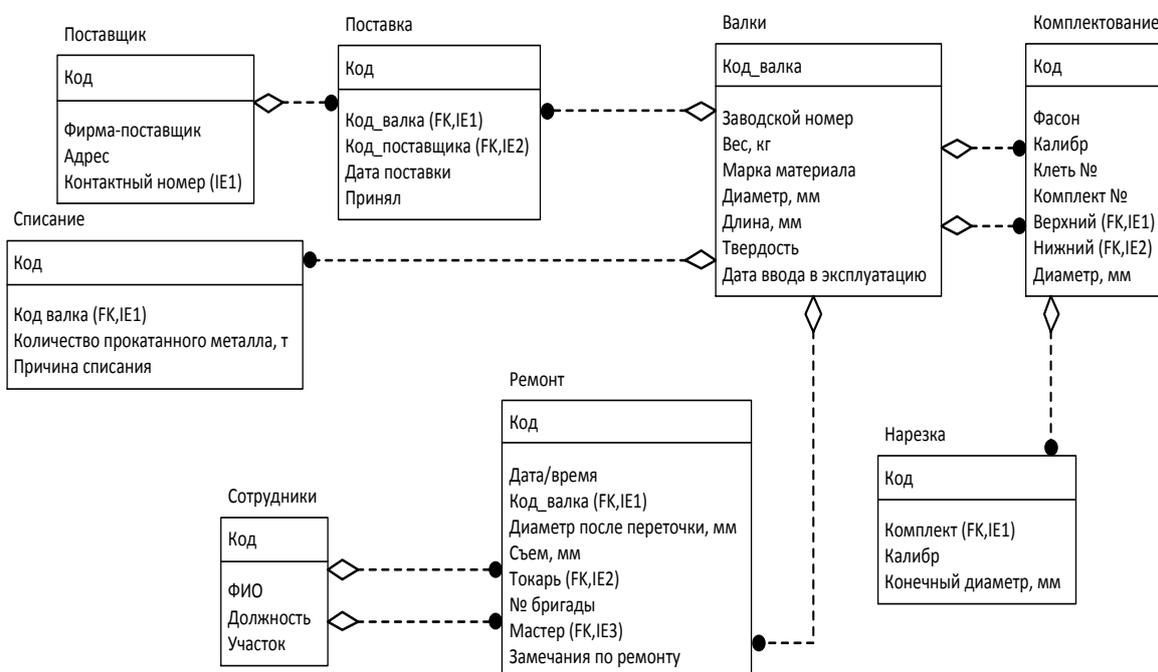


Рис. 1. IDEF1X – модель базы данных:

PK – первичный ключ, FK – внешние ключи, I – индексы

Применение базы данных позволит структурировать информацию о валках, автоматизировать обработку информации в соответствии с запросами пользователей,

формировать типовые журналы, выводить отчеты, формировать акты на списание, отслеживать жизненный цикл валков, начиная от поступления на производство и заканчивая выводом из эксплуатации, принимать управленческие решения и решать производственные задачи в минимальные сроки.

#### Литература

1. Лабораторный практикум по дисциплине «Системы управления базами данных»: учебно-методическое пособие / Т.Д. Козлова, А.А. Игнатьев. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2015. – 88 с.

2. Мезенцев К.Н. Автоматизированные информационные системы / К.Н. Мезенцев. – М: Академия, 2013. – 176 с.

УДК 537.8

#### **Программная реализация многосекционного исполнительного элемента**

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

*Поставлена задача разработки программной реализации многосекционного исполнительного элемента. Представлен пользовательский интерфейс программного продукта и описан принцип его функционирования.*

В настоящее время появляется все больше устройств, основанных на принципе электромагнетизма. Разнообразные приборы, оборудование и системы, использующие электрическую энергию, невозможно правильно конструировать и эксплуатировать без знания основных законов данной области физики, а также без умения качественно и количественно анализировать различные режимы, проводить необходимые расчеты, без навыков правильного применения электрических и магнитных величин и их измерения с помощью измерительной аппаратуры и измерительных систем.

Чтобы спроектировать электрическую машину или другое электромеханическое устройство, необходимо знать распределение в ней электромагнитного поля. Поэтому расчет электромагнитного поля, образованного токами обмоток, представляет собой одну из наиболее важных задач теории электромеханики.

В большинстве случаев аналитическое решение этой системы уравнений оказывается невозможным. Это связано главным образом со сложной формой границ области расчета и с нелинейностью свойств магнитных материалов в зависимости от индукции или напряженности магнитного поля.

В то время, когда вычислительная техника еще не получила такого как сейчас высокого уровня развития, при решении полевых задач принимались серьезные упрощающие допущения, позволяющие получать аналитическое решение, но точность этого решения во многих случаях была недостаточной. Тем не менее, эти решения, скорректированные с помощью эмпирических поправок, позволяли исследователям довольно просто осуществлять анализ работы самых разнообразных электромеханических устройств. В этом состоит основное достоинство аналитических методов расчета.

Наиболее подходящими методами для учета перечисленных выше факторов, а также учета нелинейности ферромагнитных свойств являются численные методы расчета магнитного поля. Численное решение уравнений поля, то есть расчет поля на ЭВМ с помощью различных вычислительных программ, основанных, например, на методах конечных разностей (МКР), конечных элементов (МКЭ) и других, позволяет практически без каких-либо упрощающих допущений с высокой точностью рассчитать распределение поля в любом электромеханическом устройстве. Чтобы получить точный результат, необходимо правильно выбрать границы расчетной области, задать граничные условия, свойства материалов, оптимально наложить сетку на область расчета.

Разработанный программный продукт служит для вычисления основных параметров генератора электромагнитных полей, представляющего собой пятисекционную многослойную катушку. Вводными параметрами являются величины тока ( $I$ ) и напряжения ( $U$ ), подаваемые на индуктивный элемент, а также конструктивные параметры, такие как ширина секции катушки, количество секций входящих в данное устройство, внутренний и внешний радиальные размеры катушки, а также количество витков на одной секции и диаметр поперечного сечения. В результате выполнения программы выходными данными являются напряженность магнитного поля, вектор магнитной индукции, векторный потенциал, а также координаты точки  $Q(zq, r_q)$  в которых данные параметры достигают максимального значения, то есть воздействие магнитного поля в данной точке максимально. По желанию пользователя также можно включить расчет объема выброса.

Данное приложение выполняет все операции, опираясь на аналитические расчетные формулы. Таким образом, обеспечивается более высокая точность при расчете основных параметров магнитного поля: векторного потенциала, вектора магнитной индукции и напряженности магнитного поля.

Для расчета интегралов использован метод Симпсона, который относится к методам численного интегрирования и заключается в приближении подынтегральной функции на отрезке от  $a$  до  $b$  интерполяционным многочленом второй степени, то есть приближение графика функции на отрезке параболой. Метод Симпсона имеет порядок погрешности 4 и алгебраический порядок точности 3. Формула Симпсона представляет собой интеграл от интерполяционного многочлена второй степени на отрезке от  $a$  до  $b$ :

$$\int_a^b f(x)dx \approx \int_a^b p_2(x)dx = \frac{b-a}{6} \left( f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right),$$

где  $f(a)$ ,  $f((a+b)/2)$  и  $f(b)$  – значения функций в соответствующих точках (на концах отрезка и в его середине).

Для получения требуемых результатов пользователь должен выполнить несколько шагов:

1. заполнить все поля требуемыми параметрами (по умолчанию поля заполнены параметрами наиболее близко соответствующие оригинальному пятисекционному исполнительному элементу);
2. установить требуемые флаги дополнительных расчетов;
3. нажать на кнопку «Вычислить».

После нажатия кнопки программа произведет вычисления, основываясь на входных данных, и построит график изменения напряженности магнитного поля в зависимости от его удаленности от центра сечения индуктивного элемента.

Программный продукт является узкоспециализированным, однако подходит для выполнения расчетов простейших цилиндрических катушек, на которых основан исполнительный элемент.

Базовый интерфейс программы с указанием основных полей ввода и вывода представлен на рис. 1.

Ширина секции	0,02	м
Количество секции в катушке	5	
Номинальный ток	10	А
Напряжение	12	В
Кол-во витков в секции	200	
Диаметр провода обмотки	0,001	м
Напряженность магнитного поля	31213	А/м
Zq	0,0041	
Rq	-0,020	
Векторный потенциал	-2,09	Вс/м
Магнитная индукция	2,74	Тл

Объем выброса  $V_{из}$   
 Расчет в заданной точке

Рис. 1. Базовый интерфейс программы с основными вводными параметрами

Установка размеров катушки может быть осуществлена при помощи соответствующих полей. При указании размеров следует помнить о базовых правилах геометрических фигур, однако если пользователь допустит ошибку, то на экран будет выведено соответствующее сообщение с указанием того, каким образом может быть исправлена данная ошибка или в каком месте параметры не соответствуют реальным.

При указании пользователем размера внутреннего радиуса катушки больше внешнего возникнет сообщение, представленное на рис. 2. Далее значение будет изменено на стандартное.

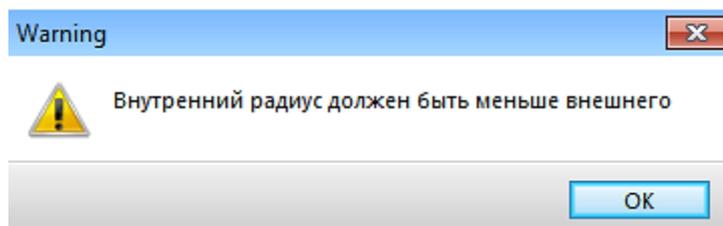


Рис. 2. Сообщение об ошибке размера радиуса

Если будет неверно указано количество секций в индуктивном элементе, например, нецелое значение, то на экран будет выведено сообщение вида, представленного на рис. 3.

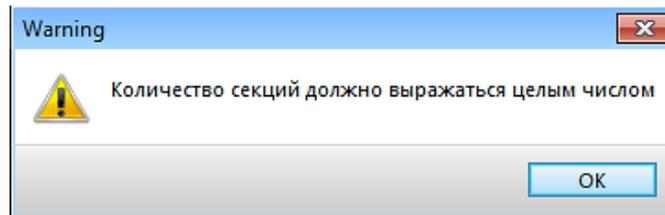


Рис. 3. Сообщение об ошибке количества секций

Данные сообщения включены в приложение для того, чтобы оградить пользователя от ошибок и избежать недостоверной информации, которая возникнет в ходе выполнения программы.

Чтобы определить параметры магнитного поля при заданных конструктивных параметрах, необходимо указать требуемые значения в полях ввода. Поле ширины катушки не может быть изменено, так как зависит от размеров одной секции и высчитывается автоматически.

Далее определяются параметры секций индуктивного элемента, такие как ток, количество витков в одной секции и так далее. Также здесь можно указать необходимость дополнительного расчета объема выброса. Этот параметр не является обязательным и его расчет можно не производить, убрав соответствующий флаг.

По завершении расчетов строится график напряженности магнитного поля в зависимости от его удаленности от центра катушки, а также выводятся основные параметры поля в точке, соответствующей максимальным показателям напряженности.

При необходимости вычислить параметры в какой-либо конкретной точке существует флаг «Расчет в заданной точке» (рис. 1). Если его состояние соответствует включенному, то будет произведен расчет не по всей поверхности индуктивного элемента, а только в точке, указанной координатами.

При проведении основного расчета координаты конкретной точки внутри исполнительного элемента изменяются по возрастающей. Таким образом, можно оценить, как изменяется напряженность магнитного поля в зависимости от расстояния от центра.

#### Литература

1. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты: учеб. пособие для студентов ВУЗов / А.Г. Сливинская. – М.: Энергия, 2002. – 248 с.
2. Билибин К.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, С.В. Журавлева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

3. Пантелят М.Г. Использование векторного магнитного потенциала в конечноэлементном анализе нестационарных трехмерных электромагнитных полей в проводящих средах / М.Г. Пантелят, Н.Г. Шульженко // Электротехника и электромеханика. – 2007. – № 5. – С. 42-47.

