

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



СБОРНИК ТРУДОВ

III Международной
научно-практической конференции

«Современные технологии и
автоматизация в технике,
управлении и образовании»,
приуроченной к празднованию
75-летия атомной промышленности

ТОМ I



**75 ЛЕТ
АТОМНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ОПЕРЕЖАЯ
ВРЕМЯ

Балаково 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

СБОРНИК ТРУДОВ

III Международной

Научно-практической конференции

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

Том I

Балаково 2021

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» (23 декабря 2020 года). М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. Т. I. – 408 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» 23 декабря 2020 года в БИТИ НИЯУ МИФИ.

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

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

Редакционная коллегия

ответственный редактор: Р.А. Кобзев

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

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

Статьи сборника издаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7262-2766-5

© Балаковский инженерно-технологический
институт (филиал)
Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», 2021

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 60x84 1/16
Печ. л. 25,5. 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

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

СЕКЦИЯ 1:

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

АЛЕМАСКИНА О.П., ЕФРЕМОВА Т.А.

Неразрушающий контроль при диагностике оборудования атомных станций 11

БИРЮКОВ В.П.

К вопросу об эффективности управления рыночной экономикой 16

БИРЮКОВ В.П., МОСТОВОЙ В.Д.

Оптимизация температурного режима термостабилизации полиакрилонитрильного
волокна методом математического моделирования 26

БИРЮКОВ В.П., МУРИНА А.С.

Влияние неорганических примесей на температурную обработку
полиакрилонитрильного волокна..... 31

БОГАТОВ А.А., ТИМОФЕЕВ М.Н.

Повышение качества высоконагруженных узлов методом химико-термической
обработки..... 39

ВОЛОШИН В.А., БИРЮКОВ В.П., МОСТОВОЙ В.Д.

Цифровая система управления положением резца по поперечной оси для реализации
процесса токарной обработки нежестких валов по траектории предсказания 43

ГАРИЕВСКИЙ М.В.

Оценка эффективности теплоснабжения от АЭС с ВВЭР с учетом системных
факторов..... 51

ГАСПАРЯН А.С., ТЕРЕБКОВ А.Ф., КОРОТКОВ В.А., ПОЛКОВНИКОВ Д.Б.

Резонансный метод определения текущего технического состояния поршневых
колец судовых дизелей 56

ЗЕМСКОВ В.М., НИКОЛАЕВ А.Г.	
Исследование влияния скорости проходки на усилие осевой подачи при образовании грунтовых горизонтальных скважин способом вибрационного прокола.....	65
ИГНАТОВ В.Ю., НИКОЛАЕВ Ю.Е.	
Оценка энерго-экологических показателей энергокомплекса на базе ГТУ и ВЭУ.....	70
КИРЕЕВА О.В., ГРИЦЮК С.Н.	
Современные микроконтроллеры в системах управления.....	76
КИРЕЕВА О.В., ЕФРЕМОВА Т.А.	
Задачи, проблемы и перспективы распространения на мировом уровне атомных станций малых мощностей	81
КОМАРОВ К.М.	
Обзор виброакустического метода определения технического состояния зубчатых передач с применением диагностического комплекса и программного обеспечения в среде LabVIEW	87
КУДАШЕВА И.О., КОСТИН Д.А.	
Повышение эксплуатационной надёжности регуляторов частоты вращения непрямого действия высокофорсированных дизелей.....	93
ЛУСКАНЬ О.А.	
Транспортно-технологический шагающий конвейер	98
МАКСИМОВ Д.И.	
Модернизация унифицированного комплекса технических средств (УКТС) на АЭС	102
МОСТОВОЙ В.Д., БИРЮКОВ В.П.	
Линейный квадратичный гауссов регулятор силы резания при токарной обработке нежестких валов.....	105
МУРЫЛЁВ А.К., КАЙБАЛИЕВА К.О., ТИМОФЕЕВ М.Н.	
Моделирование телекоммуникационной инфраструктуры умного дома	112
ПЕСТОВА Е.Д., МЕФЕДОВА Ю.А.	
Модернизация системы автоматического регулирования на энергоблоках АС РО...	117
РАЗУВАЕВ А.В., ЕФРЕМОВА Т.А., ВАСИЛЬЕВ Е.Н.	
Анализ параметров работы системы компенсатора объема первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки.....	121
РАЗУВАЕВ А.В., КРАСНОЛУДСКИЙ А.В., АКИНФИЕВА А.А., БЕЛОСТРОПОВА В.Э.	
Анализ условий работы системы компенсации давления при эксплуатации АЭС.....	127

РАЗУВАЕВ А.В., КРАСНОЛУДСКИЙ А.В., АКИНФИЕВА А.А., БЕЛОСТРОПОВА В.Э.	
Модернизация системы компенсации давления при эксплуатации АЭС.....	133
САЕНКО В.В., КРАСНОЛУДСКИЙ Н.В.	
Актуальность использования на современных АЭС ядерных реакторов на быстрых нейтронах.....	141
САЙДАНОВ В.О.	
Энергетические установки с твердополимерными топливными элементами для транспортных средств.....	146
СОБИН С.Э., ПУГАЧЕВ А.С., ЖЕЛНОВ А.В.	
Необходимость применения, актуальные проектные решения и пути развития систем контроля перемещения трубопроводов АЭС.....	153
ТАРАНОВ А.А., ГРИЦЮК С.Н.	
Программное обеспечение SCADA-систем.....	169
ТЕЛЕГИН С.В.	
Использование лазерного излучения при создании упрочненных композиционных металлокерамических поверхностных слоев.....	174
ТЕЛЕГИН С.В.	
Моделирование модификации поверхности титана лазерным излучением	178
ТРОЦЕНКО С.А., ТИМОФЕЕВ М.Н.	
Моделирование конвергентной системы синхронизации времени.....	181
УСТИНОВ Н.А.	
Исследование работы макета турбины Тесла.....	185
УСТИНОВ Н.А.	
Портативная складная гидроэлектростанция.....	188
УШАКОВА О.В., ЕФАНОВА М.В., РАЙЛЯН Н.В., ЯЦЕНКО С.А.	
Разработка робота-балансира, управляемого жестами.....	192
ФЕДОРОВ А.Д., ТИМОФЕЕВ М.Н.	
Исследование процесса плазменного напыления гидроксиапатита на титановую подложку.....	197
ХАЙКОВА Я.Д., КУДАШЕВА И.О.	
Преимущество металлообработки деталей на станках с числовым программным управлением.....	201
ЧЕРНОВА Н.М., КИРЕЕВА О.В.	
Адронный коллайдер нового поколения: от бозона Хиггса к полю Хиггса.....	205

ЮРИН В.Е.

Исследование надежности общестанционного резервирования собственных нужд АЭС на основе системы теплового аккумулирования, включающей маломощную паровую турбину	211
---	-----

СЕКЦИЯ 2:**«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»****БУЗИК Т.Ф., ИСКАНДАРОВА С.Ш.**

Реализация метода обработки экспертных оценок на основе информационных технологий	217
---	-----

ВИШТАК Н.М., БОБРОВ В.А.

Приложение для самопланирования учебной деятельностью студента.....	221
---	-----

ВИШТАК Н.М., КОВАЛЁВ А.А.

Области применения SMART-технологий в образовании	226
---	-----

ГОРИН Д.В., ДМИТРИЕВ А.М., ПЕСТОВ В.А.

Виртуальные машины в преподавании информатики на операционной системе специального значения «Астра Линукс».....	232
---	-----

ДОЛГАЧЕВ В.А., ВИШТАК О.В.

Использование игровых приложений в дополнительном образовании	237
---	-----

ДРУЖИН Д.С., ШТЫРОВА И.А.

Выбор протокола транспортного уровня для коммуникации в локальных сетях	242
---	-----

КОНОВАЛОВ Э.Н., ШТЫРОВА И.А.

Квантовые компьютеры и квантовая связь.....	246
---	-----

КОРНИЛОВА Н.В.

Разработка анимационного ролика функционирования аппарата циркуляции биологической жидкости.....	251
--	-----

КУЗНЕЦОВ С.Н., ОЧКУР Г.В., МОТКОВ А.Г.

Информационное обеспечение деятельности организации.....	258
--	-----

ЛЕБЕДЕВА Я.В., ШТЫРОВА И.А.

Области применения дополненной реальности	264
---	-----

МУРАЕВ И.И., ОЧКУР Г.В.

Моделирование информационных процессов библиотеки вуза.....	269
---	-----

НАРАНОВИЧ О.И., ШАПОВИЧ Е.Г., ПАВЛОВИЧ В.С.

Разработка Android-приложения для определения расстояния между объектами.....	273
---	-----

ПАНКРАТОВ А.А., ШТЫРОВА И.А.

Интернет вещей как приоритетное направление развития цифровых технологий..... 278

ПЕТРОВ В.И., АНАНЬЕВА Е.А., ЩЕРБИНА Н.А., НАГОВИЦЫНА О.А.

Информационно-коммуникационные технологии в курсе химии: дидактический подход..... 283

ПЕТРОВ В.И., ГЛАГОЛЕВА М.А., МЕСЯЦ Е.А., НАГОВИЦЫНА О.А.

Опыт применения ИКТ в цикле «Основные закономерности химических процессов»..... 287

РЯБЕНКОВ Р.А., МИХЕЕВ И.В.

Облачные вычисления..... 293

РЯБЕНКОВ Р.А., МИХЕЕВ И.В.

Методы шифрования данных 297

РЯЗАНОВ С.А.

Применение технологии iLogic для создания электронной параметрической модели детали в программном обеспечении Autodesk Inventor..... 302

РЯЗАНОВ С.А.

Построение трехмерных поверхностей сложной формы при помощи алгоритмов визуального программирования в среде Dynamo..... 307

СЕРГЕЕВА О.О., БУЗИК Т.Ф.

Применение информационных технологий как инструмента повышения качества предоставления государственных и муниципальных услуг 313

СИДОРЕНКО Д.Е., МИХЕЕВ И.В.

Анализ проблем с реализацией многопоточных приложений на языке программирования Java и способы их решения 317

ФЕДЯШИНА О.И., ОЧКУР Г.В.

Функциональное моделирование процессов технического обслуживания на предприятии автосервиса..... 322

СЕКЦИЯ 3:

«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

АКИМОВА Э.К., РАЩЕПКИНА С.А.

О перемещениях в элементах башенной градирни гиперболической формы..... 328

АНДРЕЕВА Н.В., МАРУСИК А.К.

Производство эффективных строительных материалов с использованием отходов промышленности..... 335

ГОЛОВА Т.А., ДВОРЯДКИНА Д.А.

Эффективность применения фосфогипса в строительстве..... 339

ГОЛОВА Т.А., ЗОТОВ Л.Д.

Влияние органоминеральных и минеральных добавок на конструкционные характеристики керамзитобетона..... 344

ГОЛОВА Т.А., ЗОТОВ Л.Д.

Шлаки металлургического производства и их применение в бетонах..... 350

ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ЗЕМЛЯНСКИЙ Л.А., КУБКО Д.Д., ЗОТОВ Л.Д.

Оценка эффективности свайных фундаментов нового поколения с преднапряжением по грунту..... 356

ИНОЗЕМЦЕВ В.К., МУРТАЗИНА Г.Р., МУРТАЗИН М.Р.

Деформационный расчёт устойчивости высотного объекта с геометрической и конструктивной нелинейностью при действии ветровой нагрузки 365

МАГЕРРАМОВА И.А., ДВОРЯДКИНА П.А.

Влияние усадки бетона на его свойства 369

МЕЛАНИЧ В.М.

Применение метода модального синтеза к оценке состояния динамических систем... 373

ПОПОВА Н.А.

Теоретические аспекты реконструкции архитектурного наследия городов и парадигма диалектического единства и противоположности старого и нового..... 376

ПОПОВА Н.А.

Результаты историко-архивного исследования и поиска сведений о купцах Мальцевых и доме Паисия Мальцева..... 386

ПОПОВА Н.А., ДВОРЯДКИНА Д.А., ДВОРЯДКИНА П.А.

Архитектура главного дома Паисия Мальцева 392

ПОПОВА Ю.А., РАЩЕПКИНА С.А.

Распределение усилий в элементах каркаса стальной башни ТЭС..... 397

РЕДКОВ В.И., ЧУРОЧКИН Н.С.

Экспертиза и мониторинг инженерных сооружений на территориях с геодинамическими процессами..... 402

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

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

УДК 620.179

Неразрушающий контроль при диагностике оборудования атомных станций

Алемаскина Оксана Павловна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Атомная энергетика»

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

Оценка состояния опасных промышленных объектов является ключевой в промышленной безопасности. Ключевым элементом этой оценки является экспертиза, которая на сегодняшний день не проходит без методов неразрушающего контроля. В статье описаны основные методы неразрушающего контроля для выявления дефектов оборудования АЭС.

Использование при эксплуатации атомных электростанций некачественных изделий, содержащих различного рода дефекты, может привести к катастрофам с непредсказуемыми последствиями. Эти дефекты невозможно обнаружить без проведения контроля, но нарушать целостность оборудования нельзя. Поэтому на АЭС используют неразрушающий контроль, объектами которого служат [4]:

- внешний и внутренний корпус реактора;
- парогенератор;
- теплообменное оборудование;

- транспортировочные контейнеры топливных элементов;
- чехлы приводов кассет СУЗ;
- емкостное технологическое оборудование и трубопроводы, работающие с радиоактивными средами;
- главные и вспомогательные задвижки циркуляционных петель;
- сварные соединения деталей.

Неразрушающий контроль применяется для выявления дефектов оборудования АЭС без вмешательства в ее эксплуатацию. Основными преимуществами неразрушающего контроля являются: высокая скорость, высокая достоверность показаний и экономичность.

На АЭС используется несколько видов неразрушающего контроля [3]:

- визуальный;
- измерительный;
- радиографический;
- ультразвуковой;
- магнитный;
- капиллярный;
- вихретоковый;
- контроль герметичности.

Визуальный и измерительный методы относятся к числу самых дешевых, быстрых и простых методов неразрушающего контроля. Применяются на АЭС для контроля сварочных швов на этапе выполнения сварочных работ и проверяют их на наличие ржавчин, заусенцев, прожогов, вмятин.

Одним из самых точных методов неразрушающего контроля является радиографический метод, суть которого заключается в прохождении через материал рентгеновского излучения от источника на пленку, которой оно и поглощается. Используется для осмотра подрезов, вогнутости и выпуклости корня шва, превышения проплава, что невозможно выявить визуальным методом.

Ультразвуковой контроль или ультразвуковая дефектоскопия – самый универсальный метод неразрушающего контроля, основанный на излучении и приеме акустических колебаний в материале с частотой колебания выше 20 кГц. Обладает высокой чувствительностью к опасным дефектам, низкой стоимостью, а также не является опасным для человека.

Магнитопорошковый метод – разновидность магнитного контроля. Специальный порошок наносят на исследуемую поверхность и подносят электромагнит, при помощи которого создается магнитное поле. В результате за счет оседания магнитных частиц вблизи неровностей появляется рисунок, который рассматривают. Таким способом можно выявить дефекты глубиной залегания не более 2-3 мм от поверхности, размер дефекта составляет 0,5-2,5 мм.

Самым чувствительным методом является капиллярный. Индикаторная жидкость наносится на поверхность объекта исследования и попадает в дефект, образуя следы, которые можно обнаружить визуально.

Вихретоковый метод основан на явлении вихретоковых полей, возбуждение которых позволяет выявить дефекты. Применяется для проведения неразрушающего контроля лопаток турбин, сварных соединений и изгибов трубопроводов, позволяет измерить толщину покрытий, измерить проводимость и проницаемость изделий.

Метод контроля герметичности используется для выявления течей в различных изделиях. На АЭС применяется на остановленном реакторе для контроля герметичности оболочек тепловыделяющих сборок (ТВС). ТВС помещают в пенал, заполненный водой, и создают в нем избыточное давление. Если в оболочке ТВЭЛа есть дефект, вода поступает в зазор между оболочкой и топливом и насыщается продуктами деления. После сброса давления вода выходит в пенал, увеличивая концентрацию воды в пенале продуктами деления.

На каждой российской атомной электростанции оборудована своя лаборатория металлов. Основной фронт работ данных лабораторий – ультразвуковой контроль (УЗК) сварных швов трубопроводов. Проблемы этих соединений связаны с тем, что зарождение межкристаллитных трещин весьма сложно обнаружить. Для этого был использован метод сдвиговых волн, позволивший находить трещины размером от 0,04 мм.

Следующим шагом Росатома в развитии неразрушающего контроля стала автоматизация данных работ в виду высокого риска нахождения персонала в зоне работы реактора, а также ускорения процесса нахождения «критических точек» в работе оборудования. Ввиду экономической нецелесообразности установки оборудования вдоль длины всех трубопроводов на станции была разработана методика использования удаленного манипулятора, который позволяет перемещать аппараты на определенных участках [3].

В качестве примера применения таких методик можно показать эффективное использование на АЭС «Куданкулам» системы контроля корпуса реактора ВВЭР-1000

фирмы Ltd. HRID. Данная система включает в себя манипулятор, блоки управления с программным обеспечением, блоки сканирования, ультразвуковую систему и методику контроля. Может использоваться для проведения ультразвукового и визуального контроля корпусов реакторов с внутренней стороны. Преимуществами при проведении контроля корпусов реакторов манипулятором HRID-PaR по сравнению с системой с двумя сканирующими устройствами являются:

- наличие меньшего пространства для расположения манипулятора;
- выполнение всего контроля одним устройством;
- осуществление смены преобразователей для дистанционного контроля с максимальной эффективностью;
- не требуется использование специальных подмостков для смены сканирующих устройств;
- обслуживается бригадой меньшего состава.

Для дистанционного периодического контроля корпуса реактора ВВЭР-1000 и сварных соединений при остановленном и расхоложенном реакторе в период ППР (планово-предупредительного ремонта) на Калининской АЭС используется 28-канальная автоматизированная система «АРКУС». Установка АСК-172 системы «АРКУС» собирает данные контроля посредством пьезоэлектрических преобразователей и телекамер, расположенных на различных транспортно-сканирующих устройствах (ТСУ), доставку которых на корпус реактора и их ориентацию на нем осуществляют вспомогательные устройства. Сканирование ТСУ осуществляют по определенным алгоритмам, управление процессом ведется с центрального пульта управления. Преимуществами установки АСК-172 являются:

- небольшая стоимость;
- высокая чувствительность контроля;
- мобильность;
- многофункциональность;
- регистрация и обработка данных контроля с применением программных средств.

Особенностью диагностики сварных швов аустенитных трубопроводов малого диаметра на Ленинградской АЭС с реактором РБМК является использование метода ультразвукового контроля с применением «хордового» преобразователя, который нечувствителен к геометрическим отражениям, но довольно уверенно фиксирует плоскостные дефекты.

Таким образом, системы автоматизированного ультразвукового контроля должны определять координаты отражателя, его эквивалентную площадь и условную протяженность, а также обеспечивать слежение за их возможным подрастанием во время эксплуатации. При этом автоматизация ручного ультразвукового контроля позволит придать средствам контроля следующие возможности:

- воспроизводимость режима контроля; быструю и точную калибровку и настройку системы;
- выдачу объективного заключения по результатам контроля;
- наблюдение за развитием дефектов;
- более полный и частый контроль при выполнении ППР оборудования;
- возможность получать изображения дефектов;
- возможность развития в перспективе структуры, позволяющей осуществлять обмен информацией по результатам контроля между подразделениями атомной энергетики.