УДК 681.533.4

**Управление режимом обогрева помещения  
с помощью контроллера Arduino**

Кубко Дмитрий Дмитриевич, студент специальности  
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

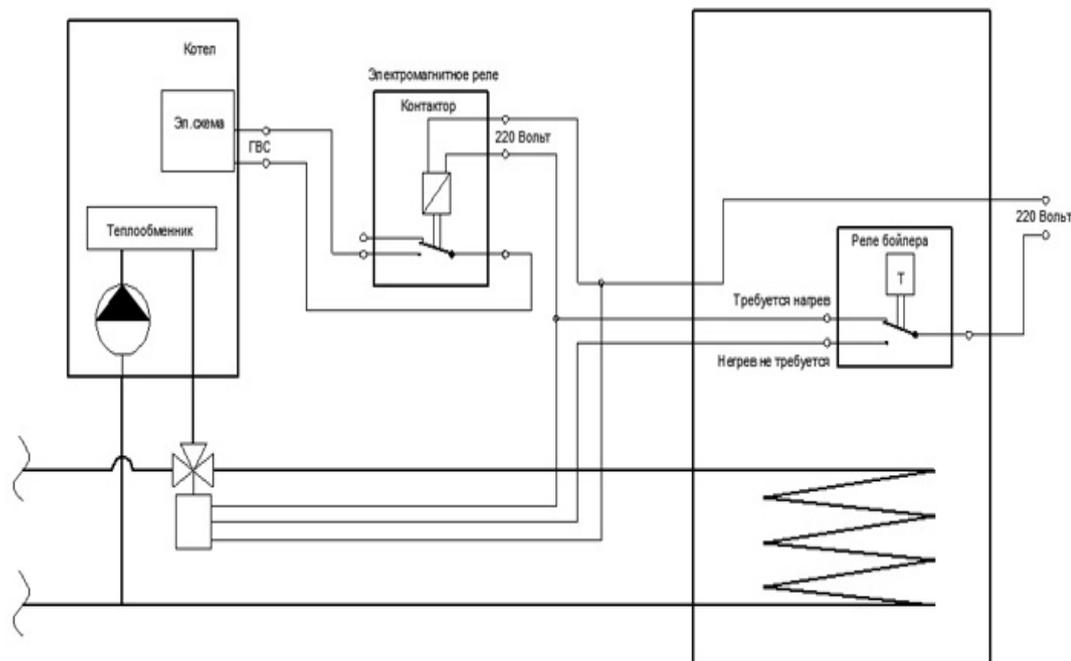
Подгорнов Александр Александрович, кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры «Физики и естественнонаучных дисциплин»

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

*Статья посвящена вопросу оптимизации теплоснабжения помещения. Рассматривается применение интернет-технологий для дистанционного управления трехходовым клапаном при помощи контроллера Arduino. Главным достоинством применяемых технологий является возможность в широких пределах масштабировать задачу управления режимом теплоснабжения.*

Организация эффективного отопления помещений в зимний период является актуальной задачей в настоящее время. В данной статье мы предлагаем обеспечение режима обогрева помещения с помощью трехходового клапана и контроллера Arduino, управляемого дистанционно, используя интернет-технологии.

Трехходовой клапан предназначен для смешения или разделения потоков жидкости или газа. Он используется в системах вентиляции, отопления, ГВС и теплых полов [1, 2]. С помощью трехходового клапана можно плавно менять расход воды через теплообменник, регулируя тем самым температуру в системе (рис. 1).



*Рис. 1. Использование трехходового клапана в отоплении*

Перераспределение потока рабочей среды трехходовым клапаном позволяет поддерживать постоянную циркуляцию в системе, улучшить теплосъем и оптимизировать работу отопительных приборов.

Для того чтобы управлять трехходовым клапаном автоматически, на него устанавливают электропривод, который позволяет поворачивать кран на необходимый угол.

Сигналы управления формирует интеллектуальное устройство (контроллер или регулятор).

Привод клапаном может управляться напряжением 220В или 24 В.

По типу сигнала управления различают два вида приводов трехходовых клапанов:

- привод с импульсным управлением ШИМ сигналом (широтно-импульсная модуляция);
- привод с управлением аналоговым сигналом 0-10 В или 4-20 мА.

Привод трехходового клапана с импульсным управлением управляется с помощью электрических импульсов разной длительности. При подаче напряжения на один из дискретных входов клапан открывается или закрывается (в зависимости от того, на какой вход подано напряжение), данный процесс длится в течение времени,

пока управляющее напряжение подается на вход. Подача напряжения на другой вход изменяет на противоположное направление вращения привода.

Таким образом, угол поворота клапана приводом пропорционален времени подачи управляющего напряжения на вход. Подача на дискретные входы импульсов различной длительности точно определяет расход рабочей среды. Время полного закрытия или открытия клапанов меняется в широком интервале и составляет от нескольких секунд до нескольких минут. Приводы с импульсным управлением могут иметь датчик положения для определения степени открытия клапана. Сигнал с этого датчика может использоваться в контроллере для улучшения качества управления или визуализации положения клапана.

Электроника привода трехходового клапана с аналоговым управлением формирует на входе аналоговый сигнал. Устройство может управляться либо сигналом тока 4-20 мА, либо сигналом напряжения 0-10 В.

Принцип управления заключается в том, что уровень рабочего положения клапана пропорционален величине тока управляющего сигнала в диапазоне от 4 до 20 мА. При значении тока 4 мА, клапан полностью закрыт, а при 20 мА – полностью открыт.

Управление с помощью сигнала напряжения (0-10 В) происходит аналогично.

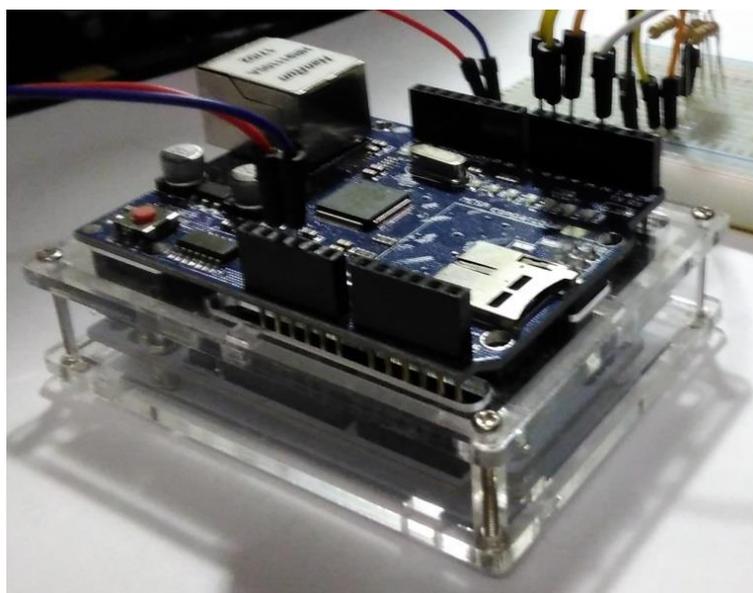
В данном типе привода наличие датчика положения не критично, поскольку значение управляющего напряжения однозначно определяет угловое положение устройства.

Для того чтобы управлять трехходовым клапаном по температуре в системе, используют интеллектуальное устройство (контроллер или регулятор).

Рассмотрим систему отопления, в качестве контроллера возьмем Arduino Uno (рис. 2).

Датчик температуры DS18B20 измеряет температуру в помещении и передает показания на контроллер, который управляет трехходовым клапаном.

Если клапан будет полностью открыт, вся горячая вода от котла потечет через теплообменник, и мощность нагрева будет максимальной. При полностью закрытом клапане вода будет циркулировать по малому контуру через теплообменник с уменьшением температуры. При понижении температуры в помещении контроллер будет приоткрывать трехходовой вентиль, подмешивая горячую воду от котла в поток теплоносителя, циркулирующий через радиатор.



*Рис. 2. Контроллер Arduino Uno с модулем Ethernet Shield W5100*

В результате контроллер установит такое положение вентиля, при котором количество подмешиваемой горячей воды обеспечит заданную температуру в помещении.

Для Arduino имеется библиотека PID-регулятора – это регулятор непрерывного типа. На его вход подается измеренная датчиком температура, регулятор в соответствии с алгоритмом работы выдает управляющее воздействие. На очередном шаге регулятор делает замер температуры, вычисляет ошибку регулирования, сравнивая ее с заданной температурой. На каждом шаге новое управляющее воздействие формируется с учетом ошибки регулирования, т. е. разности между реальной и заданной температурой [3].

Управляющее воздействие состоит из трех компонент: пропорциональной, интегральной и дифференциальной. Пропорциональная компонента учитывает необходимость в корректировке на данный момент. То есть чем больше разница температур, тем на больший угол необходимо повернуть клапан. Интегральная компонента учитывает вклад прошедшего периода, а дифференциальная компонента учитывает скорость изменения воздействия.

Пользователь задает необходимое значение температуры в помещении. По текущему значению температуры, полученному от датчика, и заданному значению пользователем, контроллер вычисляет угол, на который необходимо открыть трехходовой кран, и посылает управляющие импульсы необходимой длительности.

В данной работе мы предлагаем систему дистанционного управления Arduino, используя для этого либо модуль WiFi Shield ESP8266, либо модуль Ethernet Shield W5100.

Система контролирует температуру помещения, с помощью передатчика измеренная температура посылается на сервер. Контроллер Arduino, управляя трехходовым клапаном, устанавливает необходимую температуру. Команды управления клапаном контроллер получает с сервера. Пользователь с помощью веб-приложения формирует команду управления клапаном и передает на сервер.

В локальной сети можно получить доступ к плате Arduino через веб-браузер компьютера, находящегося в той же локальной сети [4]. Через маршрутизатор можно получить доступ к плате Arduino из любой точки, где есть доступ к интернету (рис. 3). Все устройства, подключенные к интернету, выступают в роли сервера или клиента, часто они исполняют обе роли.



Рис. 3. Схема управления платой Arduino через интернет

Плату Arduino используем в качестве веб-сервера. С помощью HTML-форм и интегрированной библиотеки Ethernet настроим Arduino для автоматического подключения к сети и выведем веб-страницу, с помощью которой получим доступ для управления некоторыми контактами платы Arduino. Веб-страница будет отправлять команды из браузера на сервер по протоколу HTTP GET. На веб-интерфейсе поместим кнопки для переключения цвета RGB-светодиода и управления клапаном. Программа является расширяемой, что позволяет добавлять дополнительные устройства, чтобы более эффективно работать с Arduino.

Созданный HTML-код веб-страницы интегрируем в программу Arduino-сервера, который будет обрабатывать подключение к сети, выдавать на запросы клиентов страницу и обрабатывать переменные, получаемые методом GET.

Плату Arduino подключаем к сети с помощью механизма DHCP. Программа содержит несколько переменных состояния, которые позволяют отслеживать взаимодействие между клиентом и сервером.

Для связи платы Arduino с компьютерами за пределами локальной сети, следует получить доступ к устройству через маршрутизатор из внешней сети.

Для этого необходимо выполнить три шага:

1. Зарезервировать локальный адрес DHCP, используемый платой Arduino.
2. Перенаправить внешний порт на маршрутизаторе к внутреннему порту платы Arduino.
3. Подключить маршрутизатор к службе DNS.

Используемые технологии масштабируются для задач управления режимом теплоснабжения от индивидуального дома, дачи, многоквартирного дома, до жилого микрорайона.

#### Литература

1. Соколов Е.А. Теплофикация и тепловые сети / Е.А. Соколов. – М.: МЭИ, 2001. – 471 с.
2. Варфоломеев Ю.М. Отопление и тепловые сети / Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин. – М.: Инфра-М, 2006. – 480 с.
3. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino / Freeduino / У. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.

### **Разработка и применение имитатора электроприводной аппаратуры**

<sup>1</sup>Максимов Дмитрий Игоревич, начальник участка НиРСА;

<sup>1,2</sup>Пестова Евгения Дмитриевна, магистр направления

«Автоматизация технологических процессов и производств»,

инженер УНиРСА «БалАЭР»

<sup>1</sup>«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал акционерного общества «Атомэнергоремонт»;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*В статье представлены результаты разработки многофункционального имитатора электроприводной аппаратуры, предназначенного для проверки прохождения сигналов на блок управления двигателем, блок управления задвижкой и блок управления клапаном. Устройство позволяет существенно повысить качество и сократить сроки пусконаладочных работ систем автоматического регулирования и управления.*

Системы автоматического регулирования (САР) применяют блок управления двигателем (БУД), блок управления задвижкой (БУЗ), блок управления клапаном (БУК), предназначенные для управления двигателями, задвижками и регулирующими клапанами соответственно. Функциональные блоки в составе САР формируют сигналы на закрытие, остановку и открытие исполнительных механизмов. В статье рассматриваются конструктивные и программные особенности универсального имитатора электроприводной аппаратуры ЭПА.

Имитатор состоит из пластикового корпуса 100x100x50 мм, внутри которого находится плата управления. В устройстве используется микроконтроллер фирмы ATMEL ATmega168 (8 битный с 16 КБ внутрисистемной программируемой Flash памятью) SMD исполнения, для индикации выполненных команд применяются светодиоды. В Autodesk Inventor разработана 3D-модель имитатора ЭПА, которая представлена на рис. 1.