Литература

1. Методы неразрушающего контроля: электронный учебно-методический комплекс / Н.И. Кашубский [и др.]. – К.: Изд-во ИПК СФУ, 2009 г.
2. Эксперт. Методы неразрушающего контроля. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ntcexpert.ru/85-acenter/953-metody-nerazrushayushchego-kontrolya> (дата обращения: 18.12.2020).
3. Неразрушающий контроль на атомных электростанциях. [Электронный ресурс] URL: <https://miraes.ru/nerazrushayushhiy-kontrol-na-atomnyih-elektrostantsiyah/> (дата обращения: 20.12.2020).
4. Перечень некоторых конструктивных элементов и оборудования действующих АЭС, для дефектоскопии которых возможно применение аппаратуры неразрушающего контроля. [Электронный ресурс] URL: <http://www.nw-technology.ru/help/aes.html> (дата обращения: 20.12.2020).

К вопросу об эффективности управления рыночной экономикой

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

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

В работе рассмотрена особенность систем управления по обратной связи, которая может существенно влиять на эффективность рыночной экономики, рассмотрена задача управления рыночной экономикой по показателю, обеспечивающему управляемость рыночной экономикой по обратной связи, предложена возможная структурная схема системы управления для ее реализации.

Особенностью рыночной экономики является наличие саморегулирования по принципу обратной связи, когда по показателям экономической эффективности производится корректировка условий производства продукции. Это обусловлено тем, что при частной собственности и свободе принятия решения множествами независимых товаропроизводителей и потребителей, установления цен под влиянием спроса и предложений, свободной конкуренции возникает стихийный рыночный механизм формирования цен, выбора типа и количества производимых товаров.

Однако отсутствие мотивации в решении проблем социального обеспечения, повышения уровня жизни населения, снижения безработицы, сохранения окружающей среды, поддержания обороноспособности страны и др. привело к необходимости участия государства в управлении экономикой и превращения рынка из саморегулирующегося в регулируемый. Кроме обеспечения правовой основы, проведения антимонопольной политики, и поддержания конкуренции, обеспечения принципов социальной справедливости, поддержания малого бизнеса к основным функциям государственного регулирования относится управление воспроизводством и развитием производства всего множества независимых товаропроизводителей путем корректировки финансовой и налоговой политики [1-3].

В данной работе рассмотрены системы управления предприятием, особенности систем управления по обратной связи, что позволило предложить вариант формализации задачи управления рыночной экономикой и предложить систему управления для ее реализации.

На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема системы управления производством товарного продукта. Она имеет двухуровневую структуру. Система первого уровня производит управление технологическим процессом (АСУТП). В зависимости от структуры она включает прямые каналы управления или управление по математической модели для отработки контролируемых возмущающих воздействий и управление по обратной связи или адаптацию математической модели для отработки неконтролируемых возмущающих воздействий.

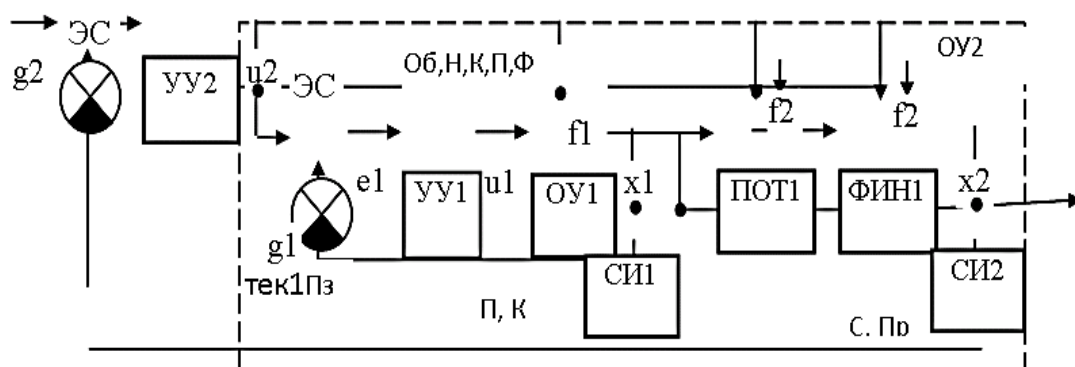


Рис. 1. Система управления производством

На рис. 1 система нижнего уровня представлена в виде одноконтурной системы управления по обратной связи. Она включает объект управления ОУ1, систему измерения управляемых параметров СИ1 и управляющее устройство УУ1. В качестве управляемых параметров показаны производительность П и показатели качества полупродуктов и готовой продукции К. Система служит для компенсации влияния неконтролируемых возмущающих воздействий, приложенных к объекту управления f_1 , которыми являются изменение производительности, характеристик исходного сырья, нестабильности работы оборудования и др. Заданные значения регулируемых параметров g_1 формируются системой управления второго уровня.

Система второго уровня (АСУП) производит управление экономическими показателями производства. В данном случае в качестве управляемых параметров второго уровня показаны себестоимость выпускаемой продукции С и получаемая прибыль П. При управлении данными параметрами в объект управления второго уровня входят система управления первого уровня, звенья ПОТ1 и ФИН1, отображающие динамические связи поставки продукции потребителям и поступления оплаты за поставленную продукцию. Управляющее устройство УУ2 (управляющая команда) в условиях нестабильности поставки сырья, сбыта продукции, нестабильности финансового положения, изменении процентов по кредитованию, налогов, действия санкций и т. д. принимает решения по объему и качеству

производимой продукции, проведении научно-исследовательских работ, модернизации технологического процесса, приобретении нового оборудования, приборов, обеспечении кадрами и т. д. Обеспечение воспроизводства продукции по объему и качеству является одним из основных направлений работы системы второго уровня. В условиях рыночной экономики система второго уровня является системой с отрицательной обратной связью, включающей объект управления ОУ2, систему измерения СИ2 (экономические службы предприятия), определяющую управляемые параметры С, Пр, и управляющее устройство УУ2.

Наличие большого количества производителей, каждый из которых самостоятельно принимает управленческие решения, т. е. использует свой алгоритм управления, приводит к формированию распределенной стохастической обратной связи в рыночной экономике и возможности саморегулирования процессов производства [1-3]. Однако управление по отрицательной обратной связи имеет свои особенности и ограничения, которые нарушают ее стабилизирующие свойства. Для обеспечения эффективной работы обратной связи при стохастических возмущениях и, соответственно, рыночной экономики, необходимо выполнение некоторых условий [4-7]. Рассмотрим эти условия на примере типовой одноконтурной системы управления, структурная схема которой приведена на рис. 2.

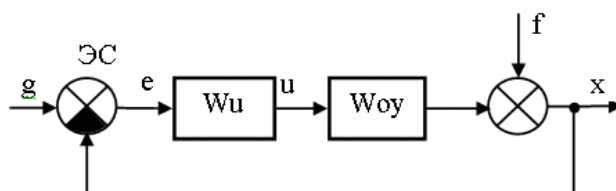


Рис. 2. Структурная схема системы управления с обратной связью

Система включает объект управления с передаточной функцией по управляющему воздействию W_{oy} и неконтролируемым стохастическим возмущающим воздействием f , приведенным к выходу объекта управления, элемент сравнения ЭС, определяющий отклонение e регулируемой переменной x от задающего воздействия g , управляющее устройство с законом управления W_u , определяющий по полученной ошибке e значение управляющего воздействия u . Изменение управляющего воздействия направлено на компенсацию влияния неконтролируемого возмущения.

Учитывая, что система управления может отработать только часть дисперсии выходной переменной, обусловленной влиянием неконтролируемого возмущения, можно записать:

$$\sigma_f^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2, \quad (1)$$

где σ_f^2 – дисперсия выходной переменной при действии неконтролируемого возмущения при разомкнутой системе управления; σ_1^2 , σ_2^2 – обрабатываемая и необрабатываемая части дисперсии выходной переменной.

Количественно эффективность системы управления может быть описана показателем эффективности, определяющим, какая часть дисперсии выходной переменной при действии неконтролируемых возмущений обрабатывается системой

$$\text{управления } k = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_f^2}.$$

При стохастическом возмущающем воздействии дисперсия ошибки системы управления определяется выражением [8-10]:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |\Phi_f(j\omega)|^2 S_f(\omega) d\omega, \quad (2)$$

где $S_f(\omega)$ – спектральная плотность неконтролируемого возмущения f ; $\Phi_f(j\omega)$ – частотная характеристика замкнутой системы по возмущающему воздействию, определяемая выражением:

$$\Phi_f(j\omega) = \frac{1}{1 + W_u(j\omega)W_{oy}(j\omega)}. \quad (3)$$

Данные выражения показывают, что эффективность обратной связи зависит от взаимного расположения (пересечения) спектральной плотности возмущающего воздействия и амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы по возмущающему воздействию (АЧХf).

При разомкнутой системе управления АЧХf на всем диапазоне частот равна единице (линия 1 рис. 3). При замыкании системы АЧХf в низкочастотной области становится меньше единицы, в результате чего на данных частотах система уменьшает влияние возмущений. В [11, 12], на основании теоремы об интеграле логарифма АЧХf, показано, что если ординаты АЧХf замкнутой системы на низких частотах меньше единицы, то на более высоких частотах они обязательно больше единицы и АЧХ замкнутой системы имеет вид, представленный линией 2 на рис. 3.

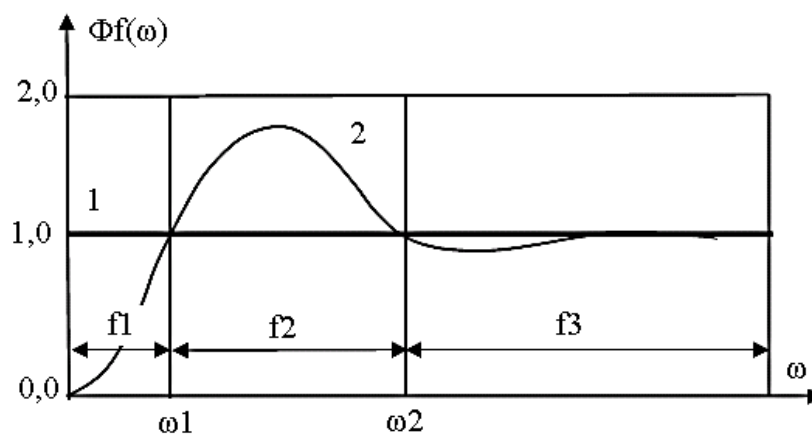


Рис. 3. Амплитудные частотные характеристики разомкнутой (1) и замкнутой (2) систем по возмущению

Тогда на АЧХ можно выделить три участка [4-7]. На низкочастотном участке $\omega < \omega_1$ коэффициент передачи замкнутой системы меньше единицы. Это зона эффективной работы обратной связи. На среднечастотном участке $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ коэффициент больше единицы. Это зона неэффективной работы системы управления. Высокочастотный участок $\omega > \omega_2$ соответствует безразличному действию системы управления.

Соответственно, приведенное к выходу объекта управления неконтролируемое возмущение f можно по частоте разложить на три составляющие – низкочастотную f_1 , среднечастотную f_2 и высокочастотную f_3 , находящиеся в соответствующих частотных зонах АЧХ системы управления $f = f_1 + f_2 + f_3$.

От соотношения данных компонент в неконтролируемом возмущении зависит эффективность работы системы с обратной связью.

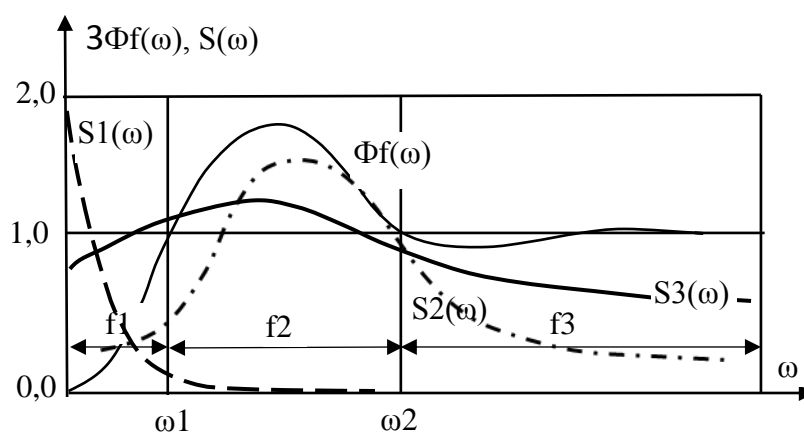


Рис. 4. Спектральные плотности типовых возмущений

Рассмотрим возможные случаи взаимного расположения АЧХ и спектральной плотности возмущающего воздействия. Первый случай, когда спектральная плотность возмущающего воздействия полностью находится в зоне эффективного действия системы управления ($s_1(\omega)$ на рис. 4), т. е. f в данном случае содержит только компоненту f_1 . В этом случае система с обратной связью имеет высокую эффективность.

Во втором случае спектральная плотность возмущающего воздействия полностью находится во второй и третьей зонах ($s_2(\omega)$). Для возмущений с такими частотами отрицательная обратная связь превращается в положительную и система увеличивает влияние возмущений. При создании такой ситуации при построении рыночных отношений произойдет не стабилизация, а раскачивание экономики и может произойти ее резкое падение.

Практика показывает, что типичными для многих технологических процессов являются широкополосные возмущающие воздействия, которые захватывают все три зоны частотной характеристики ($s_3(\omega)$) [4-7]. В этом случае часто даже синтез оптимальных стохастических регуляторов, позволяющих получить наилучшее управление в имеющихся условиях, не позволяет снизить влияние возмущений до требуемого уровня и получить продукцию с приемлемыми показателями качества.

Решением задачи создания эффективной системы управления по обратной связи является создание такого взаимного расположения частотной характеристики системы по возмущающему воздействию и спектральной плотности возмущающего воздействия, при котором большая часть возмущений переходит в низкочастотную зону. Очевидно, что это можно сделать смещением частотной характеристики системы вправо по оси частот и смещением влево спектральной плотности неконтролируемого возмущения. Но для этого надо внести изменения в сам технологический процесс, т. е. объект управления расширяется до всего технологического процесса. Т. к. эти характеристики определяются объектом управления, то рассмотренный выше показатель эффективности управления при принятом типовом законе управления (ПИД-регулятор, ЛКГ-регулятор) может быть показателем управляемости процесса (готовности процесса к построению системы управления).

Расширенная задача управления технологическими процессами с широкополосными спектрами возмущающих воздействий рассмотрена в [4-7]. Методика решения расширенной задачи представлена в виде последовательности шагов, направленных на доработку объекта управления с целью повышения его управляемости путем корректировки спектра возмущающих воздействий и частотной характеристики

системы. Возможные шаги по повышению управляемости объекта управления получены на основании обзора работ многих исследователей, которые различными путями обеспечивали повышение эффективности разрабатываемых систем управления. Анализ показал, что практически все выявленные в литературе методы повышения эффективности систем управления в результате приводили к исключению или уменьшению пересечения частотной характеристики системы по возмущающему воздействию и спектральной плотности приведенного к выходу неконтролируемого возмущающего воздействия. Количественной оценкой эффективности каждого шага повышения управляемости объекта является увеличивающийся на каждом шаге показатель эффективности.

На рис. 5 приведена возможная структурная схема системы управления эффективностью рыночной экономики, построенная на основании рассмотренных положений. Первые два уровня системы управления каждым предприятием рассмотрены выше. Применять данную методологию следует, начиная с первого уровня управления. В [4-7] приведены примеры разработки систем управления для предприятий вязкозных производств, производств резинотехнических изделий, производства вибродемпфирующих материалов для автомобильной промышленности. Во всех случаях построенные оптимальные системы управления для исходных объектов управления были неэффективными. Доработка технологических процессов и повышение их уровней управляемости позволили получить эффективность управления на приемлемом уровне. Для системы управления технологическим процессом данный подход достаточно применить один раз в процессе разработки системы.

Верхним контуром управления с управляющим устройством УУЗ является контур государственного управления рыночной экономикой по экономическим показателям, определяемым системой измерения СИЗ по показателям всех предприятий, и использованием в качестве управляющих воздействий процентных ставок по кредитам, величин налогов и др. На основании вышерассмотренного целесообразно с помощью данного контура управлять усредненным (или распределенным) по промышленности взаимным положением амплитудных частотных характеристик и спектральных плотностей возмущающих воздействий, систем второго уровня, создавая тем самым необходимые условия их эффективной работы (работоспособности).

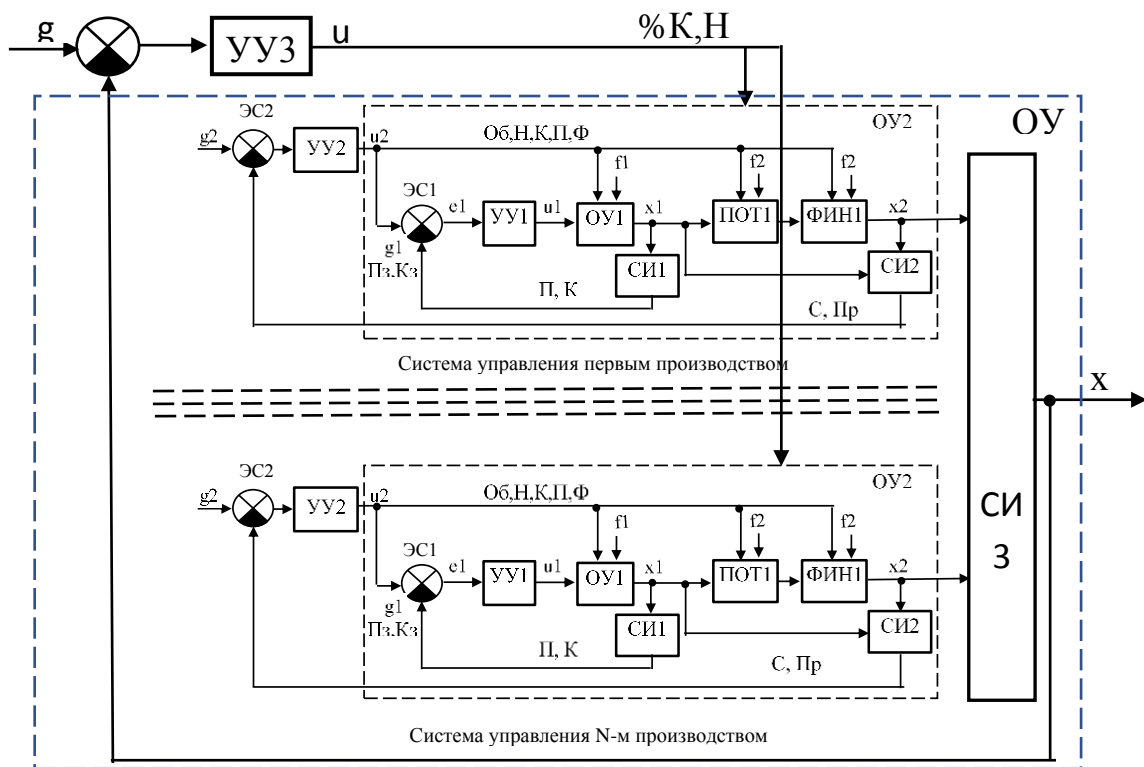


Рис. 5. Система управления эффективностью рыночной экономики

Необходимость создания такой системы третьего уровня обусловлена тем, что рыночная система как объект управления отличается своей нестабильностью. На амплитудную частотную характеристику систем второго уровня влияют динамические характеристики элементов в замкнутом контуре управления – временные характеристики измерительной системы ИС2 (оперативность работы экономических служб предприятий), изменение времени на поставку продукции потребителям, финансовые расчеты и т. д. Временные ряды и спектральные плотности экономических показателей определяются экономическими кризисами, санкциями, государственной кредитной и налоговой политикой и изменяются во времени. В результате изменяется во времени и взаимное расположение частотных характеристик и спектральных плотностей возмущений систем второго уровня, что и обуславливает необходимость контроля и управления данными параметрами, определяющими состояние рыночной экономики.