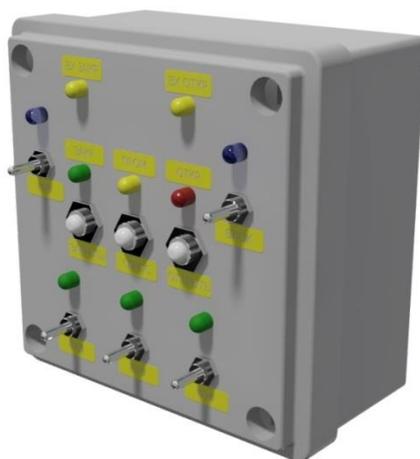


Рис. 1. 3D-модель имитатора электроприводной арматуры

После сборки имитатора выполняется написание программы в среде Atmel Studio и прошивка микроконтроллера ATmega168. Выбор оболочки обусловлен простотой компиляции и отладки программного кода. На рис. 2 реализована общая блок-схема программы для микроконтроллера ATmega168.

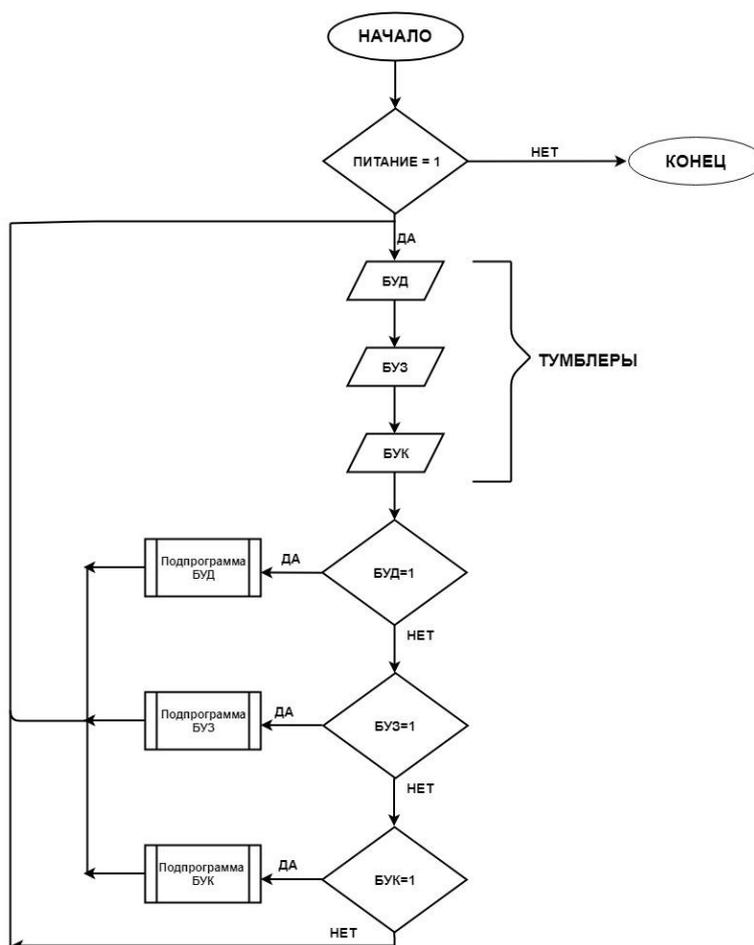


Рис. 2. Общая блок-схема программы для микроконтроллера ATmega168

Для систем автоматического регулирования, в состав которых входит БУД, необходима проверка прохождения и срабатывания сигналов на включение и отключение двигателя. Подключая имитатор к источнику питания и функциональному блоку БУД, непосредственно с имитатора подается команда на включение или отключение двигателя при помощи кнопок «ОТКРЫТЬ» или «ЗАКРЫТЬ» соответственно.

Для имитации прохождения сигналов на БУЗ необходимо включить тумблер «БУЗ», тем самым перевести устройство в режим управления задвижкой. Имитатор переходит в промежуточное состояние. Далее для управления необходимо нажать кнопку «ОТКР», после чего происходит открытие задвижки, сопровождающееся морганием светодиода. После отсчета времени открытия исполнительного механизма, которое составляет 10 секунд, срабатывает реле и загорается светодиод красного цвета «ОТКРЫТЬ». Процедура закрытия происходит в обратной последовательности, при нажатии кнопки «ЗАКРЫТЬ». После отсчета времени срабатывает реле закрытия и загорается светодиод зеленого цвета «ЗАКРЫТЬ». Также предусмотрен режим проверки блокировки (тумблер «БЛОК»). Данный режим позволяет проверить работу блокировки при открытом состоянии задвижки. По истечении 6 секунд блок БУЗ унифицированного комплекса технических средств (УКТС) включает резервную задвижку, а имитируемую переведет в режим «авария» и «блокировка».

Для имитации прохождения сигналов на управляющий блок БУК необходимо включить тумблер «БУК», тем самым перевести устройство в режим имитации регулирующего клапана. Устройство перейдет в промежуточное состояние, после чего необходимо нажать кнопку «ОТКРЫТЬ» или «ЗАКРЫТЬ». Далее алгоритм имитации схож с проверкой прохождения сигналов на БУЗ, исключая режим блокировки.

На имитаторе ЭПА реализованы светодиоды состояния входного сигнала и кнопки сброса программы микроконтроллера. Функциональная схема разработанного имитатора представлена на рис. 3.

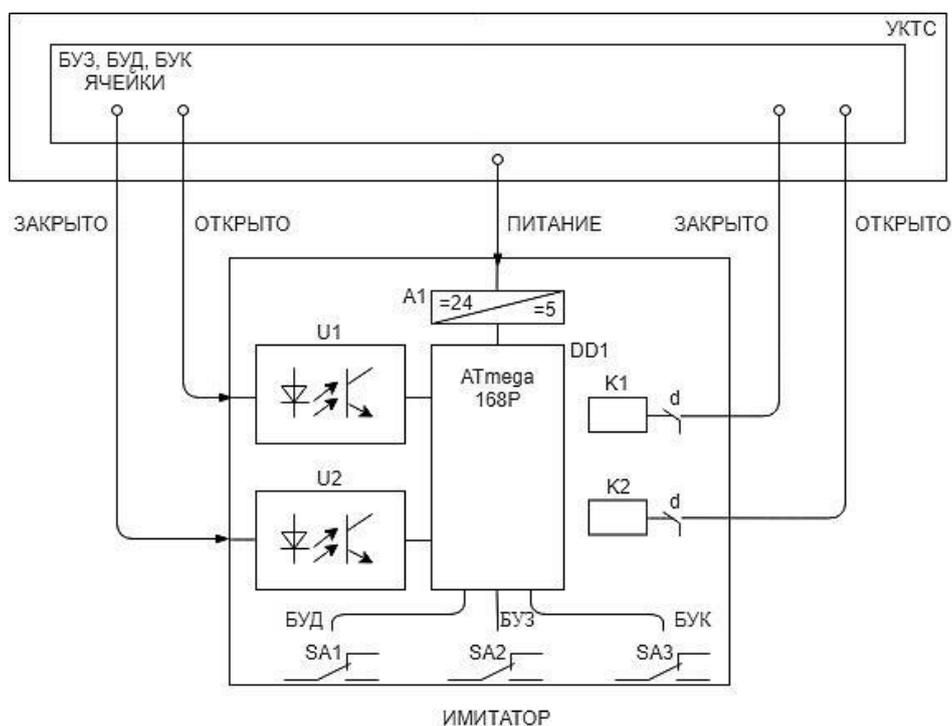


Рис. 3. Функциональная схема разработанного имитатора

При помощи разработанного устройства улучшено качество пусконаладочных работ автоматизированных систем. При простой реализации действий, время проверки прохождения сигналов на исполнительные механизмы сокращается, что говорит об улучшении налаживания оборудования. Данный имитатор применяется при выполнении пусконаладочных работ, модернизаций шкафов УКТС Балаковской атомной электростанции энергоблока №4. В дальнейшем планируется модификация имитатора путем установки двухстрочного монохромного экрана, на котором будет выводиться информация выбранного режима, времени и процентного отношения открытия или закрытия задвижки, или регулирующего клапана, а также будет выводиться регулировка датчика времени хода открытия или закрытия ЭПА.

#### Литература

1. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В.А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 395 с.
2. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера / Ю.В. Ревич. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 64 с.
3. Сейнов С.В. Входной контроль и испытания запорной арматуры. Организация. Методики. Оборудование / С.В. Сейнов. – Москва: Прондо, 2006. – 98 с.

**Разработка и исследование имитационной модели САР  
уровня парогенератора атомной станции**

<sup>1</sup>Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»;

<sup>2,3</sup>Пестова Евгения Дмитриевна, студент магистр направления  
«Автоматизация технологических процессов и производств»,  
инженер УНиРСА «БалАЭР»

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

<sup>3</sup>«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал акционерного общества «Атомэнергоремонт»,  
г. Балаково

*Разработана и исследована имитационная модель трехимпульсной системы автоматического регулирования уровня парогенератора ПГВ-1000 атомной станции в среде Simulink. Объект регулирования рассмотрен в виде подсистемы, построенной с использованием физических уравнений математической модели парогенератора.*

Парогенератор ПГВ-1000 – это полноценный технологический объект, предназначенный для выработки насыщенного пара. Данный технологический объект имеет колоссальную стоимость и относится к категории основного оборудования АС, поэтому исследование такого объекта удобно проводить при помощи его имитационной модели.

Для разработки имитационной модели парогенератора необходимо учитывать его математическое описание, включающее 11 простых дифференциальных и дифференциальных уравнений с частными производными [1, 3]. Исходя из этих соотношений, в среде визуального моделирования Simulink разработана имитационная модель парогенератора [2]. Она включает в себя 17 внутренних подсистем, 3 группы входных параметров (геометрические, физические и функциональные) и 3 выходные величины (температура, давление и уровень). Модель парогенератора ПГВ-1000 представлена на рис. 1. При проведении моделирования отмечено, что уровень пароводяной смеси пропорционально растет с увеличением времени моделирования.

Такой процесс происходит из-за того, что парогенератор как объект регулирования уровня представляет собой звено без самовыравнивания. Поэтому при разработке системы автоматического регулирования уровня целесообразно вносить ПИ – регулятор.

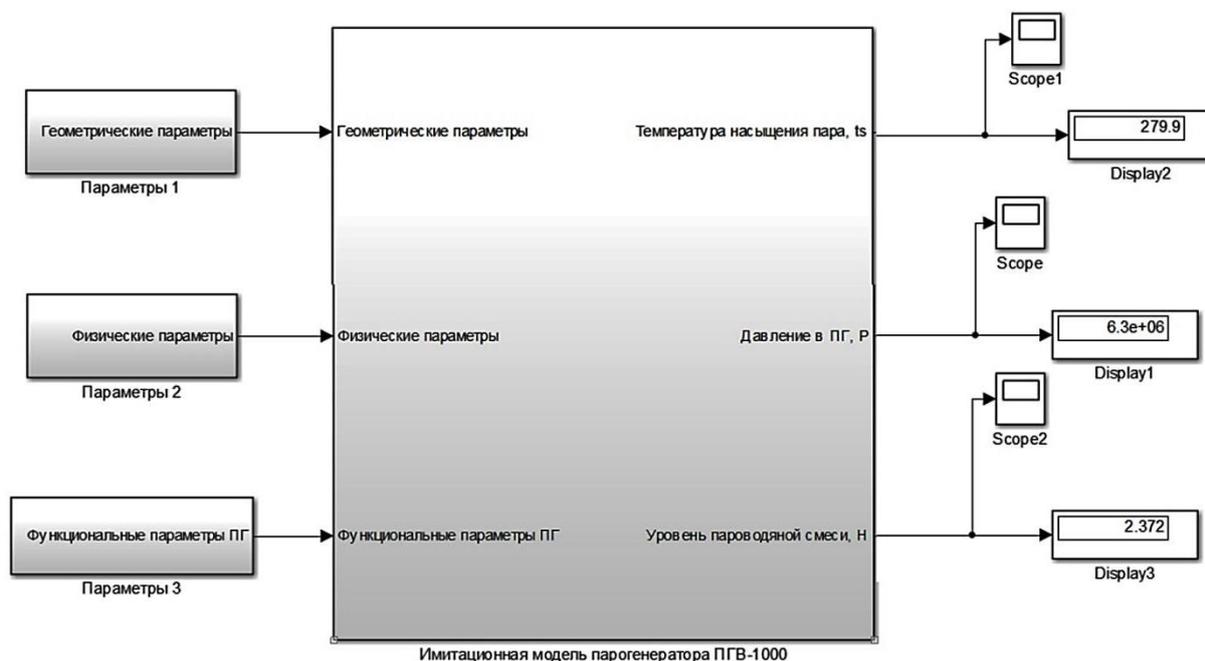


Рис. 1. Имитационная модель парогенератора ПГВ-1000

К САР уровня парогенератора ПГВ-1000 выставляются следующие требования:

- номинальный уровень  $H_{ном}$  равен 2450 мм от внутренней образующей корпуса;
- заданная точность поддержания уровня воды в статическом режиме  $\pm 5$  0 мм от номинального значения;
- заданная точность поддержания уровня в динамическом режиме равна  $\pm 150$  мм (с учетом нечувствительности регулятора).