Дополнительным положительным эффектом данного подхода к управлению рыночной экономикой является то, что управляющее воздействие на экономические регулируемые параметры верхнего контура проходит через два последовательно включенных динамических звена: управляющее воздействие – динамические характеристики системы – экономические показатели производств. При управлении

непосредственно частотными характеристиками второе динамическое звено исключается из замкнутого контура управления, что приводит к повышению быстродействия оценки состояния системы и дополнительному смещению амплитудной частотной характеристики замкнутой системы вправо по оси частот.

Для реализации такого алгоритма управления информация о текущих частотных характеристиках и спектральных плотностях экономических показателей предприятий (спектральных плотностей временных рядов прибыли) может формироваться по информации системы управления второго уровня, а математическая модель объекта управления третьего уровня может строиться путем статистической обработки временных рядов управляющих воздействий и управляемых параметров системы третьего уровня [8, 13, 14]. Естественно, что аналогично следует обеспечить работоспособность системы третьего уровня.

Создание такой системы – задача сложная, требующая большой статистической обработки информации, создания методов оценки частотных характеристик, статистических характеристик возмущающих воздействий для замкнутых систем управления, создания многомерных алгоритмов управления. Это сложные задачи, но если рыночные отношения существуют, то такие закономерности имеют место.

Амплитудная частотная характеристика по возмущению и спектральная плотность возмущения являются параметрами состояния рынка (его эффективности). А алгоритм управления третьего контура позволит в нужное время и на нужную величину корректировать управляющие воздействия, обеспечивая максимальную возможную эффективность рыночной экономики при сложившейся текущей ситуации.

Выводы.

1. Рассмотрены особенности работы системы управления с обратной связью. Показано, что для эффективной работы системы необходимо создать условия, при которых возмущающие воздействия находятся в частотной зоне эффективной работы обратной связи, в противном случае система увеличивает влияние возмущающих воздействий.

2. Показано, что взаимное положение амплитудной частотной характеристики и спектральной плотности возмущающих воздействий системы второго уровня управления предприятием являются показателями состояния рыночной экономики (ее эффективности).

3. Предложена система управления, направленная на обеспечение максимальной возможной эффективности рыночной экономики при сложившейся текущей ситуации путем создания минимального возможного пересечения частотной характеристики

системы по возмущающему воздействию и спектральной плотности возмущающих воздействий.

Литература

1. Долан Э. Дж. Рынок: микроэкономическая модель: пер. с англ. / Э. Дж. Долан, Д.Е. Линдсей; под общ. ред. Б.С. Лисовика, В.В. Лукашевича. – Москва: [б. и.], 1996. – 496 с.
2. Основы экономической теории и практики: учеб.-метод. пособие / М.М. Загоруйко [и др.]. – Волгоград: ВГУ, 1994. – 342 с.
3. Государственное регулирование рыночной экономики: учебник / под ред. В.И. Кушлина. – М.: Из-во РАГС, 2005. – 834 с.
4. Бирюков В.П. Некоторые принципы построения систем управления технологическими процессами с высоким уровнем неконтролируемых возмущений: автореф. дисс. ... канд. техн. наук (05.13.07 – Автоматизация технологических процессов и производств химической промышленности) / В.П. Бирюков; рук. работы В.В. Сотников. Ленинградский технологический институт. – Ленинград, 1991.
5. Бирюков В.П. Расширенная задача управления технологическим процессом / В.П. Бирюков // Вестник СГТУ. – 2005. – № 3(8). – С. 116-126.
6. Бирюков В.П. Создание условий эффективной работы обратной связи систем управления: монография / В.П. Бирюков, В.В. Сотников. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2012. – 272 с.
7. Бирюков В.П. Создание условий эффективной работы обратной связи систем управления: монография / В.П. Бирюков, В.В. Сотников. – Старый Оскол: ТНТ, 2021. – 392 с.
8. Солодовников В.В. Статистическая динамика линейных систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников. – М.: Физматгиз, 1960. – 656 с.
9. Санковский Е.А. Вопросы теории автоматических систем / Е.А. Санковский. – М.: Наука, 1977. – 560 с.
10. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем / Я.З. Цыпкин. – М.: Наука. – 560 с.
11. Волгин В.В. Некоторые свойства амплитудно-частотных характеристик линейных систем автоматического регулирования и качество регулирования при случайных воздействиях / В.В. Волгин, Р.Н. Каримов // Известия Вузов. Электромеханика. – 1973. – № 2. – С. 195-205.

12. Волгин В.В. Учет реальных возмущающих воздействий и выбор критерия качества при сравнительной оценке качества регулирования тепловых процессов / В.В. Волгин, Р.Н. Каримов, А.С. Карецкий // Теплотехника. – 1970. – № 3. – С. 25-30.

13. Бендат Д. Прикладной анализ случайных процессов / Д. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

14. Бендат Д. Применения корреляционного и спектрального анализа / Д. Бендат. – М.: Мир, 1983. – 312 с.

УДК 66.021.4 681.514

**Оптимизация температурного режима термостабилизации
полиакрилонитрильного волокна методом
математического моделирования**

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

Мостовой Владимир Дмитриевич, заведующий лабораторией кафедры
«Атомная энергетика»

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

В работе методом математического моделирования на основе формальных моделей кинетики роста плотности при термообработке ПАН волокна, потери массы, выделения тепла экзоэффекта и с учетом ограничений оборудования по производительности и снятию тепло экзоэффекта рассмотрена задача оптимизации температурного режима процесса термической обработки ПАН волокна.

Наличие неорганических примесей в полиакрилонитрильном волокне (ПАН волокне) при термообработке в производстве углеродных волокон приводит к зарождению и развитию химических процессов в отдельных локальных точках по сечению волокна, что приводит к повышению неоднородности процесса по сечению и снижению характеристик получаемого из него углеродного волокна [1, 2]. В [3, 4] на основании анализа механизма влияния примесей и влияния начальной температуры термической обработки ПАН волокна показана возможность снижения влияния примесей путем температурной активации процесса, заключающейся в выводе на начальном этапе обработки процесса на максимальную возможную температуру, зажигая тем самым процесс в максимальном возможном количестве точек по сечению, и

снижение температуры при наступлении активного экзоэффекта для проведения процесса без термического травмирования ПАН волокна.

Для реализации данного подхода необходимо решение оптимальной задачи выбора максимальной возможной температуры обработки в первой зоне процесса при получении заданной плотности на выходе термостабилизации и ограничении количества выделяющегося тепла экзоэффекта возможностями печи термостабилизации по съему данного тепла. В данной работе анализ возможности согласования данных механизмов процесса и реализации температурной активации производится методом математического моделирования на основе формальных моделей кинетики роста плотности при термообработке ПАН волокна, потери массы, выделения тепла экзоэффекта.

Процесс последовательной обработки ПАН волокна в зонах печи окисления термостабилизации рассматривается как многостадийный (рис. 1) [5, 6].

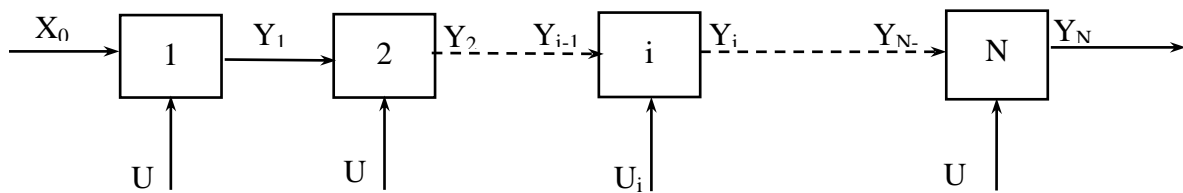


Рис. 1. Многостадийный процесс термостабилизации

Каждый проход печи является отдельной стадией и описывается уравнениями кинетики нулевого и первого порядка по плотности [7-12]:

$$\frac{d\rho_1}{dt} = \rho_{ycm} \cdot k_1(T) \cdot e^{-k_1(T)t}; \quad k_1(T) = k_{01} e^{-\frac{E_1}{RT}};$$

$$\frac{d\rho_0}{dt} = k_0(T); \quad k_0(T) = k_{00} e^{-\frac{E_0}{RT}};$$

$$\rho_{ycm} = b_0 + b_1 T; \quad \tau = b_0 + b_1 T;$$

автокаталитическими уравнениями кинетики с зародышеобразованием механизмов потери массы:

$$\frac{dm_1}{dt} = k_{a1}(T) \cdot m_1 \cdot (M_{01} - m_1) + k_{i1}(T) \cdot (M_{01} - m_1);$$

$$m_1^\gamma(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } m_1(t) < \gamma_1; \\ m_1^\gamma(t) = m_1(t) - \gamma_1, & \text{при } m_1(t) \geq \gamma_1; \end{cases}$$

$$\frac{dm_2}{dt} = k_{a2}(T) \cdot m_2 \cdot (M_{02} - m_2) + k_{i2}(T) \cdot (M_{02} - m_2);$$

$$m_2^\gamma(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } m_2(t) < \gamma_2 \\ m_2^\gamma(t) = m_2(t) - \gamma_2, & \text{при } m_2(t) \geq \gamma_2 \end{cases};$$

уравнениями теплового потока экзоэффекта двух механизмов процессов потери массы:

$$g = b_1 \cdot \frac{dm_1}{dt} + b_2 \cdot \frac{dm_2}{dt},$$

где $\rho_0, \rho_1, k_0(T), k_1(T)$ – изменение плотности, константы кинетики формальных уравнений кинетики нулевого и первого порядка; $\rho_{уст}, \tau$ – равновесная плотность, время активации процесса для текущего значения температуры процесса; m_1, m_2 – потеря массы по первому и второму механизму; g – тепловой поток экзоэффекта.

Данные уравнения связывают выходные параметры i -й стадии Y_i выходными параметрами предыдущей стадии Y_{i-1} и управляющими воздействиями на i -й стадии U_i . Выходными параметрами стадий являются плотность ПАН волокна, количество выделяющегося тепла экзоэффекта, управляющими воздействиями – скорость прохождения волокна, определяющая продолжительность химического процесса на каждой стадии, и температура термообработки.

На переменные состояния объекта и управляющие воздействия наложены ограничения, определяющие их возможный диапазон изменения (максимальная скорость вальцов и др.). Плотность волокна на выходе последней стадии должна выходить на заданное значение, а тепловой поток экзоэффекта на каждой стадии не должен превышать заданного значения, равного тепловому потоку, который может быть отведен воздушной системой печи.

Получение максимальной равномерности окисления по сечению волокна процесса соответствует максимальному возможному значению температуры, что соответствует максимальной скорости пропускания волокна на входных вальцах. Поэтому в качестве критерия принята максимальная скорость входных вальцов при равенстве выходной плотности заданному значению и ограничении тепловых потоков экзоэффекта возможностями зон печи по снятию данного потока.

Для решения задачи разработан алгоритм, обеспечивающий поиск максимальной возможной температуры и максимальной скорости обработки волокна путем моделирования процесса окисления на математической модели. В алгоритм вводится исходная информация: начальное значение скорости прохождения ПАН волокна, начальное значение температуры обработки волокна, заданная плотность на выходе процесса, ограничения по количеству выделяющегося тепла экзоэффекта процесса окисления в каждой зоне, параметры математической модели процесса окисления.

Алгоритм по математической модели для каждого прохода первой зоны для заданного значения температуры рассчитывает плотность на выходе зоны и определяет количество выделяющегося тепла. Постепенно повышая температуру, алгоритм выводит процесс на допустимый уровень выделяемого тепла и рассчитывает значение плотности, получаемое на выходе 1-й зоны. Затем аналогично на максимально возможное значение температуры выводятся режимы последующих зон.

Если значение плотности на выходе последней зоны превышает заданное значение (начальные значения режима задаются так, чтобы плотность на выходе не превышала заданного значения), то по внешнему контуру алгоритма производится повышение скорости прохождения волокна и вновь каждая зона выводится на максимально допустимое значение температуры. Таким образом, производя повышение температуры в зонах и скорости пропускания волокна, алгоритм на математической модели подбирает наиболее эффективный режим обработки волокна с заданными характеристиками.

На рис. 2 приведены графики температуры обработки и плотности по зонам при типовом температурном режиме. На рис. 3 приведены найденные алгоритмом графики изменения температуры обработки и плотности ПАН.

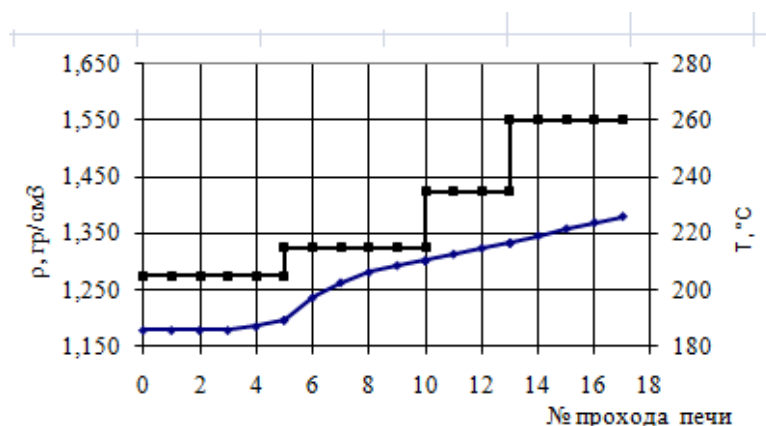


Рис. 2. Типовой режим

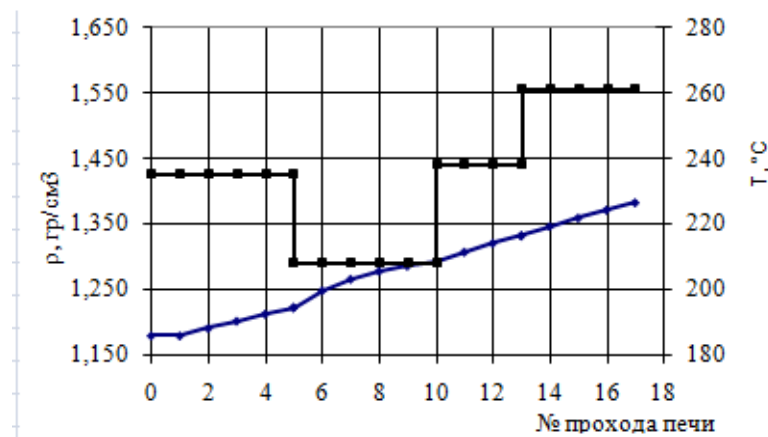


Рис. 3. Режим с температурной активацией

Для рассматриваемого ПАН волокна температура в первой зоне может быть поднята до 236 градусов без превышения допустимого теплового потока экзоэффекта. В отличие от типового режима, при котором плотность начинает повышаться на последних проходах первой зоны, при найденном режиме плотность начинает повышаться на первых проходах первой зоны. При этом продолжительность процесса термостабилизации снижается в 1,5 раза.

Выводы:

1. Методом математического моделирования процесса термостабилизации ПАН волокна в производстве углеродного волокна получен оптимальный температурный режим термостабилизации, который соответствует режиму с температурной активацией [3, 4].

2. Полученный температурный режим обеспечивает максимальную возможную температуру обработки, что способствует зарождению процесса в максимальном возможном количестве точек по объему прекурсора, т. е. достижению максимальной возможной равномерности процесса, без превышения допустимого теплового потока экзоэффекта.

3. Проведение обработки на максимальной возможной температуре также соответствует максимальной производительности технологической линии.

Литература

1. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие материалы / А.А. Конкин. – М.: Химия, 1974. – 376 с.
2. Варшавский В.Я. Углеродные волокна / В.Я. Варшавский. – 2-е изд. – М: Изд-во Варшавский, 2007. – 500 с.
3. Бирюков В.П. Температурная активация процесса термостабилизации в производстве углеродных волокон / В.П. Бирюков, А.С. Мурина // Материалы VIII ежегодной международной научно-практической конференции (научная статья). Композитный мир, 2015. – С. 20-26.
4. Birukov V. Reduction of mineral impurities influence on thermal treatment of acrylic fibers / V. Birukov, A. Murina, S. Murin. – Materials Today: Proceedings 5(2018) 26160-26165.
5. Бояринов А.И. Методы оптимизации в химической технологии / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. – М.: Химия, 1969. – 566 с.
6. Робертс С. Динамическое программирование в процессах химической технологии и методы управления / С. Робертс. – М.: Мир, 1965. – 480 с.

7. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики / Е.Н. Еремин. – М.: Высшая школа, 1976. – 375 с.
8. Эммануэль Н.М. Курс химической кинетики / Н.М. Эммануэль, Д.Г. Кнорре. – М.: ВШ., 1988. – 391 с.
9. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов / О. Левеншпиль. – М.: Химия, 1969. – 624 с.
10. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир, 1972. – 556 с.
11. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов / П. Барре; пер. с фр. Н.З. Ляхова; под ред. В.В. Болдырева. – Москва: Мир, 1976. – 399 с.
12. Денисов Е.Т. Окисление и деструкция карбоцепных полимеров / Е.Т. Денисов. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.

УДК 66.021.4

Влияние неорганических примесей

на температурную обработку полиакрилонитрильного волокна

Бирюков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры

«Атомная энергетика»;

Мурина Анастасия Сергеевна, заведующая лабораторией кафедры

«Атомная энергетика»

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

В данной работе для полиакрилонитрильного волокна с высоким уровнем неорганических примесей проводится анализ механизма влияния примесей на процесс термической обработки и решается задача уменьшения их влияния путем выбора температурного режима термостабилизации, обеспечивающего повышение квазигомогенности процессов по объему ПАН волокна.

Целью стадии термостабилизации в процессе получения углеродного волокна на основе полиакрилонитрильного волокна является получение окисленного ПАН волокна с предструктурой углерода, проведение дальнейшей высокотемпературной обработки и получение углеродного волокна с высокими характеристиками [1, 2].

На основании структурно-статистической теории разрушения [3] прочность полимеров зависит от структуры, которая определяет уровни прочности, дефектности, термофлуктуационных и механических внутренних напряжений.

Дефектность окисленного ПАН волокна определяется дефектностью исходного ПАН волокна и дефектностью, получаемой на стадии термостабилизации. Для получения из данного ПАН волокна углеродного волокна с максимальными возможными характеристиками необходимо получить оптимальную структуру, минимизировать дополнительную дефектность, термофлуктуационные и механические внутренние напряжения окисленного ПАН волокна.

Данные параметры в большой степени определяются наличием неорганических примесей в исходном ПАН волокне. Поэтому снижение влияния примесей на процесс термической обработки ПАН волокна и получение из перерабатываемого прекурсора углеродного волокна с максимально возможными характеристиками за счет выбора оптимального режима переработки является актуальной задачей.

В данной работе с целью получения максимальной возможной квазигомогенности процесса термической обработки ПАН волокна проводится изучение механизма гетерогенного процесса термической обработки ПАН волокна, выявление условий его проведения в квазигомогенном режиме с максимальной возможной равномерностью по объему волокна, выбор температурного режима, обеспечивающего выполнения данного условия.

1. Анализ механизма процесса по изменению плотности ПАН волокна

Анализ экспериментальных данных изменения плотности ПАН волокна во времени в процессе окисления (рис. 1) при постоянных параметрах показал, что вид кинетических кривых изменения плотности ПАН волокон из различных партий изменяется от сигмоидной (1, 2) до экспоненциальной (4-5).