Для моделирования САР уровня учитываются два основных возмущающих воздействий на парогенератор: расход пара  $D_p$  (до 18 кг/с) и расход питательной воды  $D_{пв}$ . Цель регулирования – получение апериодического переходного процесса с приемлемым временем регулирования и описанной выше точностью. Так как система трехимпульсная, то осуществляется контроль трех величин: уровень воды, расход питательной воды и пара с помощью датчиков разности давления типа Сапфир-22ДД. Передаточные функции датчиков описываются пропорциональными звеньями и имеют вид:

$$W_{дв}(s) = K_{дв}, \quad (1)$$

где  $K_{дв} = 11,2$  мА/м – коэффициент передачи датчика уровня;

$$W_{ДРП}(s) = K_{ДРП}, \quad (2)$$

где  $K_{ДРП} = 0,0288$  мА/(кг/с) – коэффициент передачи датчика расхода пара;

$$W_{ДРПВ}(s) = K_{ДРПВ}, \quad (3)$$

где  $K_{ДРПВ} = 0,0288$  мА/(кг/с) – коэффициент датчика расхода питательной воды.

Уровень воды регулируют путем изменения расхода питательной воды через регулирующий клапан с помощью механизма электрического однооборотного, который имеет возможность регулирования до 100 %. Максимальная скорость перемещения штока равна 5 %. Передаточную функцию регулирующего клапана можно описать пропорциональным звеном с коэффициентом  $K_{ро} = 6.67$  (кг/с)/%. Трубопровод от клапана до парогенератора описывается аperiodическим звеном 1-го порядка с передаточной функцией вида:

$$W_{ТР}(s) = \frac{1}{2s + 1}. \quad (4)$$

Simulink-модель САР уровня с имитационной моделью парогенератора представлена на рис. 2.

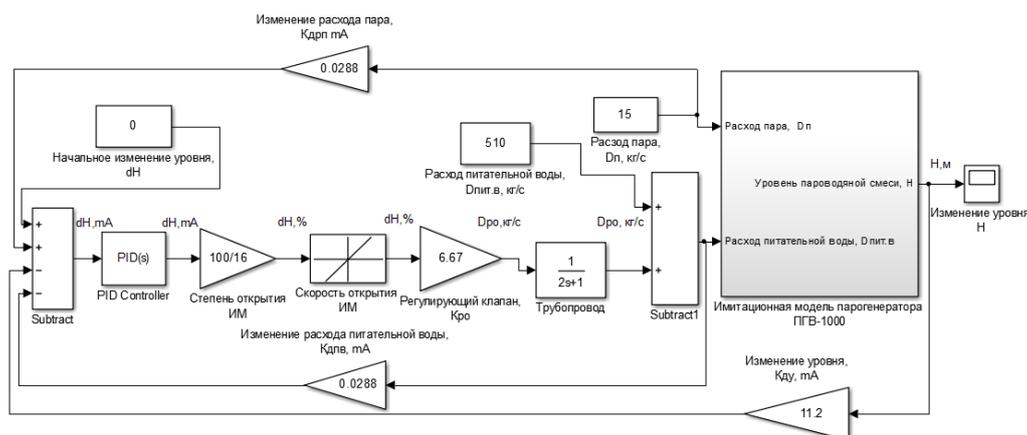


Рис. 2. Simulink-модель САР уровня парогенератора

Чтобы использовать разработанную ранее имитационную модель ПГ к данной системе автоматического регулирования, произведены изменения в функциональных параметрах модели, которые представлены на рис. 3. Так как главными возмущающими воздействиями являются расход пара  $D_{п}$  и расход питательной воды  $D_{пит.в}$ , то с помощью блоков In вынесены данные параметры в модель САР уровня, где они задаются блоками Constant. Например, в одном из режимов работы ПГ данные значения могут быть приняты следующим образом: расход питательной воды 510 кг/с, а расход пара 15 кг/с. График переходного процесса представлен на рис. 5. Из графика видно, что максимальный всплеск равен 74 мм, точность в статическом режиме

составляет 30 мм, время регулирования составляет 215 с. Сам динамический процесс носит апериодический характер, что удовлетворяет условиям регулирования такой системы, а отклонение в динамическом режиме не выходит за пределы 150-миллиметровой зоны.

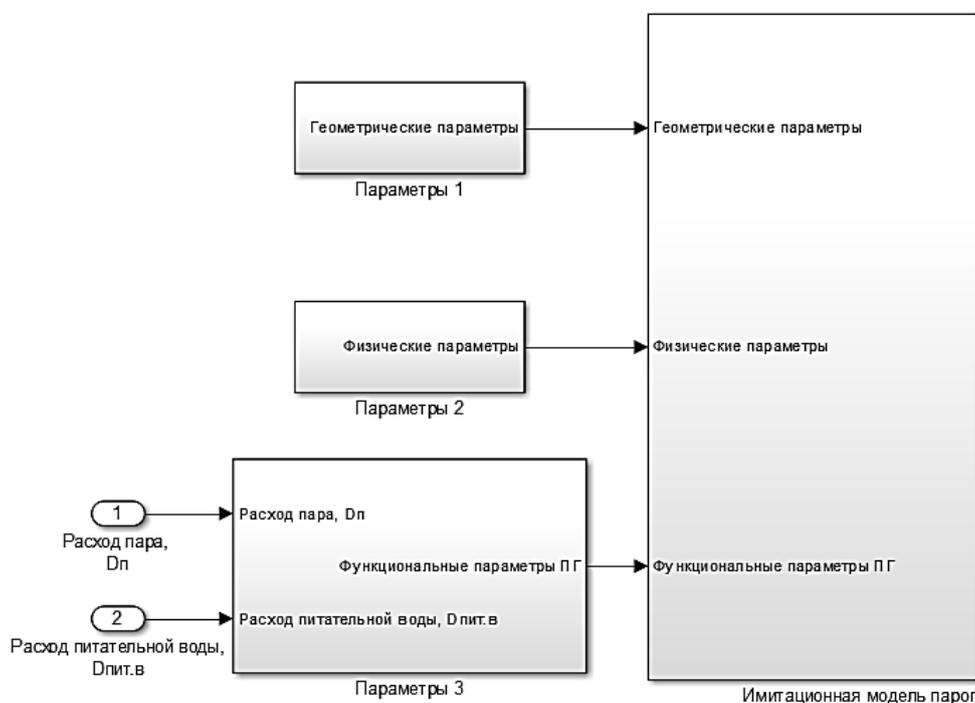


Рис. 3. Изменения в функциональных параметрах модели парогенератора

С помощью автоматической настройки ПИ-регулятора при помощи пакета Simulink Response Optimization, оптимизированы данные показатели. Пакет Simulink Response Optimization (оптимизация отклика в среде Simulink) представляет собой графический интерфейс для осуществления проектирования системы управления во временной области. Для расчета параметров ПИ-регулятора, на выход модели необходимо добавить блок Check Custom Bounds. В настройках такого блока имеются временные и амплитудные границы оптимизирующего коридора, которые задаются как одномерные матрицы. Модель САР уровня парогенератора и блоком Check Custom Bounds представлена на рис. 4.

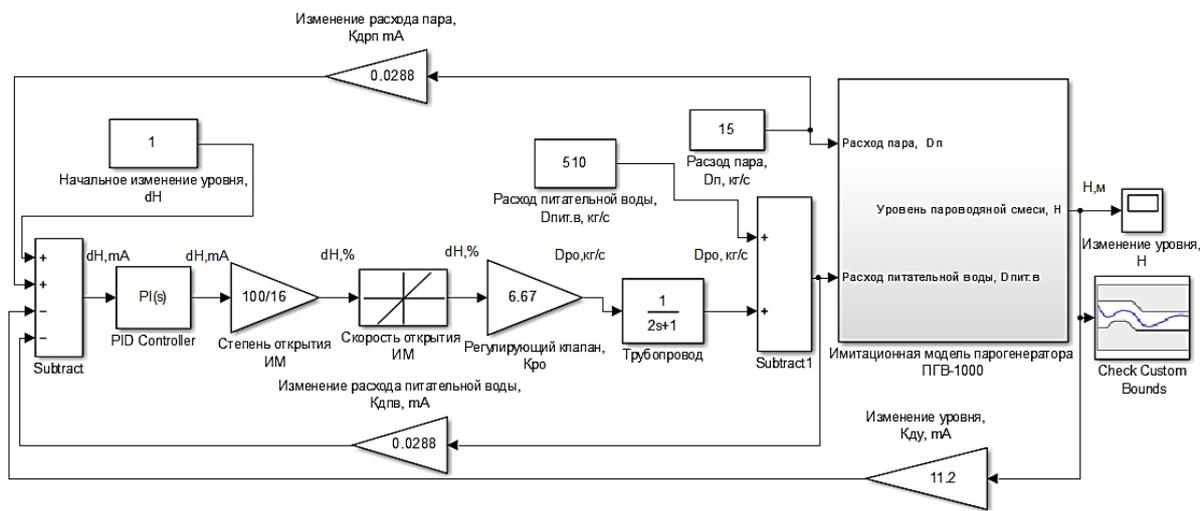


Рис. 4. Модель САР с блоком Check Custom Bounds

Для определения оптимизированных параметров регулятора, в рабочем окне Matlab задаются ранее использованные численные значения, которые являются первыми начальными приближениями:  $\gg k_p = 1$ ;  $\gg k_i = 0.25$ .

Далее запускается процесс оптимизации при помощи кнопки Optimize. В процессе моделирования перебираются различные сочетания коэффициентов регулятора на графике, в динамическом режиме меняется переходный процесс. В конце оптимизации процесс останавливается и выводится окончательный вариант оптимизированного переходного процесса. График оптимизированного переходного процесса совмещен с исходным и представлен на рис. 5.

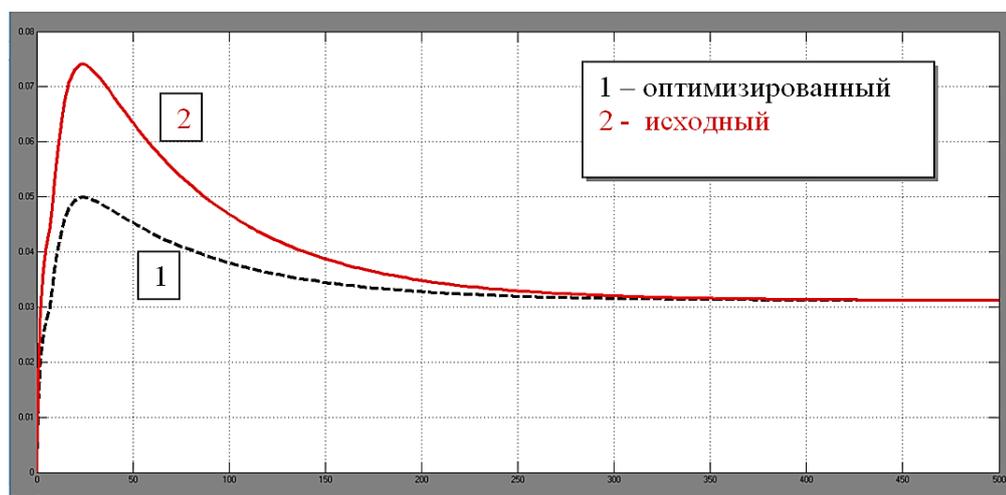


Рис. 5. Исходный и оптимизированный переходные процессы

В оптимизированном переходном процессе максимальное отклонение уменьшилось с 74 мм до 50 мм, время регулирования с 215 с. снизилось до 185 с., то есть на 30 с. Для достижения лучших показателей необходимо реализовать данную САР с использованием цифрового ПИ-регулятора.

## Литература

1. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В.А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 395 с.
2. Мефедова Ю.А. Разработка модели парогенератора атомной станции / Ю.А. Мефедова, Е.Д. Пестова // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 186-189.
3. Математическая модель системы питания парогенератора энергоблока АЭС / Л.А. Денисова [и др.] // Автоматизация в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 3-7.

УДК 681.5

### **Выявление зависимости виброакустических колебаний свободного кольца подшипника от расположения трещины в его структуре**

Мотков Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры  
«Информатика и управление в технических системах»;

Щеголев Сергей Сергеевич, доцент кафедры «Атомная энергетика»;  
Балаковский инженерно-технологический институт, филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково.

*Рассмотрено выявление зависимости изменения виброакустических колебаний от расположения трещины в структуре кольца подшипника.*

В условиях ремонтного предприятия для восстановления колец подшипников качения, путем перешлифовки поверхностного и подповерхностного слоя, важным фактором является определение отсутствия или наличия скрытой трещины в структуре кольца подшипника. Одним из методов, который позволяет выявить наличие внутреннего дефекта, является исследование виброакустических колебаний свободных колец подшипника. При этом возникает вопрос о зависимости колебательного процесса в исследуемом объекте в зависимости от его расположения относительно опорной поверхности.

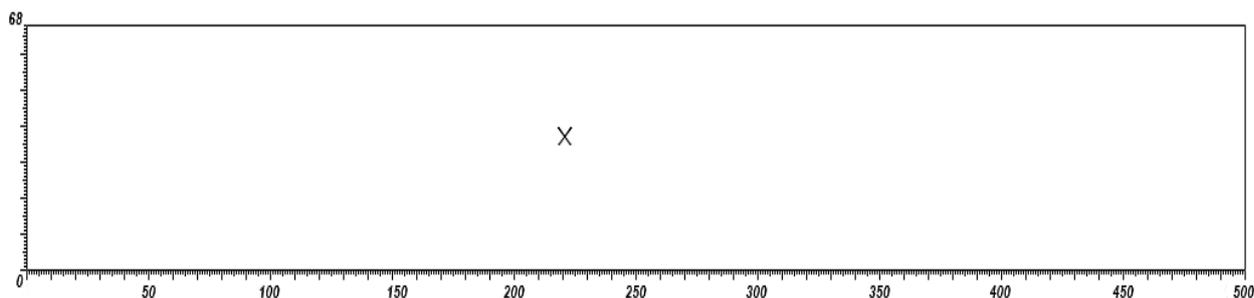
Для идентификации колец подшипников без трещины и с трещиной была проведена серия экспериментов на эталонных кольцах с известными размерами трещин и без трещин (фиксируемые колебания практически не зависели от относительного расположения бойка и датчика) [1, 2, 3].

В кольцах возбуждались колебания ударом бойка (шарика) при одинаковых условиях, то есть при одинаковом материале, весе и угле отклонения. Удар представляет собой дельта-функцию и позволяет рассматривать кольцо подшипника как динамическую систему. Импульсная переходная функция фиксировалась вибродатчиком, установленным на кольце, на магнитной опоре. При этом стоит учитывать, что расположение вибродатчика не влияет на протекание колебательного процесса из-за наличия местной деформации.

В справочнике В.В. Клюева [4] указывается, что для реализации условий, обеспечивающих свободные колебания в кольцах, они располагаются на опорной поверхности из мягких, пористых материалов (поролон, губчатой резины). Все эксперименты проводятся с использованием одной опорной поверхности и с одинаковым расположением колец на ней.

Проанализировав при помощи ультразвукового метода свободные кольца подшипников, можно сделать вывод, что они имеют дефекты преимущественно в середине поверхности. Это может быть связано с основными нагрузками в центре кольца подшипника.

Рассмотрим виброакустические колебания кольца подшипника с известным дефектом размером 222 мкм. Данный дефект располагается в подповерхностном слое на глубине 390 мкм. При проведении серии экспериментов расположение кольца подшипника, а следовательно, и расположение дефекта относительно изменялись.



*Рис. 1. Карта кольца подшипника с дефектом 222 мкм*

При повторных измерениях при разных положениях кольца подшипника относительно своей оси (рис. 2) получают импульсные переходные функции, представленные на рис. 3.

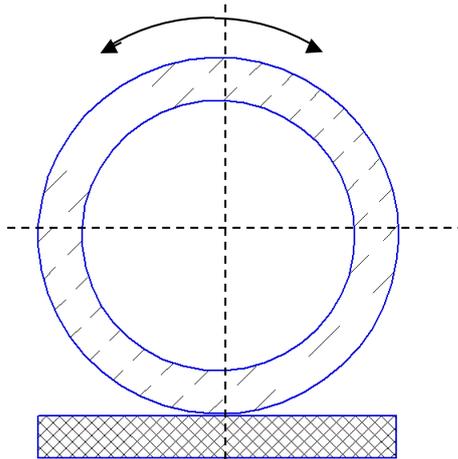


Рис. 2. Расположение кольца подшипника на опорной поверхности

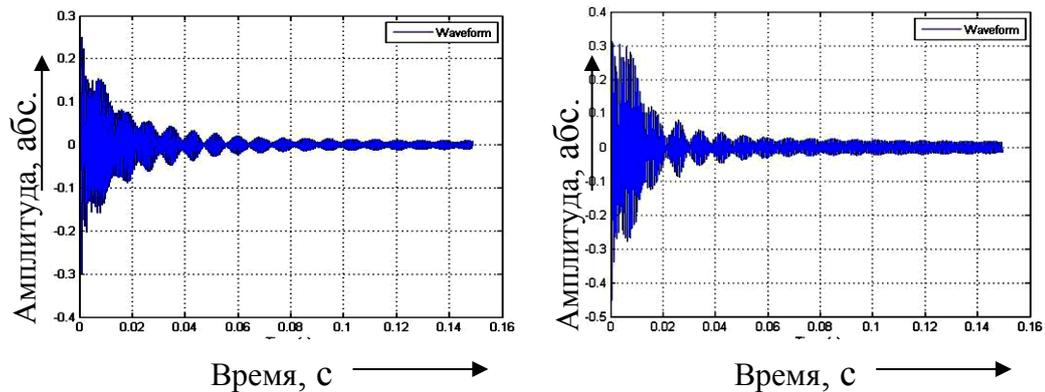


Рис. 3. Импульсные переходные функции кольца с дефектом 222 мкм при разных экспериментах

Для определения влияния размера трещины в кольцах на добротность колец использовались эталонные кольца с одиночными трещинами, выявленными другими методами, в частности, ультразвуковым [5, 6]. Трещины в структуре колец подшипников фиксируются УЗ-методом, определялись с помощью дефектоскопа УД2-12. Количество измерений каждого из колец – 25, что обеспечивает достоверность экспериментальных данных.

На основании проведенной серии экспериментов из 25 ударов, все полученные результаты можно свести в наглядную табл. 1. Значение эквивалентной добротности для кольца с дефектом 222 мкм варьируется в пределах от 9,73 до 10,78.

Таблица 1

## Результаты экспериментальных исследований кольца с дефектом 222 мкм

Номер	Частота собственных колебаний, Гц	Частота второй составляющей колебаний, Гц	Коэффициент затухания	Резонансная частота, Гц	Полоса пропускания, Гц	Добротность
1	1547	1598	62,6	1559	146	10,67
2	1548	1595	63,2	1559	148	10,54
3	1546	1601	64,4	1563	150	10,38
4	1544	1591	63,2	1555	158	9,81
5	1538	1578	55,1	1551	157	9,89
6	1544	1586	60,3	1572	146	10,77
7	1557	1620	52,3	1566	148	10,54
8	1548	1594	55,7	1557	156	9,99
9	1559	1606	62,2	1589	149	10,67
10	1542	1581	51,4	1573	162	9,73
11	1544	1585	62,4	1572	148	10,61
12	1541	1570	61,3	1539	150	10,24
13	1541	1581	57,1	1569	146	10,77
14	1558	1620	55,1	1562	146	10,67
15	1551	1593	56,4	1551	145	10,73
16	1551	1601	61,3	1563	145	10,78
17	1541	1584	53,4	1548	158	9,76
18	1558	1614	60,8	1565	150	10,4
19	1552	1609	53,8	1570	145	10,8
20	1546	1596	50,7	1552	144	10,74
21	1550	1575	60,6	1549	148	10,42
22	1547	1581	62,4	1575	151	10,44
23	1539	1579	57,5	1552	145	10,71
24	1543	1583	58,1	1574	152	10,33
25	1540	1573	60,8	1568	159	9,88

На основании результатов, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод, что положение кольца подшипника относительно своей оси на поверхности из губчатого материала не влияет на импульсную переходную характеристику.

Проведем серию экспериментов для кольца, имеющего самую большую трещину 396 мкм с целью выявления влияния наличия и расположения трещины на характеристики собственных колебаний кольца и, соответственно, показатель добротности. На рис. 4 представлена карта подшипника с расположением дефекта, размером 396 мкм в подповерхностном слое на глубине 393 мкм.

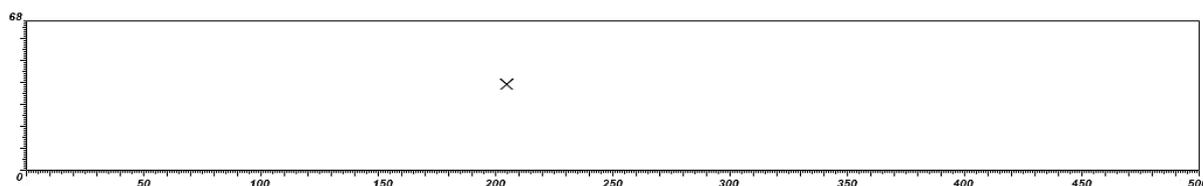


Рис. 4. Карта кольца подшипника с дефектом 396 мкм

Получаемые импульсные переходные характеристики изображены на рис. 5. Визуально можно оценить, что картины характеристик имеют схожую структуру с учетом одинаковых начальных условий.

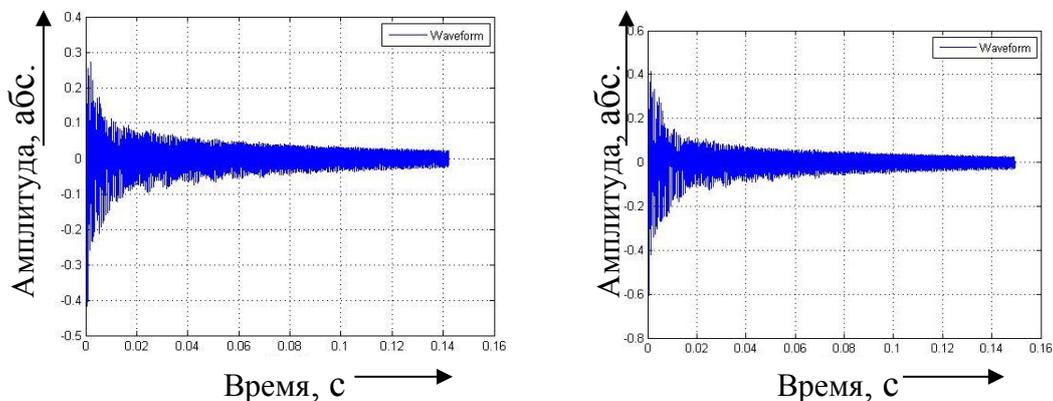


Рис. 5. Карта кольца подшипника с дефектом 396 мкм

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований кольца с дефектом 396 мкм

Номер	Частота собственных колебаний, Гц	Частота второй составляющей колебаний, Гц	Коэффициент затухания	Резонансная частота, Гц	Полоса пропускания, Гц	Добротность
1	1565	1845	114,8	1528	741	2,06
2	1560	1817	108,7	1533	697	2,19
3	1559	1825	113,1	1550	733	2,11
4	1560	1829	111,7	1560	708	2,17
5	1569	1856	116,3	1537	761	2,02
6	1557	1826	107,4	1535	763	2,01
7	1562	1815	106,5	1555	699	2,22
8	1569	1851	112,8	1547	735	2,1
9	1558	1834	111,7	1536	748	2,05
10	1563	1840	114,5	1532	752	2,04
11	1561	1831	113,7	1531	705	2,17
12	1559	1819	109,3	1532	688	2,23
13	1562	1841	105,5	1550	691	2,24
14	1560	1822	100,2	1538	689	2,23
15	1557	1826	102,8	1524	710	2,15
16	1561	1838	106,6	1536	733	2,09
17	1564	1836	114,9	1533	710	2,16
18	1559	1828	113,8	1525	724	2,1
19	1568	1835	111,2	1540	711	2,16
20	1562	1842	105,4	1535	742	2,07
21	1560	1834	117,1	1540	737	2,09
22	1566	1837	112,4	1537	710	2,16
23	1556	1824	115,2	1527	737	2,07
24	1569	1832	114,2	1557	738	2,1
25	1564	1847	111,9	1535	741	2,07

По приведенной таблице можно судить о том, что эквивалентная добротность кольца подшипника варьируется в пределах 2,02-2,24, при этом значение полосы

пропускания имеет значения от 688 до 763 Гц, а резонансная частота – 1524-1560 Гц. Как видно, значения добротности и резонансной частоты имеют небольшие отклонения.

Таким образом, можно сделать вывод, что расположение кольца подшипника относительно своей оси не влияет на импульсную переходную характеристику, и происходящие в нем колебательные процессы после импульсного воздействия позволяют получить основные информационные параметры.

#### Литература

1. Щеголев С.С. Комплексный автоматизированный метод выявления дефектов колец подшипников / С.С. Щеголев, А.Г. Мотков // Наукоедение: электронный журнал. – 2014. – №4 (23). – С. 1-4.

2. Игнатьев А.А. Идентификация кольца подшипника как динамической системы при импульсном воздействии / А.А. Игнатьев, А.Г. Мотков, С.С. Щеголев // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. трудов. – Саратов: СГТУ, 2014. – С. 63-67.