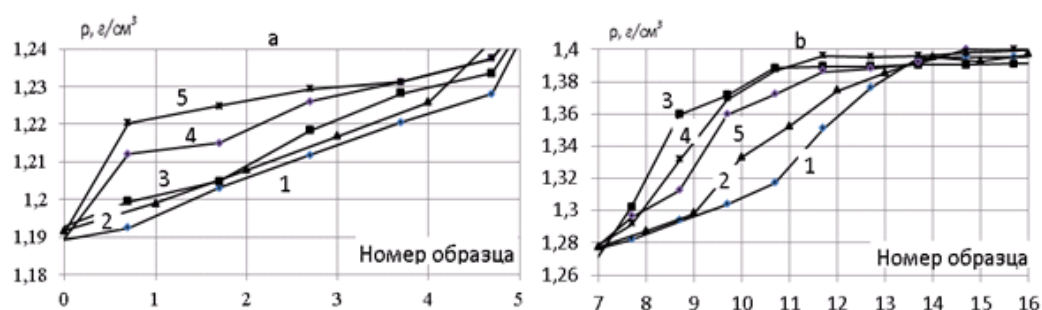


Рис. 1. Кинетические кривые изменения плотности в первой (а) и третьей зоне (б)

Известно, что сигмоидность гетерогенного химического процесса с участием твердого тела является результатом прохождения процессов в диффузионной области

или неравномерности скоростей процессов по сечению волокна вследствие неоднородности состава, текстуры [4, 5].

2. Анализ механизма окисления по сечению ПАН волокна

В [6] для анализа процесса окисления ПАН волокна применена модель невзаимодействующего ядра, при которой процесс последовательно идет от поверхности волокна внутрь [7]. При таком механизме кинетическая кривая по плотности имеет сигмоидный вид. В [8, 9] приведены результаты экспериментального исследования закономерностей прохождения химических процессов по объему ПАН волокна. Для анализа распределения волокна по плотности производили измельчение образцов ПАН волокна, отбираемых на разных переходах термической обработки, и анализировали его распределение по плотности в градиентной колонке.

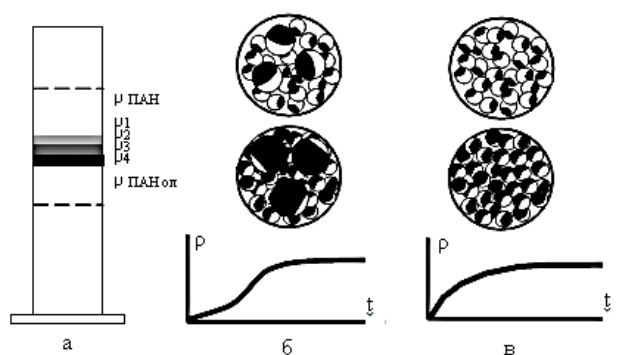


Рис. 2. Механизмы окисления ПАН волокна:

- (а) – измельченное волокно в градиентной колонке;
 (б) – по сечению при большей (б) и меньшей (в) концентрации примесей

Типичный экспериментальный вид распределения измельченного волокна в градиентной колонке для образцов волокна, взятых на переходах процесса окисления, приведен на рис 2а. Частицы распределяются в одном слое, который опускается вниз по мере окисления ПАН от плотности исходного ПАН волокна $\rho_{\text{ПАН}}$ до плотности окисленного ПАН волокна $\rho_{\text{ПАН.ок}}$. Это позволяет сделать важный вывод, что процесс окисления ПАН волокна начинается и проходит не на поверхности волокон, а идет одновременно по всему сечению волокон.

ПАН сополимер является аморфно-кристаллическим и имеет малый диаметр элементарных волокон. На основании этого и результатов эксперимента можно принять предложенную в [10] модель, что ПАН сополимер состоит из «зерен» с достаточно регулярной кристаллической структурой, рыхлого пограничного слоя, содержащего концы полимерных цепей, складки и петли макромолекул, и пространства между зернами, заполненного клубками макромолекул и проходными цепями. Т. е. твердая фаза полимера представляет собой пеструю мозаику из плотных областей и

«дырок», по которым идет диффузия реагентов. Реакция в таком микронеоднородном полимере протекает в совокупности микрореакторов, параметры которых определяются структурой полимера. Данное состояние полимера и наличие пор определяют гетерогенный механизм процесса, когда в каждой локальной точке имеется фронт реакции на границе раздела фаз (рис. 2б, в), причем количество и размеры зон определяются концентрациями примесей.

В слое измельченного образца в градиентной колонке выделяются три подслоя (рис. 2а):

- верхний – равномерное облако мелких частиц;
- средний – основная масса частиц волокна;
- нижний – отдельные более крупные частицы,

что говорит о неравномерности ПАН волокна по плотности.

Наличие нижнего слоя с крупными частицами показывает наличие локальных мест активного прохождения процесса окисления (рис. 2б). Причем, вследствие экзoeffекта, скорость процессов в этих локальных местах дополнительно повышается, что приводит к еще большему отклонению частиц этого слоя от средней плотности. Наличие верхнего слоя показывает наличие областей с низкой реакционной способностью ПАН сополимера. При средней плотности, равной заданной, в волокне имеются как переокисленные, так и недоокисленные области, что может быть причиной нарушения процесса предкарбонизации, снижения характеристик и уменьшения удельного выхода углеродного волокна. Таким образом, причиной получения в обработанном ПАН волокне зон с высокой и низкой плотностями является наличие в исходном ПАН волокне зон с высокой и низкой реакционными способностями, которые и определяют степень гетерогенности процесса.

Количественной информацией об уровне квазигомогенности процесса может быть функция распределения массы волокна по слоям в градиентной колонке, но это представляет технические сложности. Достаточной количественной оценкой, характеризующей равномерность прохождения процесса и получаемого волокна, могут быть значения плотностей на границах слоев, соответственно $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$, и ширина этих слоев по перепаду плотностей (рис. 2а). При этом информацией о правильности прохождения процесса, т. е. о его высокой квазигомогенности, является малая ширина слоя и экспоненциальный вид кинетической кривой (рис. 2в).

Анализ качественных показателей полученных углеродных волокон показал, что для партий, полученных при сигмоидном процессе окисления, характерно более низкое качество и меньший выход углеродного волокна [8, 9].

3. Анализ влияния содержания примесей на процесс термической обработки ПАН волокна

Спектральный анализ образцов ПАН волокон из различных партий показал наличие в исследуемых образцах железа (24,4-51,9 мг/кг), кремния (41,6-212,8 мг/кг), натрия (1,7-2,8 мг/кг) [8, 9, 11, 12].

Для исследования влияния неорганических солей на реакционную способность ПАН сополимера были проведены активные эксперименты. Тройной ПАН сополимер переосаждением очищали от неорганических примесей и добавляли известное количество неорганических примесей. Дифференциальный термический анализ показал изменение температуры начала химических процессов и изменение интенсивности экзотермического пика [11, 12], т. е. наличие неорганических примесей и их концентрация влияют на реакционную способность ПАН волокна при термической обработке и могут быть причиной получения экспоненциального процесса при малом содержании примесей и явного гетерогенного процесса с сигмоидной кинетикой при относительно большом содержании примесей.

4. Анализ влияния неравномерности начала химических процессов на кинетику окисления ПАН волокна по плотности

Анализ влияния неравномерности начала химических процессов на кинетику окисления ПАН волокна по плотности произведен методом математического моделирования [8, 9, 13]. Для этого сечение волокна разбивалось на n элементарных частей, в которых температура начала химических процессов описывалась нормальным законом Гаусса. Для описания химического процесса использовалось уравнение кинетики 1-го порядка, которое записывалось для каждой элементарной части полимера. Это позволило проследить начало и развитие химического процесса в каждой i -й элементарной частице полимера при любом законе изменения температуры (рис. 3). Плотность ПАН волокна в целом определялась как средневзвешенная плотность всех частей полимера.

Результаты (рис. 3) показывают неоднородность элементарных частей волокна по плотности. Средневзвешенная плотность имеет сигмоидный вид.

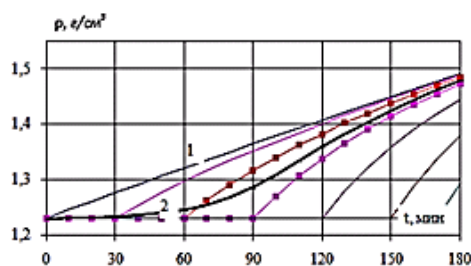


Рис. 3. Модельные значения плотности ПАН волокна: 1 – плотность элементарных объемов; 2 – средняя плотность

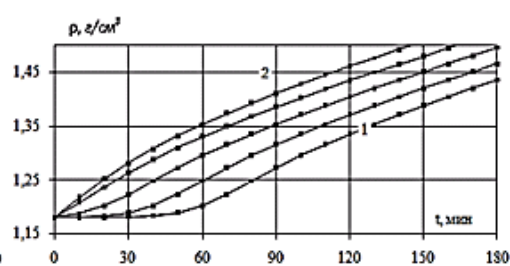


Рис. 4. Влияние начальной температуры на вид кинетической кривой, (1) – начальная температура 180 °С, (2) – 220 °С

Расчетные кривые изменения средней плотности ПАН сополимера при линейном увеличении температуры (рис. 4) показывают, что при повышении начальной температуры уменьшается время активации сигмоидного процесса, который с дальнейшим повышением начальной температуры переходит в экспоненциальный вид.

Полученные математическим моделированием результаты подтверждены экспериментально. На рис. 5 приведены экспериментальные кривые кинетики по плотности образцов ПАН волокна, взятых из разных зон печи окисления и обработанных в лабораторных условиях при различных температурах [8, 9].

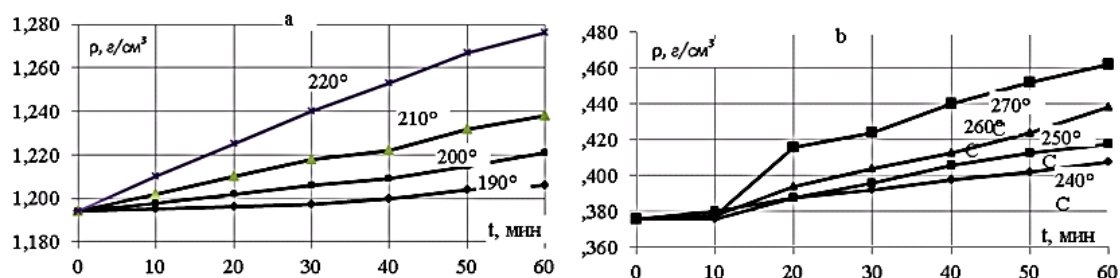


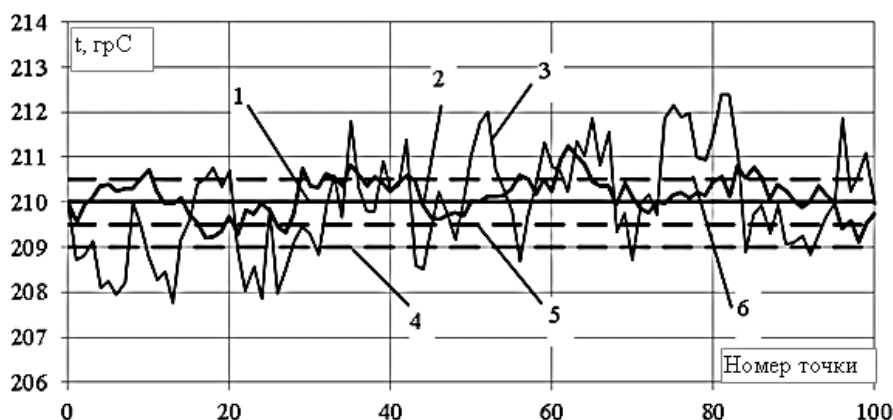
Рис. 5. Кинетические кривые термообработки образцов тройного ПАН из I (a) и III (b) зон

Кинетические кривые с повышением начальной температуры изменяют вид от сигмоидной к экспоненциальной. Экспоненциальный вид означает максимальную скорость реакции на начальном этапе и ее падение со временем. Это показывает, что процесс начинается в большей части сечения полимера, а в дальнейшем площадь реакционных зон уменьшается.

5. Метод повышения однородности окисления по сечению ПАН волокна при наличии примесей

На основании изложенных результатов принята следующая модель прохождения процесса термообработки [8, 9]. На рис. 6 линиями 1-3 показаны возможные графики случайного распределения температур начала химического процесса по сечению волокна, определяемые распределением примесей: 1 – без примесей, 2 – малое

количество примесей, 3 – большее количество примесей. Соответственно, процессы будут начинаться при разных температурах. Для ПАН 3 при температуре обработки 4 процесс начинается в отдельных точках ПАН. При повышении температуры до уровней 4, 5 и т. д. объем реакционной зоны будет увеличиваться согласно функции распределения примесей.



*Рис. 6. Графики распределения температур:
1-3 – температуры начала процесса при данных уровнях примесей;
4-6 возможные температуры обработки*

Отсюда можно сделать вывод, что имеются два ограничения по температуре: с одной стороны температура должна быть не ниже значения, обеспечивающего высокий уровень квазигомогенности процесса, с другой стороны – температура должна быть не выше температуры термического травмирования.

Разрешением данного противоречия является вывод процесса на максимальную допустимую начальную температуру, получая тем самым минимальную возможную неоднородность окисления по сечению волокна, и снижение температуры в зоне активного экзоэффекта для проведения процесса без термического травмирования.

На основании полученных результатов разработаны режимы термостабилизации тройного и двойного ПАН волокон, позволившие уменьшить продолжительность термостабилизации, снизить хрупкость и повысить прочность углеродного волокна [14].

Выводы:

1. Показано, что процесс термостабилизации проходит по всему сечению волокна, но в зависимости от концентрации примесей может проходить в гетерогенном или квазигомогенном режиме.

2. Показано, что наличие неорганических примесей в ПАН сополимере приводит к смещению начала процессов по температуре и прохождению процессов в

отдельных локальных точках, при этом средняя плотность полимера изменяется по сигмоидной кривой.

3. Показано, что при повышении начальной температуры окисления ПАН волокна время активации процесса уменьшается и гетерогенный процесс переходит в квазигомогенный со средней кинетической кривой, близкой к экспоненциальной.

4. Температура окисления ПАН ограничена с нижней стороны необходимостью проведения процесса окисления в квазигомогенном режиме, с верхней стороны количеством выделяющегося тепла и возможным термическим травмированием ПАН волокна.

5. Повысить равномерность процесса при наличии неорганических примесей можно путем температурной активации. При этом необходимо в начальный момент проводить процесс на максимальной допустимой температуре для зарождения процесса в максимальном количестве точек, затем снижать температуру для исключения термического травмирования.

Литература

1. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие материалы / А.А. Конкин. – М.: Химия, 1974. – 376 с.
2. Варшавский В.Я. Углеродные волокна / В.Я. Варшавский. – 2-е изд. – М.: Изд-во Варшавский, 2007. – 500 с.
3. Карташов Э.М. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров / Э.М. Карташов Э.М., Б. Цой, В.В. Шевелев. – М.: Химия, 2002. – 736 с.
4. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир, 1972. – 556 с.
5. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов / П. Барре. – М.: Мир, 1976. – 400 с.
6. Варшавский В.Я. Кинетика термических превращений ПАН волокон / В.Я. Варшавский. – М.: НИИТЭХИМ, 1989. – 60 с.
7. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов / О. Левеншпиль. – М.: Химия, 1969. – 624 с.
8. Бирюков В.П. Математическое моделирование и оптимизация термостабилизации полиакрилонитрильного волокна / В.П. Бирюков. – Саратов: СГТУ, 2002. – 126 с.
9. Бирюков В.П. Оптимизация процесса термостабилизации при получении углеродного волокна на основе ПАН: автореф. дисс. ... докт. техн. наук / В.П. Бирюков. ФГУП «НИИГрафит». – М. 2002. – 298 с.

10. Денисов Е.Т. Окисление и деструкция карбоцепных полимеров / Е.Т. Денисов. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.

11. Бирюков В.П. Влияние солей на термоокислительную стабилизацию и карбонизацию сополимера на основе акрилонитрила / В.П. Бирюков, И.И. Рыскина // Химические волокна. – 1993. – № 3. – С. 14-16.

12. Бирюков В.П. Неоднородность структуры и свойств технического полиакрилонитрильного жгута / В.П. Бирюков, И.И. Рыскина // Углеродные и другие жаростойкие, электропроводные волокна, композиционные материалы и их применение в народном хозяйстве: Материалы II Межотраслевой научно-технической конференции. – Мытищи, 1991. – С. 259-264.

13. Бирюков В.П. Кинетика процесса окисления ПАН волокна / В.П. Бирюков // Химия и физика полимеров в начале XXI века: Тезисы докладов Второго Всероссийского Каргинского симпозиума. – Черноголовка, 2000. – С. 54.

14. Патент 2130516 Российская Федерация, МПК D01F9/22 Способ получения углеродного волокна / В.П. Бирюков, А.М. Плотников, С.Л. Кузнецова; заявитель и патентообладатель Акционерное общество «Балаковские волокна» № 96118059/04; заявл. 10.09.1996; опубл. 20.05.1999.

УДК 621.833

**Повышение качества высоконагруженных узлов методом
химико-термической обработки**

Богатов Александр Александрович, студент специальности

«Управление качеством в производственно-технологических системах»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В статье проведён анализ изменения твёрдости в химико-термически обработанном образце стали, марки 12ХНЗА, построено уравнение зависимости изменения твёрдости от толщины упрочнённого слоя.

Применение в машиностроении стали марки 12ХН3А для изготовления высоконагруженных деталей и узлов позволяет сочетать высокие значения поверхностной твёрдости и вязкости сердечника. Применение цементации позволяет получить более высокую и равномерную твердость поверхности после закалки и низкого отпуска и уменьшение деформации.

Цель работы: исследование изменения твёрдости стали 12ХН3А, после химико-термической обработки (цементации), анализ полученных результатов.

Методология исследований

Для исследования изменения твердости тела был использован химико-термически обработанный образец (рис. 1), марка стали 12ХН3А. Измерения твердости металла проводились по Роквеллу – с нагрузкой 100 грамм, алмазным индентором, с углом при вершине 120°, на микротвердомере ПМТ-3. Всего было одиннадцать серий замеров, по три замера в серии, где одна серия является эталонной (замер в самом центре образца), а остальные проводились от края к центру с шагом 0,1мм. В ходе эксперимента получили график изменения твердости материала, при попытке его цементации.

Анализ микрошлифа показал включения углерода в поверхностном слое, толщина упрочнённого слоя равна 1 мм, диаметр образца 10 мм.

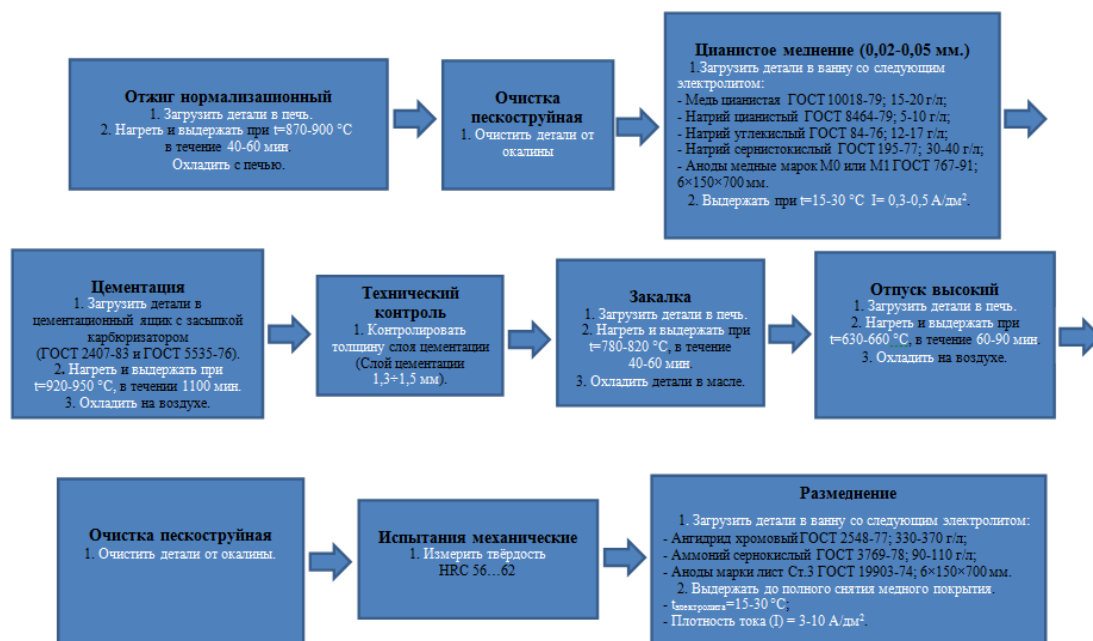


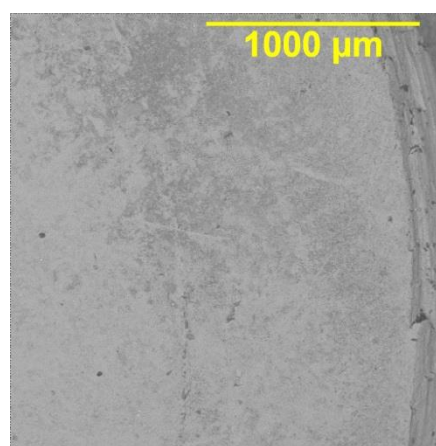
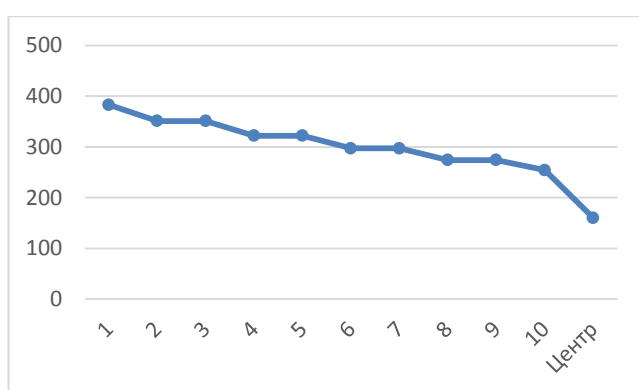
Рис. 1. Маршрутная карта цементации легированной конструкционной стали 12ХН3А

Таблица 1

Зависимость твёрдости от толщины слоя, цементированного образца

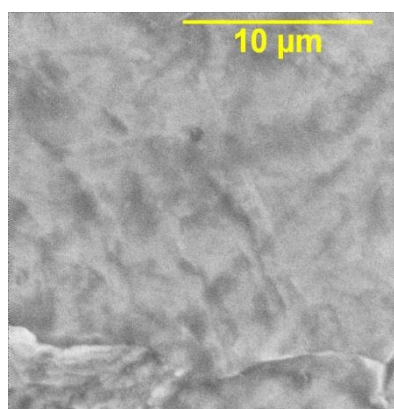
Серия измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Эталонное значение (в центре)
ΔHR	383	351	351	340	322	312	300	297	274	274	254

По данным табл. 1 и рис. 2а видно, что изменение твёрдости после цементации достигает 383..274 HR, максимальная твёрдость достигается в 100 мкм от поверхности образца.

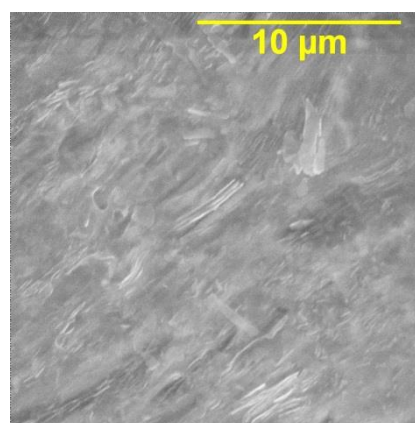


а

б



в



г

Рис. 2. Шлиф образца-свидетеля после обработки $FeCl_3$, где:
 а – зависимость твердости HV от толщины слоя, мкм, время цементации ~ 1100 мин; б – РЭМ, отраженные электроны, край образца-свидетеля; в – вторичные электроны, центр образца; г – цементированная поверхность стали

По результатам исследований построено уравнение регрессии:

$$y = 1010,64 - 28,02x \quad (1)$$

Построенное уравнение имеет следующие характеристики:

Регрессионная статистика:

$R^2 - 0,93604$.

Множественный R $-0,967491$.

Нормированный $R^2 - 0,928045$.

Стандартная ошибка $- 0,383975$.

В табл. 2 приведены результаты дисперсионного анализа.

Таблица 2

Дисперсионный анализ зависимости твёрдости от толщины слоя,
цементированного образца

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
регрессия	1	17,26151	17,26151	117,0773	4,7E-06
остаток	8	1,179494	0,147437		
итого	9	18,441			

По результатам измерения твердости цементированного слоя исследуемого образца, заметно, что зависимость имеет линейный характер, с понижением твёрдости от края образца к центру. Проведены регрессионный и дисперсионный анализы экспериментальных данных, позволяющие спрогнозировать твердость стали в поверхностном, упрочнённом, слое.

Литература

1. Лукьянова В.О. Улучшение физико-механических свойств поверхности нержавеющей медицинской стали методом азотирования / В.О. Лукьянова, С.Я. Пичхидзе // Перспективные материалы. – 2018. – № 1. – С. 60-65.
2. Анализ возможности упрочнения микрохирургических офтальмологических ножниц / Ю.С. Борисов [и др.] // Научный альманах. – 2020. – № 7-1(69). – С. 153-156.
3. Усовершенствование вкладыша коленного эндопротеза / Д.С. Денисов [и др.] // Материалы VII Международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век». – К.: Изд-во: ЗАО «Университетская книга». – 2017. – С. 301-303.

**Цифровая система управления положением резца по поперечной оси
для реализации процесса токарной обработки нежестких валов
по траектории предыскажения**

Волошин Виталий Александрович, студент направления «Машиностроение»;

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

Мостовой Владимир Дмитриевич, заведующий лабораторией кафедры
«Атомная энергетика»

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

В работе показаны эффективность применения обработки нежестких валов по траекториям предыскажения и цифровая система управления положением режущей кромки резца по поперечной оси для реализации заданной траектории предыскажения.

Одной из основных проблем токарной обработки нежестких валов является их большая деформация. Использование предприятиями станков с ЧПУ затрудняет возможность традиционного применения при точении люнетов. При этом снижение погрешности обработки обеспечивается путем занижения режимов резания и введением дополнительных операций (шлифования). Результатом является увеличение продолжительности обработки и себестоимости изделий.

Эффективным методом повышения в данных условиях производительности обработки нежестких валов является обработка по траекториям предыскажения. Одним из примеров реализации такого подхода является токарная обработка по моделям [1]. В литературе имеются примеры обработки по траекториям предыскажения на предприятиях тяжелого машиностроения станинных роликов и валков прокатных станов [2]. Экономическая эффективность такого подхода очевидна, т. к. стоимость таких деталей, размеры которых превышают несколько метров, а масса достигает десятков тонн, составляет несколько миллионов рублей.

В настоящее время активно ведутся работы по повышению адекватности математических моделей деформации нежестких валов для расчета траекторий предыскажения [2-4]. Для реализации данных траекторий необходимы эффективные системы управления положением режущей кромки резца по поперечной оси, что позволяет при движении резца по продольной оси вести режущую кромку по

траектории деформации обрабатываемого нежесткого вала, что позволяет исключить (уменьшить) погрешности от данной деформации и позволяет проводить обработку на более жестких режимах. В данной работе производится динамический синтез цифровой (микропроцессорной) системы управления положением резца по поперечной оси. Применение цифровых систем обусловлено тем, что высокая точность и стабильность реализации алгоритмов управления на микропроцессорной технике, возможность реализации более сложных алгоритмов управления, повышенная скорость реакции на случайные возмущающие воздействия позволяют повысить точность реализации траектории предыскажения и снизить продолжительность токарной обработки нежестких валов [5-8].

В табл. 1 приведены результаты сравнительного анализа возможных режимов обработки нежестких валов длиной 300 мм и диаметром 20 мм по типовой технологии и по траектории предыскажения.

Таблица 1

Расчет режимов резания

Параметры	Черновой проход	Типовая технология		По траектории предыскажения	
		± 0,01 мм	± 0,01 мм	± 0,01 мм	± 0,005 мм
l, м	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
d, м	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Модуль E	2E+11	2E+11	2E+11	2E+11	2E+11
t, мм	1,6	0,40	0,20	0,40	0,40
s, мм/об	0,6	0,05	0,1	0,4	0,2
V, м/мин	140	220	220	220	220
Cp	300	300	300	300	300
x	1	1	1	1	1
y	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
n	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15
Kp	1,154	1,154	1,154	1,154	1,154
Pz, Н	1681,5	65,2	54,8	310,1	184,4
Pу, Н (0,4)	672,6	26,1	21,9	124,1	73,8
I, мом инерц., м4	8,00E-09	8,00E-09	8,00E-09	8,00E-09	8,00E-09
f, м	0,000236	0,000009	0,000008	0,000044	0,000026
f, мм	0,236	0,009	0,008	0,044	0,026
l окр, м	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
n об/мин	2229	3503	3503	3503	3503
Время 1 прох, с		102,8	51,4	12,8	25,7

Постановка задачи.	Токарная обработка нежесткого вала: L= 300мм, d = 20мм. Допуск по диаметру 0,01 мм; 0,005 мм. Начальный припуск t=2 мм.
Классические режимы обработки (столбцы 2,3,4).	
1. Черновой проход.	t=1,6 мм, s=0,6 мм/об. Погрешность бочкообразности 0,236 мм.
2. Чистовая обработка. Допуск 0,01мм.	
Вариант 1	Один чистовой проход t=0,4 мм, s=0,05 мм/об. Продолжительность обработки 103 сек, погрешность бочкообразности 0,009 мм.
Вариант 2	Два чистовых прохода t=0,2 мм, s=0,1 мм/об. Продолжительность обработки 103 сек, погрешность бочкообразности 0,008 мм.
Режимы обработки по траектории предыскажения (столбцы 5,6).	
1. Черновой проход.	t=1,6 мм, s=0,6 мм/об. Погрешность бочкообразности 0,236 мм.
2. Допуск 0,01мм.	Один чистовой проход t=0,4 мм, s=0,4 мм/об. Продолжительность обработки 12 сек, погрешность бочкообразности 0,05 мм компенсируется системой управления.
3. Допуск 0,005 мм.	Один чистовой проход t=0,4 мм, s=0,2 мм/об. Продолжительность обработки 26 сек. Погрешность бочкообразности 0,026 мм компенсируется системой управления.

Результаты сравнительного анализа показывают, что при обработке по траектории предыскажения с использованием системы управления траекторией движения резца при обработке:

- Повышается производительность обработки.
- Можно обеспечить повышение точности обработки без увеличения или даже с уменьшением продолжительности обработки.

Таким образом, проведенный анализ показывает актуальность создания эффективных систем управления систем реализации траекторий предыскажения при

токарной обработке нежестких валов. Реализация заданной траектории предвысказания при токарной обработке заключается в отслеживании резцом деформации заготовки от силы резания в процессе обработки и обеспечения нахождения режущей кромки резца в процессе обработки в заданном положении по поперечной оси y во времени или в зависимости от координаты нахождения режущей кромки резца по продольной оси x .

Функциональная схема системы управления положением резца по поперечной оси при токарной обработке путем подачи управляющего воздействия на двигатель поперечной подачи представлена на рис. 1.

На схеме обозначено:

1-4 – заготовка; левый, правый центры; режущий инструмент.

ЭД – электрический двигатель привода поперечной подачи;

Ред, ВГ – редуктор, шарико-винтовая пара привода поперечной подачи.

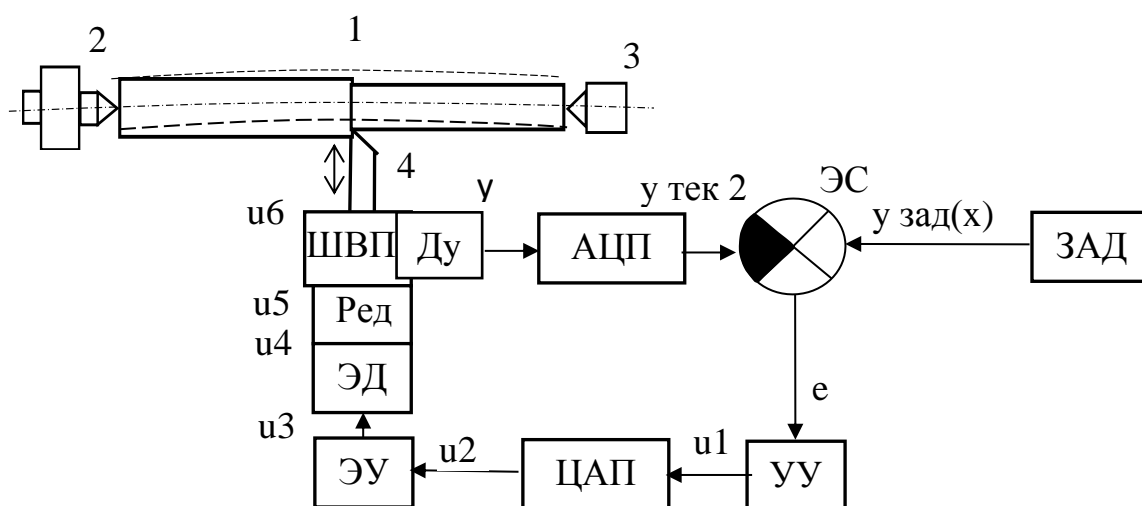


Рис. 1. Функциональная схема системы управления положением режущей кромки резца по поперечной оси

Система управления положением резца по поперечной оси кроме указанных элементов объекта управления включает:

ЗАД – задатчик. Роль задатчика в данном случае выполняет алгоритм управления верхнего уровня, который по корректируемой на основании измерения обработанных деталей математической модели рассчитывает заданное значение положения резца по поперечной оси в зависимости от положения суппорта по продольной оси y зад(x);

Ду – датчик текущего положения резца по поперечной оси;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЭС – элемент сравнения для расчета отклонения положения резца от заданного;

УУ – управляющее устройство, обеспечивающее расчет значения управляющего воздействия u_1 при текущем значении ошибки e ;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ЭУ – электронный усилитель;

ЭД – электрический двигатель привода поперечной подачи;

РЕД – редуктор;

ШВП – шарико-винтовая пара для преобразования вращательного движения вала двигателя в поступательное движение суппорта по поперечной оси.

Закономерность связи координат x , y определяется деформацией резца и заготовки, рассчитываемых по моделям деформации заготовки и инструмента при заданной номинальной силе резания, и корректируемых по обратной связи после контроля профиля обработанной детали.

В таком случае объектом управления системы является привод поперечной подачи с выходным сигналом – положение режущей кромки резца по поперечной оси. Задающим воздействием является заданное положение режущей кромки при текущем положении резца по продольной оси. Управляющим параметром является напряжение на якоре двигателя постоянного тока привода поперечной подачи. Управляемым параметром является положение режущей кромки резца по поперечной оси. Данный параметр определяется по показаниям датчика положения суппорта по поперечной оси, показания которого корректируются по контрольным точкам в пространстве координат x - y , которые можно реализовать с помощью контрольных пластин.

Сигналы, действующие в системе:

$u_{зад}(x)$ – заданное значение положения резца по поперечной оси;

$u_{тек1}$ – выходной сигнал с датчика текущего положения резца по поперечной оси;

$u_{тек2}$ – выходной сигнал аналого-цифрового преобразователя АЦП положения резца по поперечной оси;

e – ошибка управления;

u_1 – управляющее воздействие на выходе регулятора и на входе цифро-аналогового преобразователя ЦАП;

u_2 – аналоговое управляющее воздействие на выходе ЦАП и на входе электронного усилителя;

u_3 – напряжение на выходе электронного усилителя и на входе электродвигателя;

u_4 – скорость выходного вала электрического двигателя;

u5 – скорость выходного вала редуктора;

u6 – скорость перемещения суппорта по поперечной оси ;

u7 – положение суппорта по поперечной оси. На функциональной схеме этот сигнал не показан. Он появится на выходе интегрирующего звена, преобразующего скорость движения суппорта в положение суппорта по поперечной оси, который является управляемым сигналом и измеряется датчиком обратной связи системы.

Данная система является следящей системой, служащей для отработки переменного во времени задающего воздействия реализации траектории деформации.

Неконтролируемыми возмущающими воздействия на систему f являются изменение силы резания при изменении припуска, характеристик материала заготовки, изменение сил трения механической системы привода поперечной подачи, нестабильность напряжения питания и др.

На основании паспортных и экспериментальных данных построены математические модели элементов системы в виде передаточных функций.

Датчик	$W_1(p) = \frac{0,048}{0,06p+1} \left[\frac{В}{мм} \right].$
Аналого-цифровой преобразователь АЦП	$W_2(p) = 21 \left[\frac{мм}{В} \right].$
Элемент сравнения	$e = y_{зад}(x) - y_{тек}(x) [мм].$
Управляющее устройство – цифровой ПИД-регулятор	
	$W_3(z) = k_p + k_p T_0 \frac{z}{z-1} + \frac{k_d z-1}{T_0 z}.$
Цифро-аналоговый преобразователь	$W_4(p) = 0,1 \left[\frac{В}{\%} \right].$
Электронный усилитель	$W_5(p) = 4,7.$
Электрический двигатель по скорости	$W_6(p) = \frac{5}{0,3p+1} \left[\frac{об/с}{В} \right].$
Редуктор	$W_7(p) = 0,2.$
Шарико-винтовая пара	$W_8(p) = 5 \left[\frac{мм}{об/с} \right].$

Интегрирующее звено преобразования скорости движения гайки шарико-винтовой пары в положение суппорта по поперечной оси $W_9(p) = \frac{1}{p} \left[\frac{мм}{мм/с} \right].$

Синтез цифрового ПИД-регулятора производился методом математического моделирования в Control System MatLab [9]. Z-преобразование модели непрерывной части системы имеет вид:

$$w_0z = \frac{0.01379 z^2 + 0.03514 z + 0.005109}{z^3 - 1.905 z^2 + 1.041 z - 0.1353}$$

Билинейное преобразование:

$$w_{ow} = \frac{0.00763 z^3 + 0.02289 z^2 + 0.02289 z + 0.00763}{z^3 - 1.805 z^2 + 0.8701 z - 0.06494}$$

Получены следующие параметры импульсного ПИД-регулятора

$$k_p = 2, \quad k_i = 0, \quad k_d = 0.6.$$

Графики переходных процессов исходного объекта управления, замкнутого единичной обратной связью w_0 , объекта управления при билинейном преобразовании при единичной обратной связи w_{ow} , билинейно преобразованного объекта с построенным регулятором W_{reg1} приведены на рис. 2.

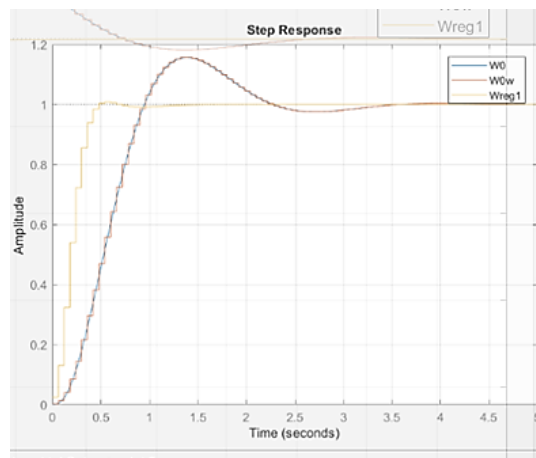


Рис. 2. Переходные процессы систем при единичном задающем воздействии

На рис. 3 приведены амплитудные и фазовые логарифмические характеристики разомкнутых систем. Логарифмические характеристики исходной непрерывной системы и импульсной системы в рабочем диапазоне частот практически совпадают. Система с построенным регулятором является устойчивой. Запас по фазе составляет около 60 градусов.