3. Игнатьев А.А. Идентификация кольца подшипника как динамической системы / А.А. Игнатьев, А.Г. Мотков, С.С. Щеголев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2014. – №2 (75). – С.172-178.

4. Клюев В.В. Неразрушающий контроль: справочник / В.В. Клюев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2003. – 656 с.

5. Мотков А.Г. Использование ультразвуковых методов для определения дефектов внешних колец подшипников качения колесной пары вагона / А.Г. Мотков, С.С. Щеголев, А.А. Игнатьев // Современные вопросы науки и образования – XXI век: сб. науч. тр. Междунар. конф. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес - наука - общество», 2012. – С. 160-161.

6. Мотков А.Г. Составление градуировочной шкалы по результатам исследования дефектов различных диаметров / А.Г. Мотков, С.С. Щеголев // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. трудов. – Саратов: СГТУ, 2013. – С. 242-248.

**Компьютерная геометрическая модель производящей поверхности  
зуборезного инструмента «червячная фреза»**

Рязанов Сергей Анатольевич, заведующий лабораторией «Компьютерная графика»

кафедры «Инженерная геометрия и основы САПР»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

*Существующие математические модели расчета червячных зубчатых зацеплений достаточно сложны и не всегда дают возможность быстро и точно получить желаемый результат. Более простым способом для поиска подходящего варианта зубчатой передачи, удовлетворяющей поставленной задаче, является применение методов компьютерного моделирования и компьютерной графики, а в частности алгоритмов твердотельного моделирования.*

*Использование методов компьютерной графики в вопросах технологии изготовления зубчатых коле стало возможным благодаря тому, что сам процесс изготовления той или иной детали на станках с числовым программным управлением связан с указанием информации о внешнем облике детали, ее размерах, геометрических характеристиках и может быть представлен в компактном геометро-аналитическом виде. Эта же информация может быть введена в ЭВМ с целью имитации управления движением режущего инструмента. В конечном счете, это сводится к проблеме аналитического описания и представления в ЭВМ кривых и поверхностей в трехмерном пространстве.*

Применение методов геометрического моделирования для имитации процесса формообразования рабочей поверхности зубчатого зацепления основано на относительном движении взаимопересекающихся объектов в виде системы «заготовка – инструмент». Это позволяет получить необходимую геометрическую модель, точно воспроизводящую геометрическую конфигурацию поверхностей зубьев пространственных зубчатых передач с учетом технологических особенностей их производства на зуборезных станках [3, 4].

Элементы червячной передачи имеют рабочую поверхность, сечение которой задается в соответствии с ГОСТ 19036-81, где геометрические параметры производящей поверхности выбираются в соответствии с геометрическими параметрами проектируемого червячного зацепления [1]. Сечение исходной производящей поверхности образуется контуром, проходящим через точки сечения  $Pt_3$ – $Pt_5$ – $Pt_6$ – $Pt_4$  (рис. 1).

Левая боковая производящая поверхность исходного прямолинейного производящего контура сечения описывается уравнением:



$$y_{left_{37}}^m = \frac{\cos(\alpha_{left})}{\sin(\alpha_{left})} \cdot z^m - \frac{h_f}{\sin(\alpha_{left})}, \quad (4)$$

$$y_{left_{59}}^m = -\frac{\cos(\alpha_{left})}{\sin(\alpha_{left})} \cdot z^m + \frac{h_a}{\sin(\alpha_{left})} \quad (5)$$

Решая совместно каждое из уравнений (4) – (5) и уравнение, которое описывает модификацию исходного прямолинейного сечения (3), вычислим координаты крайних точек 7–10 левого модифицированного профиля производящей поверхности в подвижной системе координат:

$$y_7^m = -\frac{1}{2} \cdot \frac{-\cos(\alpha_{left}) + \sqrt{\cos^2(\alpha_{left}) - 4 \cdot \sin(\alpha_{left}) \cdot \mu \cdot h_f}}{\sin(\alpha_{left}) \cdot \mu}, \quad (6)$$

$$y_9^m = \frac{1}{2} \cdot \frac{-\cos(\alpha_{left}) + \sqrt{\cos^2(\alpha_{left}) + 4 \cdot \sin(\alpha_{left}) \cdot \mu \cdot h_a}}{\sin(\alpha_{left}) \cdot \mu} \quad (7)$$

Матрица перехода от системы координат левого модифицированного профиля производящей поверхности в систему координат  $S_{o\Pi}$  ( $O_{\Pi} x_{\Pi} y_{\Pi} z_{\Pi}$ ) записывается в следующем виде:

$$M_{m-left} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta_x) & -\sin(\theta_x) & 0 \\ 0 & \sin(\theta_x) & \cos(\theta_x) & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

где  $\theta_x$  – угол поворота системы координат, в которой выполняется расчет координат точек левого модифицированного профиля;

$\Delta z$  – перемещение системы координат модифицированного профиля,  $\Delta z = s/2$ .

Следовательно, система уравнений, позволяющая выполнить преобразование координат точек модифицированного профиля инструмента, примет вид:

$$\begin{cases} R_{mX}^{(Su)} = 0 \\ R_{mY}^{(Su)} = \mu \cdot z^2 \cdot \cos(\theta_x) - z \cdot \sin(\theta_x) \\ R_{mZ}^{(Su)} = \mu \cdot z^2 \cdot \sin(\theta_x) + z \cos(\theta_x) + \Delta z \end{cases}$$

Выполняя расчеты координат точек модифицированного профиля на интервале, который определяется уравнениями (6) и (7), получаем осевое сечение  $\Pi_0$  модифицированной производящей поверхности (рис. 2).

Данная схема позволяет, используя сечение производящей поверхности, получить компьютерный геометрический эквивалент зуборезного инструмента

«червячная фреза». Координаты точек, принадлежащих производящей поверхности инструмента  $\bar{R}_m^{(Su)}$ , удобно описывать в векторно-матричной форме:

$$\bar{R}_m^{(Su)} = H_{S_{ou}S_{o\Pi}} \times \bar{R}_m^{(So\Pi)}, \quad (8)$$

где  $\bar{R}_m^{(So\Pi)}$  – радиус-вектор осевого профиля производящей поверхности в подвижной системе координат  $S_{o\Pi} (O_{\Pi} x_{\Pi} y_{\Pi} z_{\Pi})$ :

$$\bar{R}_m^{(So\Pi)} = \begin{vmatrix} x_m & y_m & z_m & 1 \end{vmatrix}^T, \quad (9)$$

где  $x_m, y_m, z_m$  – координаты точки, принадлежащей сечению производящей поверхности инструмента;

$H_{S_{ou}S_{o\Pi}}$  – блочная матрица, выражающая движение системы  $S_{o\Pi}$ , связанной с осевым профилем производящей поверхности, относительно системы  $S_{ou}$ :

$$H_{S_{ou}S_{o\Pi}} = \begin{vmatrix} A_{S_{ou}S_{o\Pi}} & r_{0\Pi}^{(sou)} \\ 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (10)$$

где  $r_{0\Pi}^{(sou)}$  – радиус-вектор сформированной производящей поверхности в системе координат  $S_{ou} (O_{ou} x_u y_u z_u)$ ;

$A_{S_{ou}S_{o\Pi}}$  – матрица поворота размерностью  $3 \times 3$ .

В векторно-матричном виде поворот сечения исходного профиля производящей поверхности происходит на угол  $\theta_2$  вокруг оси  $Z_2$  и его одновременным поступательным движением вдоль этой же оси (рис. 2). При изменении значения угла  $\theta_2$  от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  происходит компьютерная имитация вращения осевого производящего профиля инструмента  $\Pi_o$ , которая повторяет движение инструмента «червячная фреза» на зуборезном станке. Это приведет к получению компьютерной модели производящей поверхности, которая будет эквивалентна производящей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза».

В общем виде вращение исходного осевого профиля  $\Pi_o$  вокруг оси  $Z_2$  описывается с помощью матрицы поворота сечения (8) – (10). Для описания координат точек, принадлежащих производящей поверхности инструмента «червячная фреза», в матричном выражении (10) необходимо задать следующие параметры:

$$A_{s_{ou}s_{o\Pi}} = \begin{vmatrix} \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & 0 \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (11)$$

$$r_{o\Pi}^{(s_{ou})} = [R \cdot \sin(\theta_2) \quad R \cdot \cos(\theta_2) \quad -p_0 \cdot \theta_2]^T, \quad (12)$$

где  $R$  – радиус делительной окружности инструмента «червячная фреза»;

$p_0$  – параметр движения осевого профиля вдоль оси вращения  $Z_2$ .

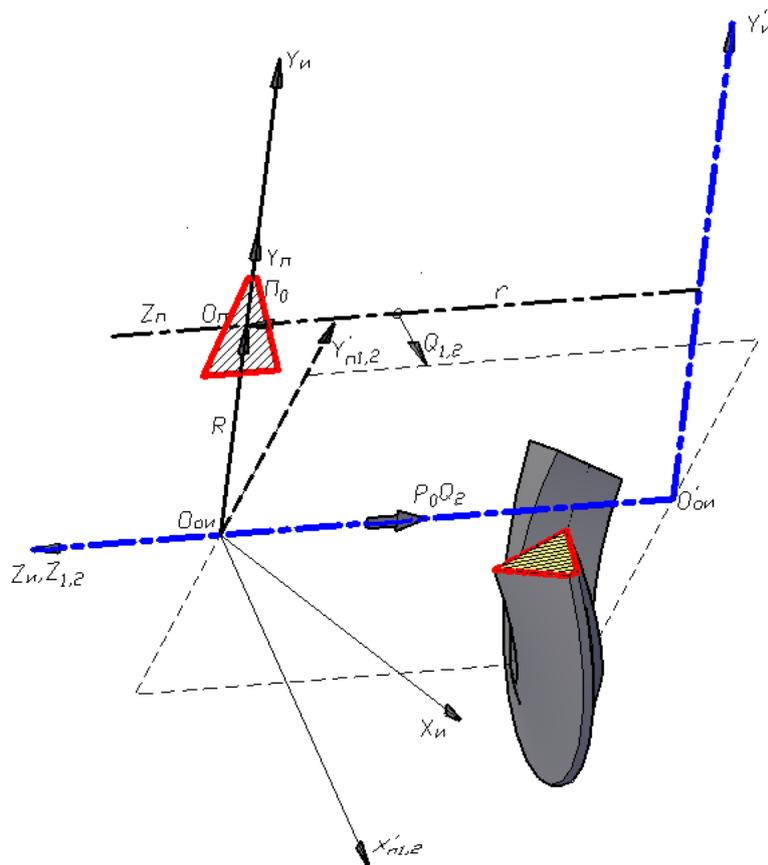


Рис. 2. Геометрическая модель образования производящей поверхности эквивалентной производящей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза»

Подставляя значения блочной матрицы  $A_{s_{ou}s_{o\Pi}}$  (11) и вектора  $r_{o\Pi}^{(s_{ou})}$  (12) в выражение (10), получим окончательный вид матрицы, описывающей поворот радиус-вектора формообразующей поверхности профиля инструмента в системе координат инструмента:

$$\bar{R}_m^{(su)} = \begin{vmatrix} \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & 0 & R \cdot \sin(\theta_2) \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & R \cdot \cos(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & -p_0 \cdot \theta_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \bar{R}_m^{(so\Pi)}, \quad (13)$$

где  $\bar{R}_m^{(So\Pi)}$  – радиус-вектор осевого профиля производящей поверхности в подвижной системе координат  $S_{o\Pi} (O_{\Pi} x_{\Pi} y_{\Pi} z_{\Pi})$ ;

$\theta_2$  – угол поворота радиус-вектора  $\bar{R}_m^{(So\Pi)}$ .

Выполнив умножение матриц (13) и (9), получается система уравнений, которая описывает преобразование координат осевого профиля производящей поверхности из системы координат  $S_{o\Pi} (O_{\Pi} x_{\Pi} y_{\Pi} z_{\Pi})$  в систему координат инструмента «червячная фреза»  $(X_2 Y_2 Z_2)$  в координатной форме:

$$\begin{cases} R_{mX}^{(Su)} = x_m \cdot \cos(\theta_2) + y_m \cdot \sin(\theta_2) + R \cdot \sin(\theta_2) \\ R_{mY}^{(Su)} = -x_m \cdot \sin(\theta_2) + y_m \cdot \cos(\theta_2) + R \cdot \cos(\theta_2), \\ R_{mZ}^{(Su)} = z_m - p_0 \cdot \theta_2 \end{cases} \quad (14)$$

где  $R_{mX}^{(Su)}$ ,  $R_{mY}^{(Su)}$ ,  $R_{mZ}^{(Su)}$  – координаты точки, принадлежащей производящей поверхности, заданную радиус-вектором  $\bar{R}_m^{(So\Pi)}$  в системе координат инструмента;

$x_m$ ,  $y_m$ ,  $z_m$  – координаты точек осевого профиля производящей поверхности заданные в системе координат  $S_{o\Pi} (O_{\Pi} x_{\Pi} y_{\Pi} z_{\Pi})$ .

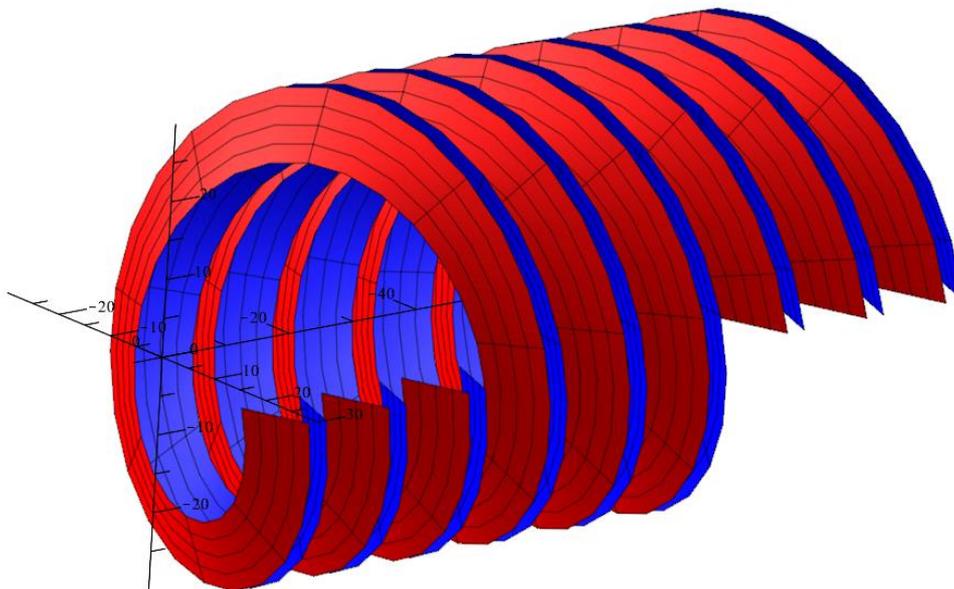
Система уравнений (14) позволяет рассчитать и получить положение точек сечения производящей поверхности в виде зуборезного инструмента «червячная фреза» (рис. 3).

Подставив в систему уравнений (14) значение  $x_m = 0$ , так как сечение в подвижной системе координат находится в плоскости  $Y_{\Pi} Z_{\Pi}$ ; для левого профиля  $y_m = y_{left}$ , значение которой задается уравнением (1) и для правого профиля  $y_m = y_{right}$ , заданного уравнением (2), получим системы уравнений производящей поверхности в параметрическом виде для левого (15) и правого (16) профилей производящей поверхности инструмента:

$$\begin{cases} R_{mX}^{(Su)} = \sin(\theta_2) \cdot \left( -\frac{z_{left}}{\operatorname{tg}(\alpha_{left})} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi \cdot m}{\operatorname{tg}(\alpha_{left})} \right) + R \cdot \sin(\theta_2) \\ R_{mY}^{(Su)} = \cos(\theta_2) \cdot \left( -\frac{z_{left}}{\operatorname{tg}(\alpha_{left})} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi \cdot m}{\operatorname{tg}(\alpha_{left})} \right) + R \cdot \sin(\theta_2), \\ R_{mZ}^{(Su)} = -p_0 \cdot \theta_2 + z_{left} \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} R_{mX}^{(Su)} = \sin(\theta_2) \cdot \left( \frac{z_{right}}{\operatorname{tg}(\alpha_{right})} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi \cdot m}{\operatorname{tg}(\alpha_{right})} \right) + R \cdot \sin(\theta_2) \\ R_{mY}^{(Su)} = \cos(\theta_2) \cdot \left( \frac{z_{right}}{\operatorname{tg}(\alpha_{right})} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\pi \cdot m}{\operatorname{tg}(\alpha_{right})} \right) + R \cdot \sin(\theta_2) \\ R_{mZ}^{(Su)} = -p_o \cdot \theta_2 + z_{right} \end{cases} \quad (16)$$

Выполнив расчеты, получаем изображение производящей поверхности инструмента «червячная фреза» [2], которая задана параметрическими уравнениями (15) и (16) (рис. 3).



*Рис. 3. Компьютерная геометрическая модель четырехзаходного цилиндрического червяка*

#### Литература

1. Карачаровский В.Ю. Геометрическое моделирование и визуальная оценка винтовой поверхности зуба / В.Ю. Карачаровский, М.К. Решетников, С.А. Рязанов // Проблемы графической подготовки студентов технических вузов в условиях современного компетентного подхода к процессу обучения: сб. тр. междунар. науч.-метод. конф. – Дивноморское: ДГТУ, 2015. – С. 59-66.
2. Карачаровский, В. Ю. Геометрическое моделирование формообразования пространственных поверхностей при винтовом относительном движении / В. Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: 1-я междунар. науч. конф. – М.: Изд-во МГИУ, 2008. – С. 143-146.

3. Карачаровский В.Ю. Применение методов 3D компьютерной графики и твердотельного моделирования при разработке технологических процессов зубонарезания / В.Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 4. – Вып. 1. – С. 55-60.

4. Карачаровский В.Ю. Разработка цифровых технологий твердотельного моделирования процессов формообразования пространственных зубчатых передач для реализации на многокоординатных станках / В.Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // Пятый Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций: в 2 ч. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2010. – Ч. 1. – С. 150-151.

УДК 621.039

### **Анализ цифровой системы управления подачей технологических жидкостей на базе ПНПИР**

Таранов Андрей Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

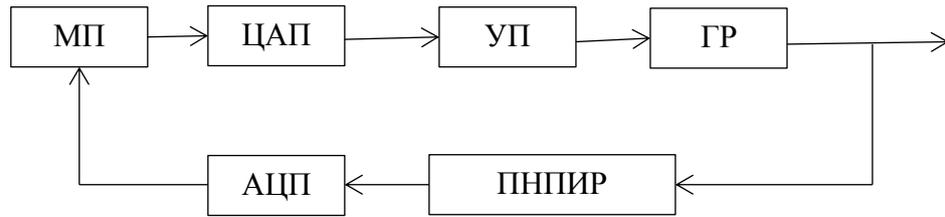
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

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

*В статье представлен синтез цифровой системы управления подачи технологических жидкостей на базе ПНПИР. На основе экспериментальных данных получена передаточная функция ПНПИР.*

Автоматизация производственных процессов является существенным условием повышения производительности труда и улучшения качества производства. Одними из важнейших параметров, которые подвергаются автоматизированному контролю, являются скорость и объем рабочих жидкостей, что приводит к необходимости повсеместного внедрения и совершенствования систем автоматического контроля, регулирования и управления потоками технологических жидкостей.

Функциональная схема цифровой системы управления подачей технологических жидкостей на базе ПНПИР представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Функциональная схема цифровой системы управления подачей технологических жидкостей на базе ПНПИР:*

*МП – микропроцессор; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; ГР – гидрораспределитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; УП – усилитель-преобразователь; ПНПИР – поляризационный низконапорный преобразователь импульсного расхода*

Для запоминания информации в течение времени, равного периоду дискретности  $T_0$  в данной системе используется экстраполятор, представляющий собой фиксирующее устройство (экстраполятор нулевого уровня) с передаточной функцией:

$$W_1(p) = \frac{1 - e^{-T_0 p}}{p}. \quad (1)$$

Большинство микро-ЭВМ имеют достаточно малый шаг квантования по уровню, в результате чего при приближенных исследованиях их можно не учитывать.

В качестве измерительного элемента в системе управления используется поляризационный низконапорный преобразователь импульсного расхода. Принцип действия поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов основан на взаимодействии течения заряженной диэлектрической жидкости с электрическим полем, поэтому теоретической базой для исследования явлений, происходящих в преобразователе расхода, служат фундаментальные системы уравнений гидродинамики и электротехники [1]. Плотность полного потока поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов определяется двумя составляющими: током проводимости, величина которого не зависит от скорости течения жидкости и потоком поляризации, величина которого пропорциональна скорости движения жидкости в межэлектродном промежутке. Для увеличения различных составляющих уравнения полного тока могут быть использованы системы электродов различной формы. При использовании плоскопараллельных электродов, электродов типа «плоскость – наклонная плоскость» и «плоскость – седлообразный элемент». Наибольший вклад в величину тока вносит компонента, направленная вдоль оси абсцисс, при использовании электродов типа «плоскость – полуцилиндр» – компонента, направленная вдоль оси аппликат. В

результате проведенных экспериментальных исследований преобразователей расхода с различными системами электродов был сделан вывод, что максимальный коэффициент усиления имеет преобразователь расхода с электродами типа «плоскость – наклонная плоскость». Однако использование преобразователя расхода данной конструкции ведет к возникновению дополнительных гидравлических сопротивлений, к изменению профиля скорости. Наиболее целесообразным является использование поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов с плоскопараллельными электродами [2]. На основе результатов экспериментальных исследований ПНПИР была получена его передаточная функция в виде:

$$W_2(p) = \frac{0.169}{1.67 \cdot 10^{-6} p + 1} \quad (2)$$

Передаточная функция ПНПИР [1] имеет вид аperiodического звена. Значение постоянной времени ПНПИР значительно меньше 1, следовательно, для дальнейших расходов можно принять:  $W_2(p) = 0.169$ .

Передаточная функция усилителя  $W_3(p) = 38$ . Данный усилитель позволяет обеспечить коэффициент усиления, необходимый для работы гидрораспределителя.

Передаточная функция гидрораспределителя будет иметь вид:

$$W_4(p) = \frac{0.3086}{(0.0576 p^2 + 0.208 p + 1)(0.4 p + 1)} \quad (3)$$

Структурная схема системы автоматического управления подачей технологических жидкостей на базе поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов представлена на рис. 2 [3].

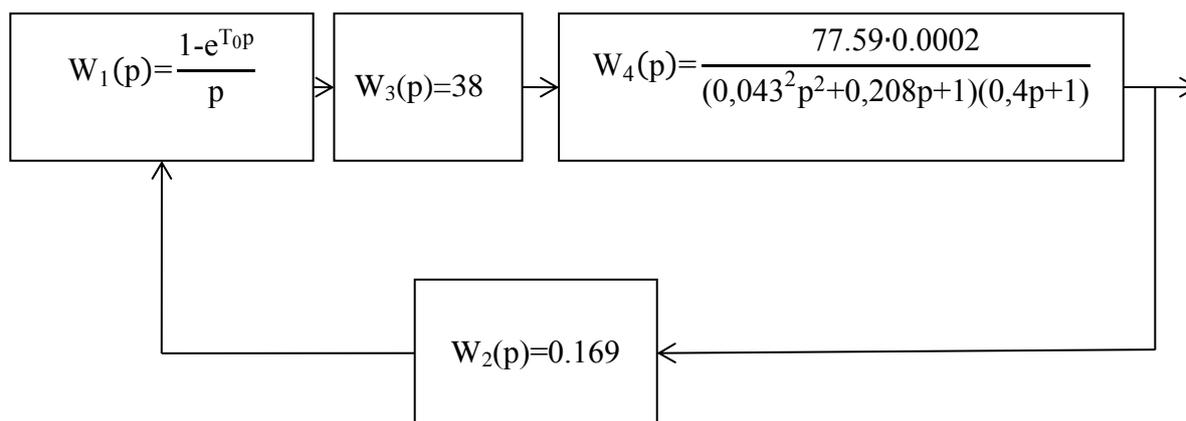


Рис. 2. Структурная схема САУ подачи технологических жидкостей

Передаточная функция неизменяемой непрерывной части системы:

$$W_H = W_1(p) W_2(p) W_3(p) W_6(p) \quad (5)$$

Переходя к z-передаточной функции, получим передаточную функцию разомкнутой системы:

$$W(z) = 0.103 - 0.002 \cdot \frac{z-1}{z-e^{-250 \cdot T}} + 0.009 \cdot \frac{z-1}{z-e^{-107.47 \cdot T}} - 0.11 \cdot \frac{z-1}{z-e^{-5.03 \cdot T}}. \quad (6)$$

Для построения логарифмических характеристик перейдем к псевдочастоте  $\lambda$ , для этого последовательно применим билинейное преобразование  $z = \frac{1+\omega}{1-\omega}$  и подстановку  $\omega = j \cdot T \cdot \frac{\lambda}{2}$ . Амплитудная и фазовая псевдочастотные характеристики представлены на рис. 3.