Полученные характеристики показывают, что построенная система управления соответствует требованиям к системам регулирования процессами резания.

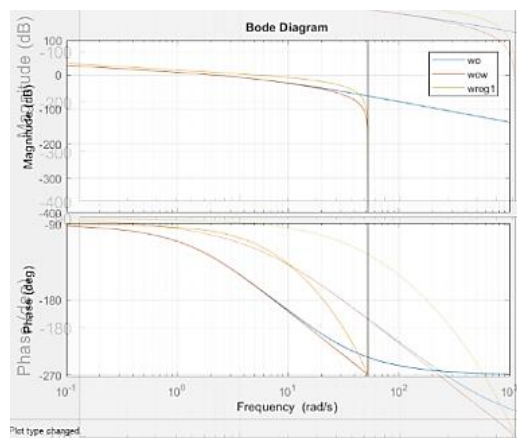


Рис. 3. Логарифмические характеристики разомкнутых систем

Выводы.

Показано, что использование режима обработки нежестких валов по траекториям предыскажения позволяет повысить производительность и точность обработки.

Рассмотрена цифровая система управления положением режущей кромки резца по поперечной оси, позволяющая реализовать заданную траекторию предыскажения при обработке нежестких валов.

Литература

1. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью металлообработки / М.С. Невельсон. – Л.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
2. Шелихов Е.С. Повышение точности изготовления нежестких валов на станках с ЧПУ методом автоматической коррекции управляющей программы: автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)) / Е.С. Шелихов. Оренбургский государственный университет. – Оренбург, 2016. – 182 с.
3. Плотников А.Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ: монография / А.Л. Плотников, А.О. Таубе. – Волгоград: Волгоград, научн. изд-во, 2003. – 184 с.
4. Жданов А.А. Обеспечение точности расчёта стрелы прогиба нежестких деталей типа «вал» на токарных станках с ЧПУ на основе получения оперативной информации о свойствах контактных пар: автореф. дис. ... канд. техн. наук (02.05.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки) / А.А. Жданов; рук. работы А.Л. Плотников. ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2019. – 155 с.

5. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
6. Бесекерский В.А. Цифровые автоматические системы / В.А. Бесекерский. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
7. Филлипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. – М.: ЛБЗ, 2001. – 616 с.
8. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бибош. – М.: ЛБЗ, 2002. – 832 с.
9. Медведев В.С. Control System Tooldox. MatLab для студентов / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. – М.: Диалог МИФИ, 1999. – 287 с.

УДК 621.311.25:621.039.524.44

Оценка эффективности теплоснабжения от АЭС с ВВЭР с учетом системных факторов

Гариевский Михаил Васильевич, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Саратовский научный
центр Российской академии наук, г. Саратов

Произведена оценка эффективности теплоснабжения от АЭС с ВВЭР с учетом участия в регулировании графиков нагрузки на основе метода системного анализа с учетом реальной стоимости получаемых продуктов: электроэнергии, тепла с сетевой водой и горячего водоснабжения. Кроме того, показано, что теплоснабжение от АЭС приводит к сокращению использования ископаемого топлива с возможностью вытеснения природного газа для продажи за рубеж как ценного экспортного ресурса.

Рост мощности атомных электростанций в энергосистемах, сокращение в них доли маневренных ТЭС на органическом топливе, рост доли возобновляемых источников энергии неизбежно вызовут трудности в регулировании мощности, прохождении переменной зоны графика электрических нагрузок [1]. В этой связи становится особенно актуальной проблема обеспечения АЭС базовой электрической нагрузкой [2-4]. Одним из способов повышения эффективности атомной электростанции и участия в переменном режиме без снижения коэффициента использования установленной мощности является использование когенерации на АЭС с возможностью варьировать производство тепла и электроэнергии [5-7]. Создание энергокомплексов АЭС с многопродуктовым производством (электроэнергии и тепла)

приводит к экономии ископаемого топлива, уменьшению выбросов CO_2 , NO_x и других вредных ингредиентов, снижению затрат в системе за счет использования более дешевого в пересчете на условное топливо ядерного горючего [5]. На рис. 1 представлены различные производства (с указанием температурных диапазонов), представляющие интерес для когенерации с ядерной энергетикой.

Вопросам использования турбоустановок АЭС с ВВЭР с нерегулируемыми отборами для комбинированной выработки электрической энергии и теплоты уделяется значительное внимание как на заводах, производящих турбинное оборудование, так и среди специалистов университетов [8-10]. Были, например, выполнены конструктивные изменения в камерах нерегулируемых отборов для повышения допустимого расхода пара через них с установкой не менее чем двух патрубков. Это позволило снять в определенной мере ограничения на снижение электрической мощности при большом отпуске пара из отборов турбины. Это особенно важно для среднеширотного расположения АЭС России с функциями отопления, когда потребность в большем отпуске теплоты наступает именно в зимнее время при низких температурах охлаждающей воды и минимальных значениях давления в конденсаторах [11]. За прошедшее время число площадок со вновь пущенными АЭС с ВВЭР (Волгоградская, Курская, Ленинградская АЭС и др.) существенно увеличилось, причем, в урбанизированных районах (табл. 1).

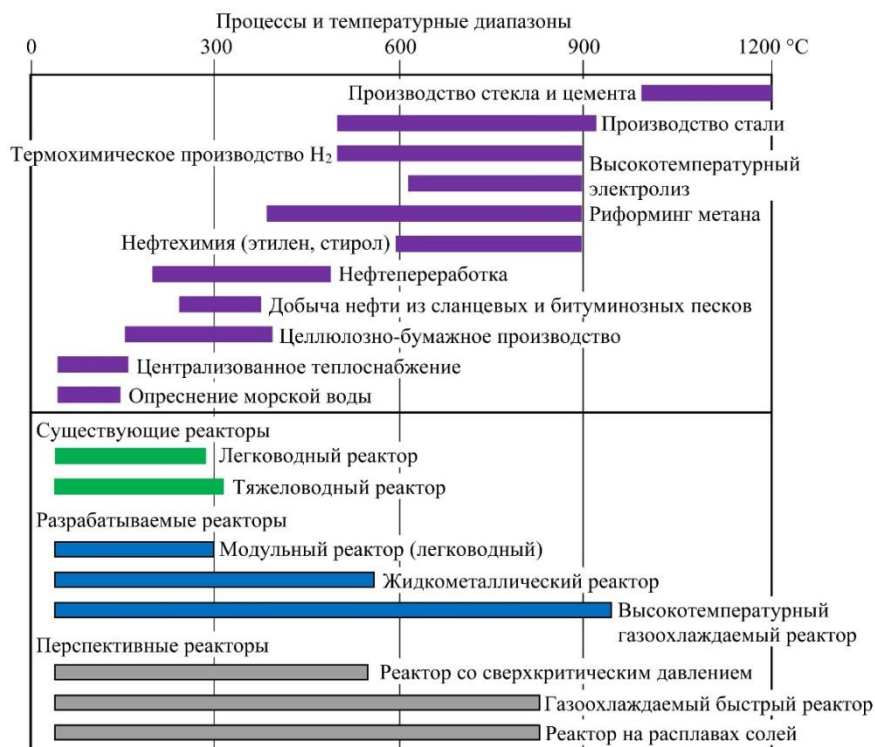


Рис. 1. Возможности когенерации для различных типов АЭС [5]

Текущее состояние теплоснабжения городов-спутников АЭС [12]

АЭС	Город-спутник	Электрическая мощность брутто, МВт	Расстояние до города-спутника, км	Используется ли АЭС для теплоснабжения города-спутника?	Тепловая мощность брутто АЭС, МВт(т)	Нагрузка города, покрываемая АЭС (+ потери тепла), МВт(т)
Балаковская	Балаково	4000	≈10	нет	–	–
Белоярская	Заречный	1480	≈3	да	342	231
Калининская	Удомля	4000	≈3	н/д	н/д	н/д
Кольская	Полярные зори	1760	≈11	нет	–	–
Курская	Курчатов	4000	≈3	да	663	350
Ленинградская-1	Сосновый бор	4000	≈5	да	628	547
Нововоронежская	Нововоронеж	2597	≈3,5	да	64 + 186*	52
Ростовская	Волгодонск	4000	≈16	нет	–	–
Смоленская	Десногорск	3000	≈3	да	805	341

* Новые отопительные установки АЭС

Для технологического цикла АЭС многоцелевого назначения, например, с производством теплоэнергии (теплоснабжение и горячее водоснабжение), опреснением больших объемов воды, других низкотемпературных технологий, для реализации которых достаточен температурный уровень современных АЭС с ВВЭР, необходим системный подход. Например, оценка себестоимости электроэнергии и тепла (или любого другого продукта) на АЭС с нерегулируемыми отборами теплоты (на отопление или любую другую доступную технологию) по любому методу деления топлива искажает реальную картину доходности многопродуктового производства. И прежде всего, потому что жесткое деление топлива между продукцией такой станции не позволяет гибко реагировать на изменение экономической ситуации и цен на продукцию, не позволяет сопоставить цену дополнительного продукта, получаемого другим альтернативным способом производства, тем более с учетом конечного расположения потребителей, возможностей и стоимости его складирования. Также при этом не учитывается возможность внепикового ночного характера производства некоторых продуктов, не требующих многозатратных дополнительных издержек на хранение.

Высокая эффективность многоступенчатого подогрева сетевой воды паром нерегулируемых отборов позволяет ставить вопрос о повышении коэффициента теплофикации по сравнению со значением, принятым для действующих ТЭЦ. Особенно актуально это для АЭС, для которых топливная составляющая в себестоимости вырабатываемой энергии относительно низка, в то же время увеличение участия ядерных источников энергии в покрытии потребностей в теплоте позволяет сэкономить значительное количество дефицитного дорогостоящего органического топлива, в том числе природного газа. Сегодня газовое топливо рассматривается как ценный экспортный ресурс на ближайший обозримый период развития экономики РФ.

Используется зависимость удельной недовыработки электроэнергии от температур прямой и обратной сетевой воды для турбоустановки К-1000-60/1500 [13] – годовое снижение отпуска электроэнергии энергоблоком АЭС (табл. 2). Сравнительно низкий абсолютный уровень удельной недовыработки электроэнергии отражает тот факт, что основная часть (свыше 85 %) отдаваемой от турбоустановки теплоты получается не за счет недоиспользования возможной работоспособности пара в турбине, а за счет утилизации энергии, которая в чисто конденсационном режиме сбрасывается в конденсатор.

Результаты расчета технико-экономических показателей энергокомплекса АЭС с теплофикационными установками приведены в табл. 2. Используя приведенный прогноз цен на топливо и тарифов на тепло и электроэнергию рассчитан экономический эффект теплоснабжения от АЭС на перспективу (табл. 3). Из табл. 3 видно, что работа АЭС с частичной когенерацией позволяет повысить экономическую эффективность АЭС и использовать их для покрытия переменных графиков электрической нагрузки за счет возможности варьировать производство тепла и электроэнергии в соответствии с динамикой соотношения цен на производимую продукцию. Кроме того, теплоснабжение от АЭС приводит к сокращению использования ископаемого топлива с возможностью вытеснения природного газа для продажи за рубеж как ценного экспортного ресурса.

Таблица 2

Годовые технико-экономические показатели энергокомплекса АЭС с теплофикационными установками

Показатели	Значение
Годовой отпуск тепловой энергии, МВт·ч(т)	976 339
Годовое снижение отпуска электроэнергии, МВт·ч(э)	136 646
Электрическая мощность сетевых насосных установок, МВт	4,8
Затраты на электроэнергию для сетевых насосов, млн руб./год	36
Годовое увеличение выручки, млрд. руб./год	1,221
Капвложения в насосное оборудование и тепловые сети, млрд руб.	1,095
Срок окупаемости, лет	0,9
Сэкономленные затраты в топливо из-за «вытеснения» газа, млрд руб./год	0,503
Дополнительная прибыль в случае 50% реинвестиций в атомную энергетику, млрд руб./год	0,833

Таблица 3

Прогноз цен на топливо, тарифов на тепло, электроэнергию и результаты расчетов технико-экономических показателей теплоснабжения от АЭС на перспективу

Показатели	Годы					
	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Цена природного газа, долл./тыс. м ³ в РФ экспортная	50	55	60	65	70	75
	200	210	220	230	240	250
Цена ядерного топлива, тыс. руб./кг UO ₂	75	78,8	82,5	86,3	90	93,8
Тариф на тепло, тыс. руб./МВт·ч(т)	1,45	1,57	1,69	1,80	1,92	2,04
Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч(э) дневной ночной	1,30	1,41	1,52	1,63	1,74	1,85
	1,0	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42
Увеличение выручки АЭС, млрд руб./год	1,22	1,32	1,42	1,52	1,62	1,72
То же с «вытеснением» газа, млрд руб./год	1,72	1,88	2,03	2,19	2,34	2,50
То же с reinvestициями от продажи газа, млрд руб./год	2,56	2,74	2,92	3,11	3,29	3,47

Литература

1. Аминов Р.З. К вопросу обеспечения режимных требований в условиях развивающейся атомной энергетики / Р.З. Аминов, А.Ф. Шкрет, М.В. Гариевский // Труды Академэнерго. – 2013. – № 4. – С. 61-69.
2. Эффективные способы обеспечения базовой нагрузкой АЭС в энергосистемах / Р.З. Аминов [и др.] // Теплоэнергетика. – 2011. – № 5. – С. 10-15.
3. Сравнительная эффективность покрытия пиковых нагрузок в вариантах обеспечения базовой нагрузкой АЭС / В.М. Батенин [и др.] // Теплоэнергетика. – 2012. – № 7. – С. 70-78.
4. Аминов Р.З. Эффективность обеспечения базовой нагрузкой АЭС в новых экономических условиях / Р.З. Аминов, А.Ф. Шкрет, М.В. Гариевский // Труды Академэнерго. – 2016. – № 1. – С. 96-108.
5. Opportunities for Cogeneration with Nuclear Energy – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017. – 108 p.
6. Rämä M. Flexible nuclear co-generation plant combined with district heating and a large-scale heat storage / M. Rämä, M. Leurent, J.-G. Devezeaux de Lavergne // Energy. – 2020. – Vol. 193. – P. 116728.
7. Аминов Р.З. Использование АЭС с ВВЭР для нужд теплоснабжения / Р.З. Аминов, М.К. Крылов // Теплоэнергетика. – 2005. – № 2. – С. 37-42.

8. Вирченко М.А. Использование мощных конденсационных турбоустановок в качестве источника теплоснабжения / М.А. Вирченко, Б.А. Аркадьев, В.Ю. Иоффе // Теплоэнергетика. – 1982. – № 4. – С. 10-13.

9. Исследование и оптимизация режимов работы теплофикационной установки АЭС / В.С. Бунин [и др.] // Теплоэнергетика. – 1980. – № 2. – С. 10-14.

10. Длугосельский В.И. Использование АЭС с реакторами ВВЭР в системах теплоснабжения / В.И. Длугосельский, В.С. Варварский, В.Г. Грибов // Теплоэнергетика. – 1985. – № 12. – С. 16-19.

11. Оценка эффективности и уровней развития атомной теплофикации в разных регионах страны / Л.С. Хрилев [и др.] // Теплоэнергетика. – 2008. – № 11. – С. 45-55.

12. Solomykov A., Comparison of Nuclear District Heating Technologies in Russia and China / A. Solomykov, J. Zhao // Proceedings of the 11th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC 2019). – Singapore: Springer Singapore, 2020. – pp. 1429-1436.

13. Аркадьев Б.А. Режимы работы турбоустановок АЭС / Б.А. Аркадьев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 264 с.

УДК 621.432

Резонансный метод определения текущего технического состояния поршневых колец судовых дизелей

¹Гаспарян Александр Суменович, профессор;

¹Теребков Александр Федорович, профессор;

²Коротков Виктор Анатольевич, доктор технических наук, доцент;

³Полковников Дмитрий Борисович, инженер

¹Латвийская Морская Академия, г. Рига;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет», г. Тула

Работа посвящена спектральному методу определения технического состояния одного из самых напряженных элементов цилиндра-поршневой группы судовых дизелей – поршневого кольца. Разрезное поршневое кольцо вертикально неподвижно закреплялось в разработанном стенде в одной точке симметрично против зазора. Экспериментально исследовались свободные и вынужденные колебания обеих ветвей поршневого кольца в радиальной и осевой плоскостях. Результаты показали отличие амплитудных частотных характеристик годных колец и колец с дефектами и возможность применения данного метода для диагностики колец. Экспериментально

определённая основная частота вынужденных колебаний отличается от теоретической частоты, полученной методом математического моделирования, на 12-15 %.

Поршневые кольца являются одними из важных деталей цилиндро-поршневого механизма (ЦПМ) двигателя. Кольца должны выполнять три важные функции: а) обеспечивать надёжное уплотнение камеры сгорания; б) интенсивно отводить тепло от поршня к стенкам цилиндра; в) регулировать толщину масляной плёнки на внутренней поверхности зеркала цилиндра. Поршневые кольца работают в горячей среде агрессивных газов, при значительных знакопеременных нагрузках, при термических перепадах температуры. Из практики известно (Рижский судоремзавод), что большинство поломок поршневых колец происходит в районе замка. При диаметре кольца 500-800 мм изломы происходят в основном на расстоянии в 50-150 мм от замка. Это зона повышенной вибрации кольца. В канавках поршня кольца испытывают непрерывные изгибно-крутильные колебания.

В работе рассматриваются теоретические и экспериментальные методы исследования колебаний разомкнутых поршневых колец. Исследованию колебаний поршневых колец (динамике) посвящено не так много литературных источников [5-9]. В данной статье продолжены работы, начатые авторами ранее – [3, 8].

В статье описаны результаты исследования динамических характеристик «свободного» поршневого кольца, не находящегося в канавках поршня и не соприкасающегося со стенками цилиндра. Результаты исследования динамики других элементов цилиндро-поршневой группы будут опубликованы позже, после получения надёжных экспериментальных данных.

Если закрепить неподвижно поршневое кольцо в точке, противоположной нахождению замка, то в первом приближении разрезное поршневое кольцо можно представить в виде камертона. Классический «U» образный (вилочный) камертон изобрёл в 1711 году придворный музыкант английской королевы Елизаветы Джон Шор.

Разомкнутое поршневое кольцо представляет собой колебательную систему с распределёнными параметрами. В первом приближении можно считать, что размер его поперечного сечения мал по сравнению с радиусом R осевой окружности. Схема экспериментальной установки дана на рис. 1.

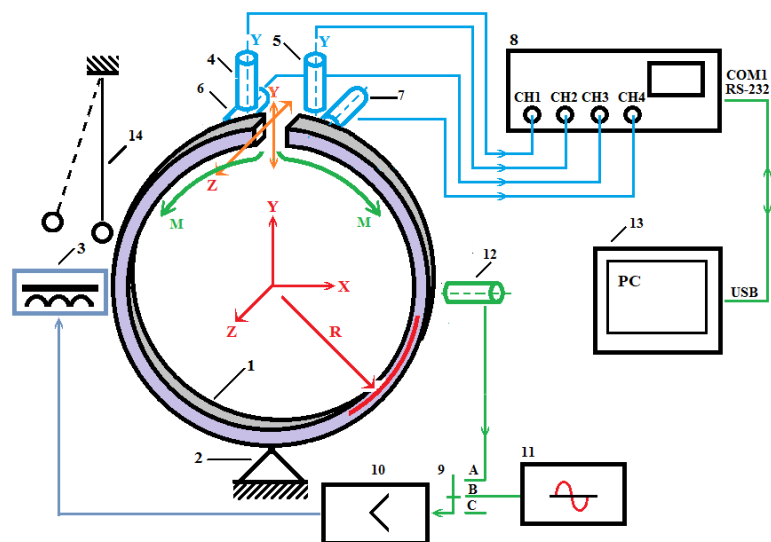


Рис. 1. Схема сил и моментов, действующих на поршневое кольцо.

Схема экспериментальной установки:

1 – поршневое кольцо; 2 – опора; 3 – возмущающий электромагнит петли обратной связи – электромагнитный вибратор; 4 и 5 – левый (L) и правый (R) магнитоэлектрические датчики перемещений концов кольца, в направлении радиуса R , по оси Y ; 6 и 7 – левый (L) и правый (R) магнитоэлектрические датчики перемещений концов кольца в его плоскости, по оси Z ; 8 – многоканальный осциллограф – анализатор спектра; 9 – переключатель режимов измерения; 10 – усилитель; 11 – звуковой генератор; 12 – магнитоэлектрический датчик петли обратной связи; 13 – компьютер; 14 – шарик. M – разгибающий момент; R – радиус осевой линии кольца

Для проведения измерений был сделан стенд (рис. 2) с повышенными жёсткостью, массой, пониженной собственной резонансной частотой, увеличено количество магнитоэлектрических датчиков с 2 до 4. Стенд позволяет исследовать амплитудно-частотные характеристики поршневых колец различного диаметра.

Стенд позволяет снять амплитудно-частотные характеристика кольца и провести спектральный анализ в трёх режимах: в режиме свободных колебаний – положение переключателя 9 в положении «С»; в режиме вынужденных колебаний (частоты f_1, f_2, f_3 и т. д. задаются звуковым генератором 11 вручную), переключатель 9 - в положении «В»; в режиме свободных колебаний – переключатель 9 находится в положении «А». В этом случае колебания в кольце возбуждаются ударом стального шарика с известной массой, известной длиной подвеса и известным углом отклонения от вертикали. В этом случае рассчитывается энергия, сообщённая кольцу. Колебания свободного разрезного кольца происходят по всем трём осям X, Y, Z . Кроме того, на кольцо действуют разгибающие моменты M – рис. 1 [1, 2].

Поршневое кольцо на своей внешней поверхности может иметь различной формы канавки (см. врезку в левом верхнем углу рис. 2). В данном случае испытания

проводились на нижнем маслосъёмном кольце. Его внешняя поверхность имеет сложную форму – имеет наклонные маслосъёмные прямоугольные канавки, что существенно затрудняет теоретический расчёт частот колебаний кольца. На данном стенде определялись частоты и амплитуды колебаний обеих ветвей кольца по осям Y и Z . Разгибающие моменты M в данной работе не измерялись. Их можно вычислить по параметрам колебаний концов кольца по осям Y и Z . При наличии дефектов в структуре металла кольца (локальные зоны термического перегрева, неоднородные механические напряжения, микротрещины и т. п.) амплитудно-частотные характеристики обеих ветвей кольца значительно (на 5...7 %) отличаются друг от друга.

В данной работе основное внимание уделено автоколебательному режиму колебаний кольца (на частоте собственного механического резонанса) и вынужденным колебаниям кольца на частоте его гармоник. В этом случае сигнал с магнитоэлектрического датчика 12 поступает на вход широкополосного усилителя низкой частоты 10. Выход этого усилителя соединен с возбуждающим электромагнитом 3 (электромагнитным вибратором). Т. о. образуется петля положительной обратной связи. Кольцо возбуждается на частоте собственного механического резонанса примерно за 8-12 сек. При прекращении питания электромагнитного вибратора 3 колебания в кольце гаснут за 50...60 сек. Длительность этих отрезков времени может также служить диагностическим параметром. Подводимая мощность к электромагнитному вибратору равна 2х6 Вт. Увеличение подводимой мощности к кольцу резко увеличивает нелинейность колебаний. Свободные, затухающие колебания кольца рассмотрены в предыдущих работах авторов [3, 8]. Там же был дан соответствующий математический аппарат для определения параметров колебательного процесса.

В первом приближении поршневое кольцо можно считать кольцевой балкой прямоугольного сечения. Реальное поршневое кольцо имеет более сложную форму (рис. 2).

При расчётах принималось, что разрезное кольцо нерастяжимое, имеет равномерно распределённую массу и постоянное сечение (рис. 1).



Рис. 2. Фото экспериментального стенда. Позиционные обозначения узлов стенда соответствуют обозначениям на рис. 1

Более подробно применяемые математические методы были рассмотрены в [3, 8].

1. Радиальные колебания кольца

Получим из [3] выражение для определения частоты p_{k1} собственных радиальных колебаний кольца (по оси X_1 , Fig.1.):

$$p_{k1} = \frac{k(k^2 - 1)}{\sqrt{k^2 + 1}} \sqrt{\frac{EJ}{mR^4}}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, называемый модой; EJ – жесткость поперечного сечения при изгибе; E – модуль Юнга - Па; J – момент инерции сечения относительно центральной оси - m^4 ; m – масса-kg; R – радиус средней линии кольца - m ; x – перемещение центра тяжести кольца - m .

Значению $k=1$ соответствует нулевая частота.

2. Колебания кольца в осевом направлении – по оси Z (рис. 1)

После соответствующих преобразований [3] находим собственные относительные частоты колебаний кольца p_{k2} в осевом направлении (по оси X_3 , Fig.1.):

$$p_{k2} = \frac{k(k^2 - 1)}{\sqrt{k^2 GJ_k / EJ_1 + 1}} \sqrt{\frac{GJ_k}{mR^4}}. \quad (2)$$

где: J_1 – момент инерции сечения относительно центральной оси, лежащий в плоскости кривизны; GJ_k – крутильная жёсткость сечения кольца. G – модуль сдвига, R – радиус.

Наименьшая, отличная от нуля частота равна $k=2$.

3. Исследование колебаний кольца в автоколебательном режиме, на частоте собственного механического резонанса

В качестве примера на рис. 3 (верхняя часть рисунка) приведена осциллограмма колебаний левого «L-Y» (красная линия) и правого (синяя линия) «R-Y» концов поршневого кольца в радиальном направлении по оси Y (рис. 1) на частоте основной (первой) гармоники f_1 19,53 Гц в режиме автоколебаний.

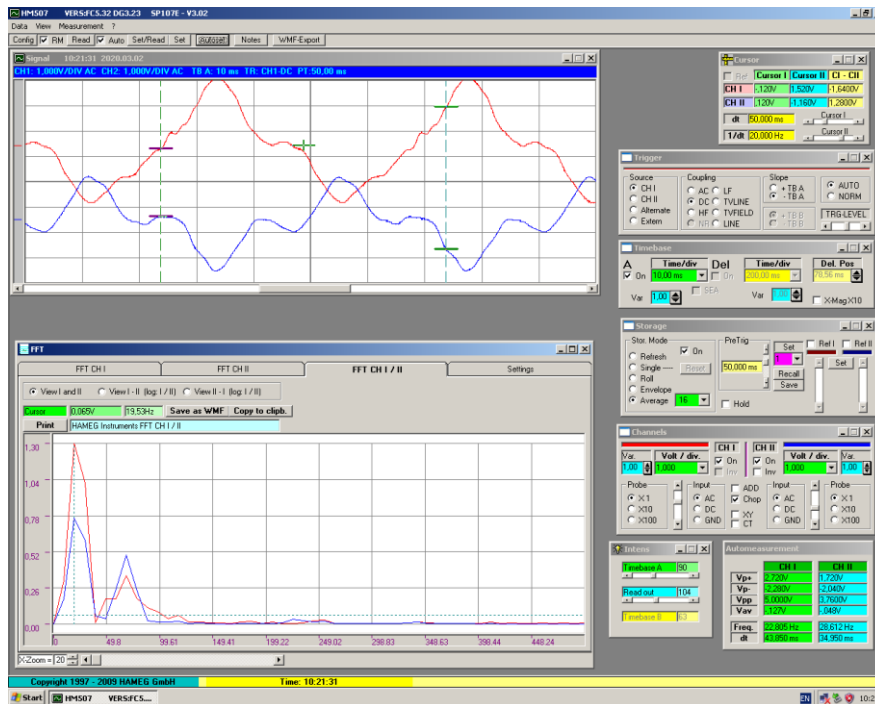


Рис. 3. Форма колебаний левого «L-Y» и правого «R-Y» концов кольца и спектрограмма этих колебаний (кадр № LY-RY_auto2_19_53_c, 02032020,102300)

Амплитудно-частотный (АЧХ) спектр этих колебаний показан на рис. 3 – нижняя часть этого рисунка. При рассмотрении этой АЧХ более подробно видно (рис. 4), что в спектре колебаний появляются высшие гармоники – № 4 (частота 78,12 Гц), № 12 (частота 234,36 Гц), № 13 (частота 253,89 Гц).

На рис. 4. показана АЧХ колебаний обоих концов (L и R) поршневого кольца в радиальном направлении (по оси Y) без дефекта в режиме автоколебаний. Гармоники

№ 1 (19 Гц), № 2 (39 Гц) и № 4 (78 Гц) имеют максимальную амплитуду. Вышние гармоники прослеживаются до частот 500 Гц.

Более подробно АЧХ колебаний поршневого кольца для других случаев – из-за ограничений по объёму статьи – представлены в презентации.

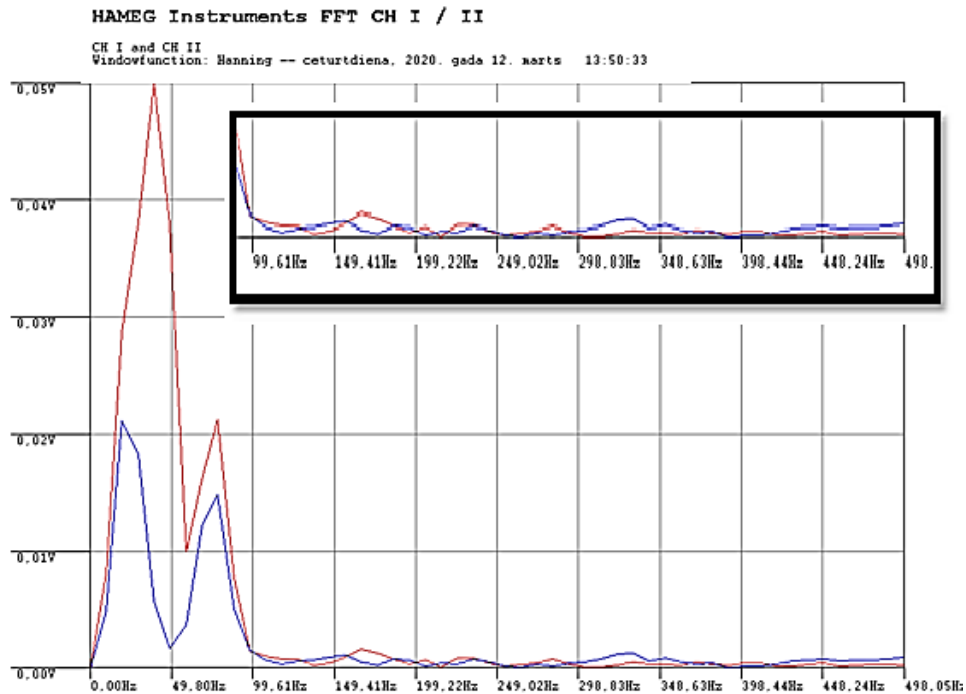


Рис. 4. АЧХ автоколебаний поршневого кольца без дефектов
(кадр № Defek_2_LY-RY_bezgr.)

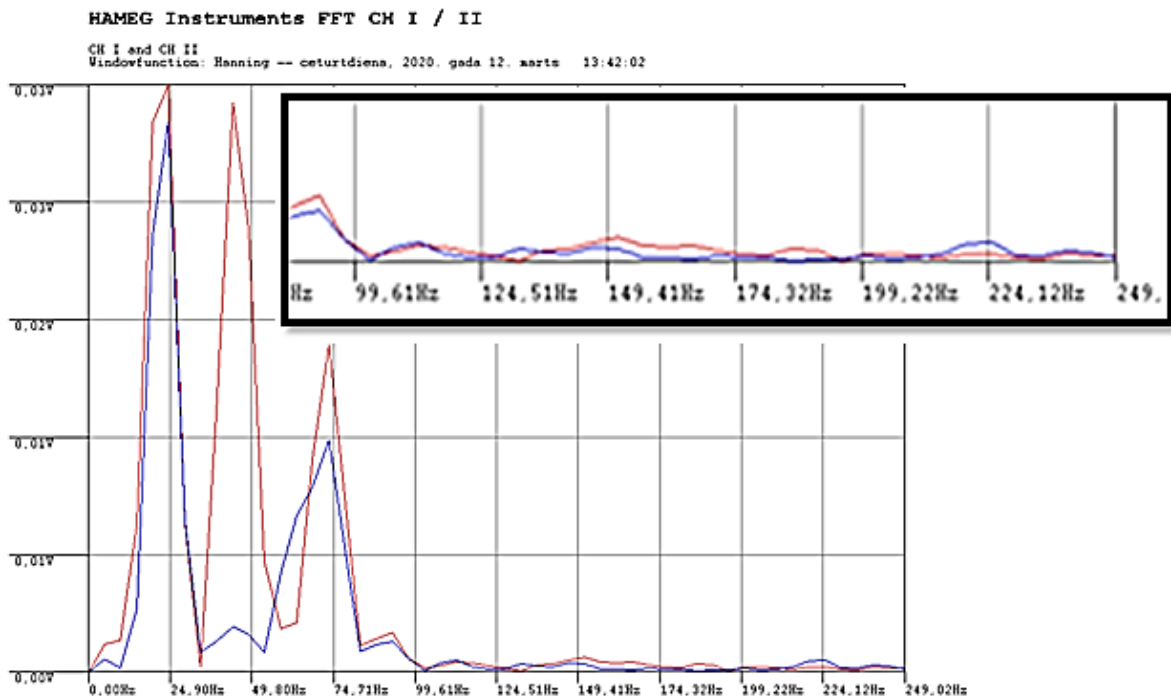


Рис. 5. АЧХ поршневого кольца с дефектом – вблизи замка
(кадр № Defek_1_LY-RY_gruz.)

На рис. 5 показана АЧХ этого же кольца с дефектом. Из сравнения АЧХ отчётливо видны различия спектров колебаний по частотам и по амплитудам. На АЧХ кольца с дефектом появляются гармоники с частотами 24 Гц, 39 Гц и 72 Гц. Красная кривая – левый конец поршневого кольца L, кривая синего цвета – R, правый конец кольца. Высшие гармоники прослеживаются до частоты 250 Гц. Частоты гармоник обеих ветвей кольца примерно совпадают.

Такие особенности сравнения АЧХ автоколебаний кольца без дефекта и с дефектом позволяют точно диагностировать кольцо с дефектом. При накоплении достаточного объёма статистического материала можно будет определить не только наличие дефекта, но его характеристики и достаточно точно определить его место нахождения.

Предлагаемый метод спектрального анализа позволяет точно оценить текущее техническое состояние поршневых колец. Сравнение АЧХ можно производить по математической модели или, что более предпочтительно, по аналогичным характеристикам нескольких эталонных колец. Применяемая измерительная аппаратура должна иметь необходимую чувствительность (начиная от единиц микровольт) и высокую линейность своих характеристик, и малый коэффициент нелинейных искажений. Увеличение амплитуды существующих гармоник или появления новых говорит о наличии или дальнейшем развитии скрытых дефектов.

Из-за сложной формы колебаний, полученных экспериментально (множества гармоник высших порядков), применение обычных цифровых частотомеров затруднительно – рис. 5.

Выводы:

1. Расхождения частот, полученных в результате математического моделирования и частот, измеренных экспериментально, расходятся примерно на 15%. При математическом моделировании принималось, что кольцо имеет однородную структуру и равномерное сечение по всей длине окружности. Механические колебания кольца на более высоких гармониках с частотой $2f$, $3f$ и более отличаются от расчётных больше.

2. Предлагаемый метод позволяет определить общее текущее техническое состояние поршневого кольца. При накоплении достаточного количества статистического материала станет возможным определять точное место зарождающего дефекта, его вид и характер. Этот метод может использоваться совместно с другими методами неразрушающего контроля.

3. Наибольшую информативность в данном методе имеют чётные гармоники высших порядков (начиная с 6-й и более).

4. Относительно малая величина нечётных гармоник объясняется тем, что ветви кольца совершают синфазно-встречные и расходящиеся противофазные колебания. Увеличение амплитуды и числа высших нечётных гармоник говорит о нарушении синфазности колебаний, что свидетельствует о появлении зарождающихся дефектов в одной из ветвей кольца.

Литература

1. Энциклопедия по машиностроению XXL Оборудование, материаловедение, механика и ... (колебания кольца). [Электронный ресурс] URL: <https://mash-xxl.info/page/065180192114246028030142113053218196102090032098/> (дата обращения: 19.12.2020).

2. Научная библиотека. Изгиб колец. [Электронный ресурс] URL: http://scask.ru/c_book_brg.php?id=197 (дата обращения: 18.12.2020).

3. Aleksandrs Gasparjans, Aleksandrs Terebkovs, Anastasija Ziravecka. Application of resonance method for examining of piston ring Technical condition // 16th International Scientific Conference, University of Agriculture Faculty of Engineering. Engineering for rural Development. Proceedings, Volume 16, ISSN 1691-5976, May 24-26, 2017, Jelgava, Latvia. 884-891 pp.

4. Бидерман И.Л. Теория механических колебаний: учебник для вузов / И.Л. Бидерман. – Изд-во: Высшая школа, 1980. – 408 стр.

5. Naeem M.N., Kanwal S. Vibration Characteristics of Ring-Stiffened Functionally Graded Circular Cylindrical Shells. ISRN Mechanical Engineering. Volume 2012 (2012), 13 pp.

6. Chidamparam P., Leissa A. W. Vibrations of Planar Curved Beams, Rings, and Arches. ASME the American Society of Mechanical Engineering. Appl. Mech. Rev 46(9), 2009, 467-483 pp.

7. Косицин А.В. Метод вибродиагностики дефектов упругих конструкций на основе анализа собственных форм колебаний / А.В. Косицин // Приборы и методы измерений. – № 2 (3). – 2011. – С. 129-135. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metod-vibrodiagnostiki-defektov-uprugih-konstruktsiy-na-osnove-analiza-sobstvennyh-form-kolebaniy> (дата обращения: 19.12.2020).

8. Gasparjans A., Terebkovs A., Ziravecka A. Application of resonance method for examining of piston ring technical condition / 16th International Scientific Conference, University of Agriculture Faculty of Engineering. Engineering for Rural Development. Proceedings, Volume 16, ISSN 1691-5976. – May 24-26, 2017, Jelgava, Latvia. – Pp. 884-891.

9. Naeem M.N., Arshad S.H., Sharma C.B. The Ritz formulation applied to the study of the vibration frequency characteristics of functionally graded circular cylindrical shells. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C. – Vol. 224. – № 1. – 2010. – 43-54 pp.

10. Gasparjans A., Terebkovs A., Ziravecka A. Application of mathematical methods for current diagnostics of the cylinder-piston group elements of diesel engines.// 19th International Scientific Conference. Engineering for Rural Development. ERDev 2020. ISSN 1691-5976. – May 20-22, 2020, Jelgava, Latvia. [Электронный ресурс] URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/Documents/Section%203-Control%20systems%20and%20CAD,%20CAE,%20BIM%20technologies.pdf> (дата обращения: 19.12.2020).