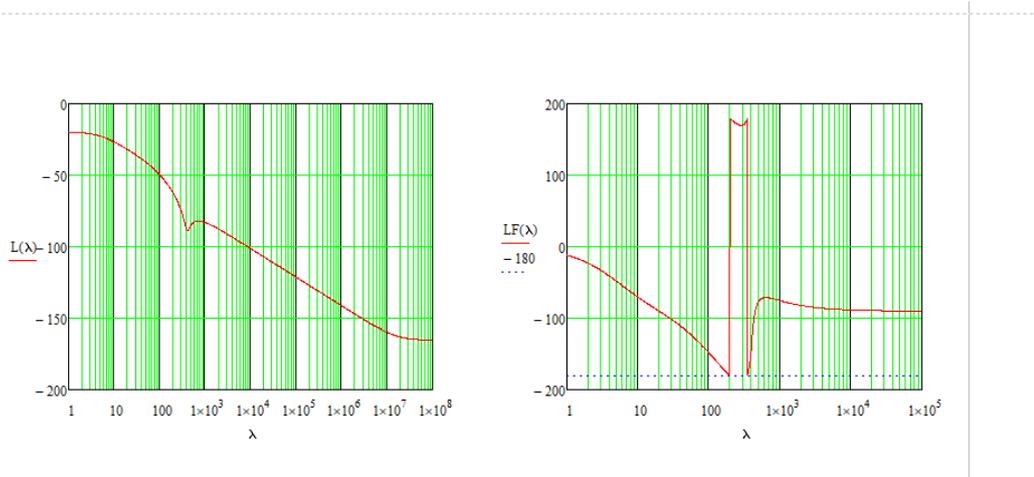


Рис. 3. Амплитудная и фазовая псевдочастотные характеристики САУ подачи технологических жидкостей

Передаточная функция дискретного корректирующего устройства, полученная методом логарифмических псевдочастотных характеристик, будет иметь вид:

$$W_{\text{дк}}(z) = \frac{6123.5 \cdot (0.086 \cdot (z-1) + T_0(z+1)) \cdot (0.02(z-1) + T_0(z+1)) \cdot (0.086 \cdot (z-1) + T_0(z+1))}{(0.0002(z-1) + T_0(z+1))^3}.$$

Тогда закон управления, реализуемый при помощи цифрового корректирующего устройства, имеет вид:

$$U(kT_0) = \frac{1}{b_0} \{ a_0 E(kT_0) + a_1 E((k-1)T_0) + a_2 E((k-2)T_0) + a_3 E((k-3)T_0) - b_1 U((k-1)T_0) - b_2 U((k-2)T_0) - b_3 U((k-3)T_0) \}$$

где  $a_0, a_1, a_2, a_3, b_0, b_1, b_2, b_3$  - расчетные коэффициенты;  $E(z)$  - изображение ошибки системы.

Полученный закон управления означает, что микропроцессорное устройство должно сформировать сигнал обратной связи в данный момент времени, используя значение выходного сигнала для трех предшествующих дискретных моментов времени, определяемых тактом работы микропроцессора.

## Литература

1. Максимова Е.А. Обоснование конструкции поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов / Е.А. Максимова, М.А. Фролова // Сборник тезисов VII международной молодежной научной школы-конференции «Современные проблемы физики и технологий». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 309-310.
2. Фролов М.В. Математическая модель поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов / М.В. Фролов, М.А. Фролова // Сборник тезисов VII международной молодежной научной школы-конференции «Современные проблемы физики и технологий». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 309-310.
3. Фролова М.А. Синтез системы импульсной подачи технологических жидкостей на базе ПНПИР / М.А. Фролова, Е.А. Максимова // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С. 113-115.

УДК 004.93'1

### **Модуль распознавания лиц для ОС Android**

Шапович Евгений Геннадьевич, старший преподаватель;

Шах Александр Васильевич, старший преподаватель

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,

г. Барановичи, Республика Беларусь

*Распознавание лиц является легкой задачей для людей. Эксперименты показали, что даже дети в возрасте от одного до трех дней способны различать известные лица. Но для компьютера это может быть тяжело: используются ли такие элементы лица как глаза, нос, рот, форма головы, линия роста волос для успешного распознавания лица. В данной статье описывается процесс создания модуля для автоматического распознавания лиц. Данный алгоритм сводится к извлечению значимых признаков человеческого лица на изображении и выполнению некоторой классификации на них.*

OpenCV (Open Source Computer Vision) – это популярная библиотека компьютерного зрения, созданная Intel в 1999 году. Кроссплатформенная библиотека ориентирована на обработку изображений в режиме реального времени и включает в

себя бесплатные реализации новейших алгоритмов компьютерного зрения. В 2008 году компания Willow Garage получила поддержку, а OpenCV 2.3.1 теперь поставляется с программным интерфейсом для C, C++, Python и Android. OpenCV выпущен под лицензией BSD, поэтому он используется как в академических проектах, так и в коммерческих продуктах [1].

Распознавание лиц на основе геометрических особенностей лица, вероятно, является наиболее интуитивным подходом к распознаванию лиц. Одна из первых автоматизированных систем распознавания лиц была описана в [2]: точки маркера (положение глаз, ушей, носа, и т.д.) использовались для построения вектора объектов (расстояние между точками, угла между ними). Распознавание проводилось путем расчета евклидова расстояния между векторами признаков зондом и эталонным изображением. Такой метод устойчив по отношению к изменениям освещения по своей природе, но имеет огромный недостаток: точная регистрация точек маркера затруднена даже при использовании современных алгоритмов. Последние эксперименты показывают, что одни только геометрические объекты не несут достаточно информации для распознавания лиц.

В методе Eigenfaces, описанном в [3], использовался целостный подход к распознаванию лиц: изображение лица – это точка из многомерного пространства изображений, и можно найти более низкоразмерное представление, где классификация становится легкой. Подпространство нижнего измерения находится с анализом главных компонент, который определяет оси с максимальной дисперсией. Хотя этот вид преобразования является оптимальным с точки зрения реконструкции, он не учитывает метки классов. Представьте себе ситуацию, когда дисперсия генерируется из внешних источников, пусть это будет свет. Оси с максимальной дисперсией не обязательно содержат какую-либо дискриминационную информацию, поэтому классификация становится невозможной. Для распознавания лиц была применена специфичная для класса проекция с линейным дискриминантным анализом. Основная идея состоит в том, чтобы минимизировать дисперсию в классе, одновременно максимизируя дисперсию между классами.

В последнее время появились различные методы извлечения локальных объектов. Чтобы избежать высокой размерности входных данных, описаны только локальные области изображения, извлеченные признаки более устойчивы к частичной окклюзии, освещенности и небольшому размеру выборки. Алгоритмы, используемые для локального извлечения признаков: вейвлеты Габора, дискретное косинусное преобразование и локальные бинарные шаблоны. Вопрос о том, как лучше сохранить

пространственную информацию при применении извлечения локальных объектов, остается открытым, поскольку пространственная информация является потенциально полезной.

В данной работе для распознавания лиц будет применен алгоритм локальных бинарных шаблонов (LBP). Более формальное описание оператора LBP представлено формулой:

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} 2^p s(i_p - i_c), \quad (1)$$

где  $(x_c, y_c)$  центральный пиксель с интенсивностью  $i_c$ ;  $s$  – знаковая функция определяемая как:

$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \geq 0 \\ 0, & \text{если } x < 0 \end{cases}. \quad (2)$$

Это описание позволяет захватывать очень мелкозернистые детали на изображениях. Фактически авторы смогли конкурировать с современными результатами для классификации текстур. Вскоре после того, как оператор был опубликован, было отмечено, что фиксированная окрестность не в состоянии кодировать детали, различающиеся по масштабу. Таким образом, оператор был расширен для использования переменной окрестности. Идея состоит в том, чтобы выровнять неограниченное количество соседей по кругу с переменным радиусом, что позволяет захватывать следующие окрестности, представленные на рис. 1:

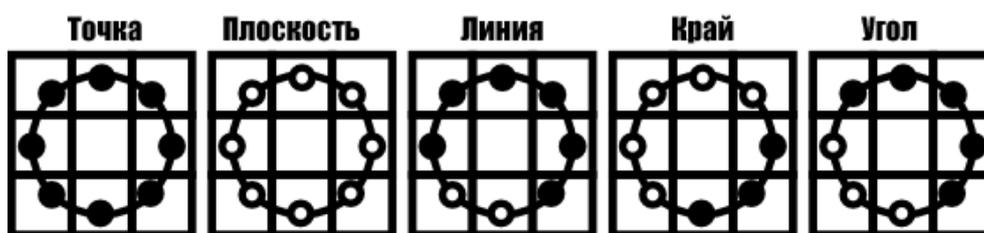


Рис. 1. Охватываемые области

Для данной точки Point  $(x_c, y_c)$  положение соседней точки  $(x_p, y_p)$ ,  $p \in P$ , может быть рассчитано как:

$$\begin{aligned} x_p &= x_c + R \cos\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \\ y_p &= y_c - \sin\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \end{aligned}, \quad (3)$$

где  $R$  – радиус круга;  $P$  – количество точек выборки.

Оператор является расширением исходных кодов LBP, поэтому его иногда называют расширенным LBP (также называемым циклическим LBP). Если координата точки на окружности не соответствует координатам изображения, точка получится интерполированной. Компьютерная наука имеет кучу умных схем интерполяции, реализация OpenCV выполняет билинейную интерполяцию:

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} 1-x & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-y \\ y \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Остается включить пространственную информацию в модель распознавания лиц. В источнике [4] предложено разделить изображение LBP на  $m$  локальных областей и извлечь гистограмму из каждого. Затем пространственно улучшенный вектор признаков получается путем объединения локальных гистограмм (без их объединения). Эти гистограммы называются гистограммами локальных бинарных шаблонов.

Для разработки модуля распознавания лиц была использована среда Android Studio и библиотека OpenCV. Окно рабочего приложения представлено на рис. 2.

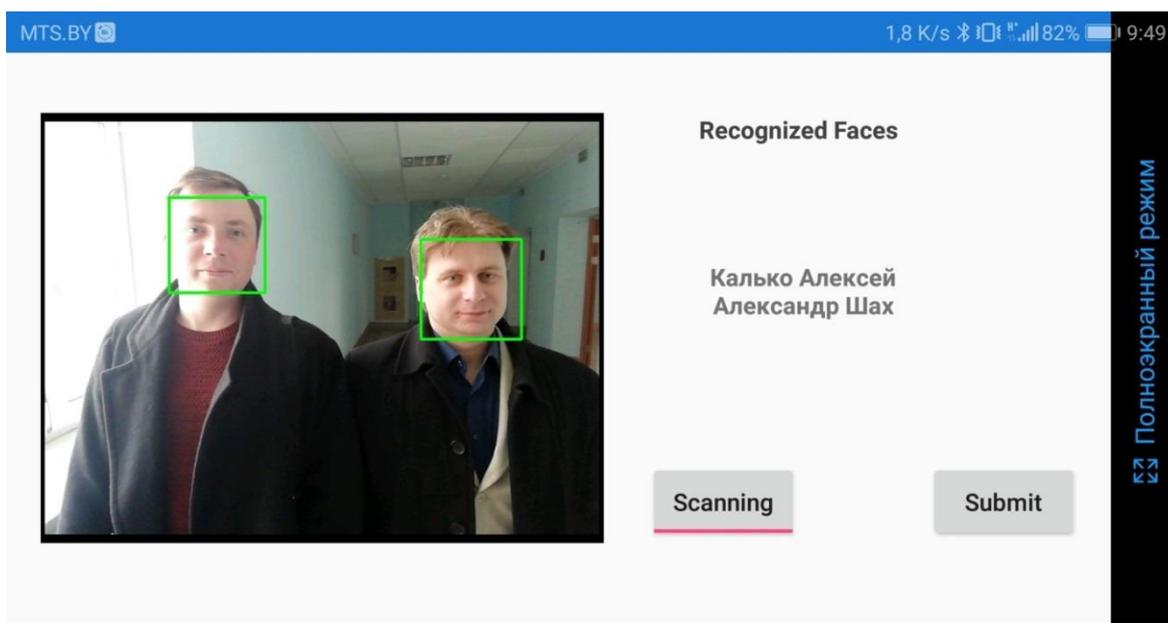


Рис. 2. Рабочее окно приложения

Таким образом, в ходе написания данной статьи были описаны используемые методы для распознавания лиц. В качестве используемого метода был выбран оператор локальных бинарных шаблонов и описан алгоритм его работы. Был разработан программный модуль для распознавания лиц для операционной системы Android.

Первоначально созданный для оценки посещаемости в университете, модуль может использоваться для любого общего случая использования распознавания лиц.

## Литература

1. OpenCV documentation // Модули OpenCV. [Электронный ресурс]  
URL: <https://docs.opencv.org> (дата обращения: 17.04.2019).
2. Kanade, T. Picture processing system by computer complex and recognition of human faces. PhD thesis, Kyoto University, November 1973.
3. Turk M. Eigenfaces for recognition / M. Turk A. Pentland // Journal of Cognitive Neuroscience. – 1991. – V.3. – P. 71-86.
4. Ahonen T., Hadid A., and Pietikainen M. Face Recognition with Local Binary Patterns. Computer Vision – ECCV 2004 (2004). – P. 469-481.