УДК 69.002.05

**Исследование влияния скорости проходки на усилие осевой подачи
при образовании грунтовых горизонтальных скважин
способом вибрационного прокола**

¹Земсков Владимир Михайлович, доктор технических наук, доцент;

²Николаев Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук, начальник кафедры
«Применения ракетного топлива и горючего»

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

²Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

В рамках статьи рассматривается влияние скорости проходки на усилие осевой подачи при вибрационном проколе горизонтальных грунтовых скважин при бестраншейной прокладке подземных линий электропередач. Сформулирован вывод,

что при вибрационном проколе скорость осевой подачи оказывает незначительное влияние на величину усилия вибрационного прокола при условии обеспечения постоянных значений вибровязкости грунта.

Проблемы городского строительства в России, значительное обветшание городских коммунальных сетей актуализируют проблему разработки и внедрения новых экономичных методов замены и прокладки подземных коммуникаций. В энергетической отрасли при решении задач электроснабжения различных объектов жилой, социальной и промышленной принадлежности актуальным является прокладка подземных линий электропередач через искусственные и естественные преграды: тротуары, дороги, сооружения, реки и т. п. Одним из перспективных способов образования горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке коммуникаций является вибрационный прокол.

К основным режимным параметрам способа вибрационного прокола относится скорость осевой подачи при внедрении вибрационного рабочего наконечника, определяющая время вибрационного воздействия на грунт, от величины которого зависит эффективность виброобработки грунта для снижения его структурной прочности [1]. Кроме того, скорость осевой подачи является главным параметром, определяющим производительность прокладки коммуникаций, и как следствие определяет экономические затраты. В рамках настоящей статьи рассматривается способ вибрационного прокола с колебаниями рабочего наконечника перпендикулярно оси образуемой скважины.

Результаты известных исследований прокола грунтовых скважин часто не устанавливают взаимосвязь скорости образования скважин с энергетическими затратами (усилием). Так, Д.И. Шор [2] предлагает определять мощность прямо пропорционально скорости проходки снаряда при статическом проколе, что не учитывает упруго-вязко-пластичные свойства грунтов. Другие же исследователи А.С. Вазетдинов, Н.Е. Ромакин, Н.Ф. Перков, И.С. Полтавцев вообще не рассматривают зависимость усилия прокола грунтовых горизонтальных скважин от скорости проходки.

Тем не менее, первые попытки связать деформацию грунтов с временными параметрами действия нагрузки предпринимались Хархутой [3]. К исследуемым параметрам относились скорость изменения напряженного состояния и продолжительность действия нагрузки.

Одним из первых исследователей, получивших эмпирическое выражение усилия внедрения q_h штампа в грунт в зависимости от скорости внедрения, является В.Ф. Бабков [4]:

$$q_h = \frac{M(h+sv)}{r} + N, \quad (1)$$

где M, N, S, r – параметры грунта, определяемые опытным путём; h – глубина внедрения штампа; v – скорость внедрения.

В работе [5] на основе экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость скорости движения пневмопробойника в зависимости от ударной мощности и физико-механических свойств грунта. Принятый в работах [5-7] энергетический подход позволил оценить влияние силы трения, ударной мощности, энергии удара на скорость движения пневмопробойника в грунте.

В ходе разведочных экспериментов [8] было определено, что для снижения усилия внедрения вибрационного рабочего наконечника в грунт требуется некоторый промежуток времени, необходимый для рассеивания потребного количества энергии в массиве грунта, которая расходуется по закону сохранения энергии на снижение структурной прочности грунта, окружающего рабочий вибрационный наконечник. Если скорость проходки будет слишком велика, то вибрационный наконечник не успеет передать необходимую энергию в окружающий грунт. Если же скорость проходки, наоборот, будет слишком низкой, то это приведет к излишней трате энергии, что является нецелесообразным.

Таким образом, проведенные исследования показывают влияние скорости внедрения рабочего наконечника на величину усилия (мощности) как при статическом, так и при вибрационном (виброударном) проколе горизонтальных грунтовых скважин.

В работе [9] было определено усилие вибрационного прокола в виде рис. 1:

$$F_{\text{л}}^{\text{виб}} = \pi r^2 \left(\sigma_p^{\text{виб}} + \eta_j \frac{v_{\text{пр}}(1-K_{\text{ск}} \cos \alpha)}{R_{\text{стр.д}}} \right) e^{\frac{1-2n_0}{(1-n_0)(k^2-n_0k^2-n_0)C_c} \frac{\tan(\alpha+\varphi)}{\sin \alpha}}, \quad (2)$$

где r – радиус образуемой скважины, м; $\sigma_p^{\text{виб}}$ – предел прочности грунта при вибрационном воздействии, Па; η_j – вибровязкость грунта при ускорении j колебаний частиц грунта, Па · с; $v_{\text{пр}}$ – скорость образования (проходки) грунтовой скважины (скорость осевой подачи/внедрения рабочего наконечника), м/с; $K_{\text{ск}}$ – коэффициент скольжения частиц грунта, (0,4-0,45); α – угол заострения конуса рабочего наконечника (половина угла конуса 2α ; $R_{\text{стр.д}}$ – радиус структурных деформаций в массиве грунта, в котором происходит снижение его структурной прочности под вибрационным воздействием, м; n_0 – первоначальная (до уплотнения) пористость грунта; $k = \frac{R_{\text{стр.д}}}{r}$ – коэффициент, определяющий размеры зоны структурных деформаций в массиве грунта; C_c – коэффициент компрессии грунта.

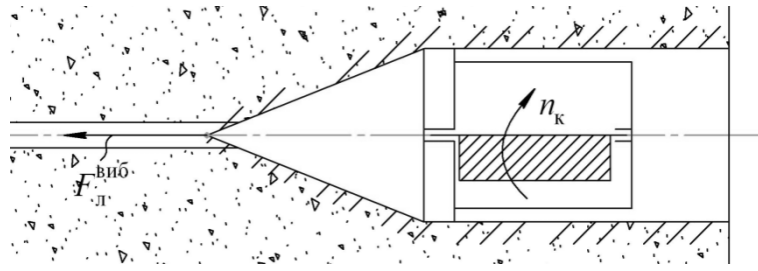


Рис. 1. Вибрационный рабочий наконечник в массиве грунта:
 n_k – частота вращения дебаланса

При оценке результатов численного анализа зависимости (2) было определено, что при вибрационном проколе скорость осевой подачи оказывает незначительное влияние на величину усилия вибрационного прокола, рис. 2. Данный вывод корректен при условии обеспечения постоянных значений вибровязкости при различных скоростях проходки, что в свою очередь определяется величиной ускорений колебаний частиц грунта, а именно конструктивными и режимными параметрами вибратора.

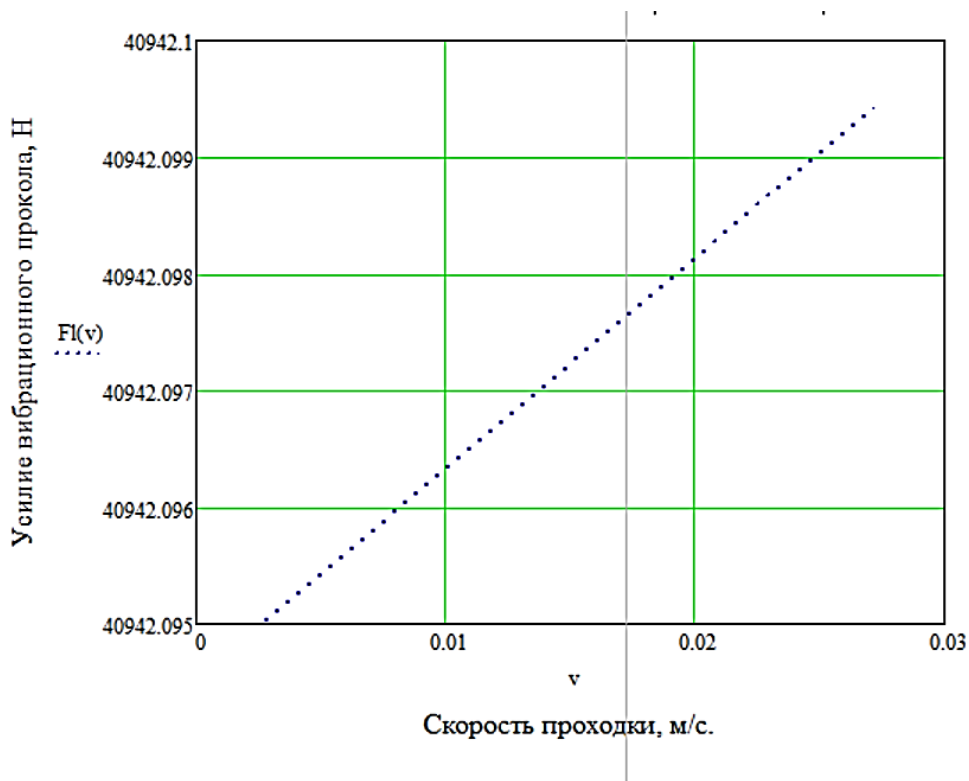


Рис. 2. Зависимость усилия вибрационного прокола от скорости образования (проходки) скважины:

$$r = 0,11 \text{ м}; \sigma_p^{\text{виб}} = 500\,000 \text{ Па}; \eta_j = 2 \text{ Па} \cdot \text{с}; v_{\text{пр}} = 0,00278-0,0278 \text{ м/с}; K_{\text{ск}} = 0,425;$$

$$\alpha = 22,5^\circ; R_{\text{стр.д.}} = 0,55 \text{ м}; n_0 = 0,5; k = 5; \varphi = 17^\circ; C_c = 0,4$$

В заключении необходимо отметить, что сделанный вывод о влиянии скорости проходки на усилие вибрационного прокола носит частный характер и не учитывает всех энергетических затрат при образовании скважин. Так при увеличении скорости

проходки для обеспечения виброобработки грунта, то есть передачи в массив грунта необходимого количества энергии для снижения прочностных характеристик грунта, потребуется увеличение мощности вибратора, включая изменение параметров вибрации.

В ходе дальнейших теоретических исследований планируется решение задачи по оценке энергетических затрат, как по усилию вибрационного прокола, так и по мощности вибратора, при изменении скорости проходки при образовании горизонтальных грунтовых скважин.

Литература

1. Баркан Д.Д. Виброметод в строительстве / Д.Д. Баркан. – М.: Госстройиздат, 1959. – 315 с.
2. Васильев С.Г. Закрытая прокладка коммуникаций / С.Г. Васильев. – Львов: Вища школа, 1974. – 132 с.
3. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов / Н.Я. Хархута. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
4. Бабков В.Ф. Сопротивление грунтов деформированию с различными скоростями / В.Ф. Бабков. – Труды МАДИ, Вып. 16, 1955.
5. Тупицын К.К. О процессе взаимодействия пневмопробойников с грунтом / К.К. Тупицын // ФТПРПИ. – 1980. – № 4.
6. Чередников Е.Н. Исследование процесса проходки скважин пневмопробойниками: дисс. ... канд.техн.наук / Е.Н. Чередников. – Новосибирск, 1970. – 187 с.
7. Петреев А.М. Проходка скважин пневмопробойниками и ударными устройствами с кольцевым инструментом / А.М. Петреев, Б.Н. Смоляницкий, Б.Б. Данилов // ФТПРПИ. – 2000. – № 6. – С. 53-58.
8. Ромакин Н.Е. Направления в развитии конструкций оборудования для бестраншейной прокладки трубопроводов способом вибропрокола / Н.Е. Ромакин, Н.В. Краснолудский, Н.В. Малкова // Совершенствование конструкций и методов расчёта строительных и дорожных машин и технологий производства работ: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2006. – С. 61-69.
9. Земсков В.М. Развитие научных основ создания вибрационных рабочих наконечников машин для прокола горизонтальных грунтовых скважин: автореф. дис.... докт. техн. наук: (05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины) / Южно-Российский гос. техн. ун-т. – Саратов, 2011. – 308 с.

**Оценка энерго-экологических показателей энергокомплекса
на базе ГТУ и ВЭУ**

Игнатов Владимир Юрьевич, аспирант кафедры

«Тепловая и атомная энергетика»;

Николаев Юрий Евгеньевич, доктор технических наук,

профессор кафедры «Тепловая и атомная энергетика»

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

Выполнена оценка энерго-экологических показателей двух схем энергокомплекса, состоящего из газотурбинной и ветроэнергетической установок. Проведен анализ следующих коэффициентов: замещение топлива, сокращение выбросов оксидов азота и углекислого газа каждой схемы энергокомплекса по сравнению с комплексом, в котором отсутствует ВЭУ. Показана зависимость коэффициентов замещения топлива и сокращения вредных выбросов в зависимости от установленной мощности ВЭУ.

Рост населения и развитие экономики каждой страны влечет за собой рост потребности в энергии. Увеличение выработки энергии является основной причиной увеличения выбросов парниковых газов, к которым относятся (водяной пар, углекислый газ, оксид азота и др.) [1]. Наиболее значимыми сегодня являются диоксид углерода (CO_2) и оксиды азота (NO_x).

Несмотря на положительную тенденцию снижения CO_2 в 2020 году, вызванную пандемией Covid-19 и сокращением мирового спроса на энергию на 3,8-6 % по сравнению с 2019 годом, одновременно с этим наблюдается уменьшение спроса на уголь 8 %, на нефть приблизительно на 5 %, спрос на природный газ снизился примерно на 2 %. Однако спрос на возобновляемые источники энергии увеличился на 1,5 %, что позволило реализовать новые проекты на базе ветровой и солнечной генерации. В результате доля возобновляемой энергетики в структуре производства электроэнергии значительно выросла в Бельгии, Италии, Германии и других странах [2].

В странах Евросоюза за выбросы парниковых газов взимается налог, стимулирующий производителей электрической и тепловой энергии к снижению эмиссии диоксида углерода и оксидов азота, а также внедрения новых технологий или

изменения существующих процессов [2]. Сегодня для снижения выбросов CO_2 известны следующие направления [2-4]: повышение эффективности использования органических топлив; сооружение источников на возобновляемых энергоресурсах; энергосбережение у потребителей.

В статье рассмотрены энерго-экологические показатели автономного энергокомплекса на базе газотурбинной (ГТУ) и ветроэнергетической (ВЭУ) установок. Комбинация ГТУ и ВЭУ в одном энергокомплексе (ЭК) позволяет обеспечивать требуемую выработку электрической и тепловой энергии независимо от выработки энергии на ветроэнергетической установке. На рис. 1, 2, изображены возможные варианты схем.

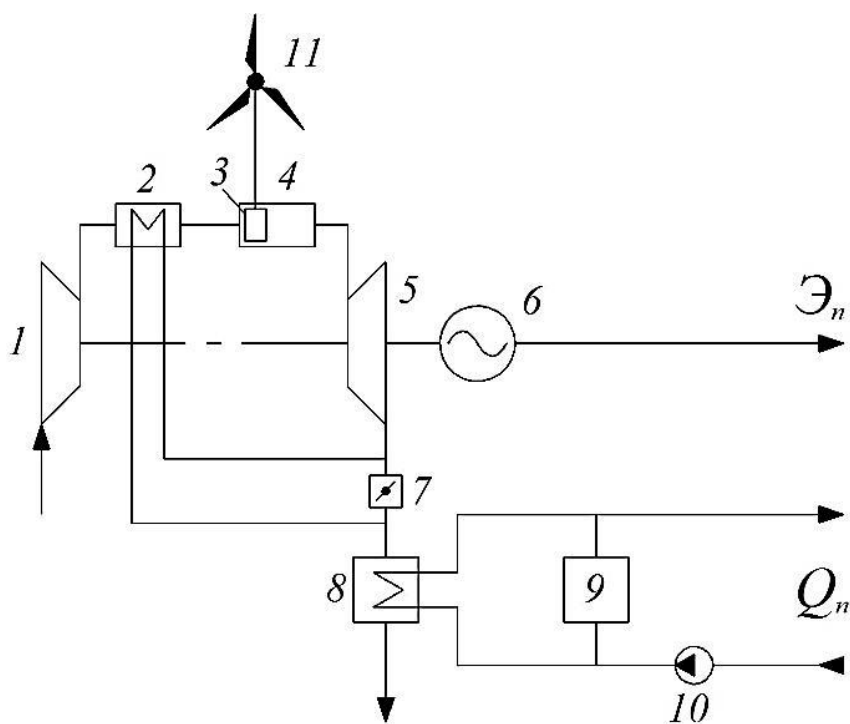


Рис. 1. Схема энергокомплекса с использованием энергии ВЭУ для нагрева воздуха перед камерой сгорания ГТУ:

- 1 – компрессор; 2 – регенератор; 3 – теплоэлектронагреватель; 4 – камера сгорания;
 5 – газовая турбина; 6 – электрогенератор ГТУ; 7 – шибер; 8 – котел-утилизатор;
 9 – пиковый котел; 10 – сетевой насос;
 11 – генератор ветроэнергетической установки

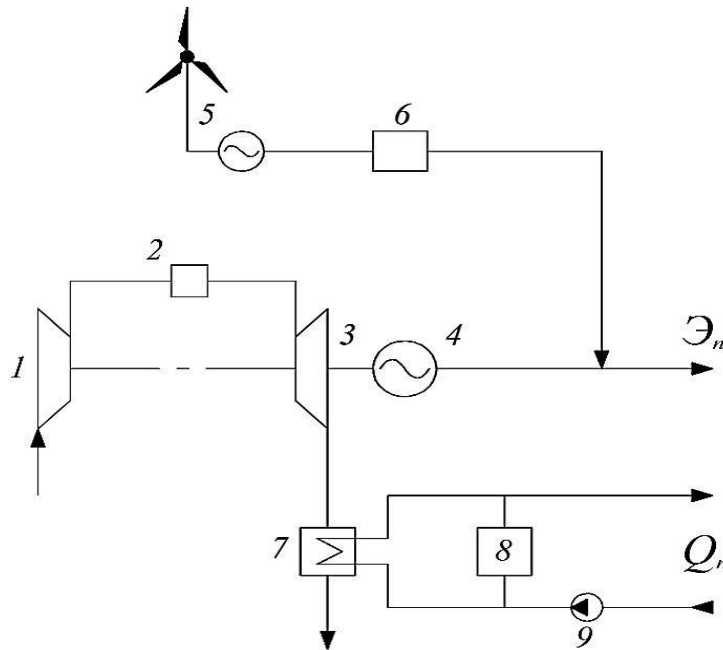


Рис. 2. Схема энергокомплекса с ГТУ без регенерации и использованием энергии ВЭУ для отпуска электроэнергии потребителям:
 1 – компрессор; 2 – камера сгорания; 3 – газовая турбин; 4 – электрогенератор ГТУ;
 5 – ветроэнергетическая установка; 6 – преобразователь тока;
 7 – котел-утилизатор; 8 – пиковый котел; 9 – сетевой насос

Под энерго-экологическими показателями понимаются следующие относительные коэффициенты: замещения топлива, сокращения выбросов оксидов азота и углекислого газа.

Коэффициент замещения топлива представляет отношение экономии топлива от ВЭУ к расходу топлива на ЭК без ветрогенератора:

$$\beta_{\text{топл}} = \frac{B_{\text{ГТУ}}^r + B_{\text{ПК}}^r - B_{\text{ЭК}}^r}{B_{\text{ГТУ}}^r + B_{\text{ПК}}^r} \quad (1)$$

где $B_{\text{ГТУ}}^r, B_{\text{ПК}}^r$ – расходы топлива в годовом исчислении на газотурбинной установке и пиковом котле (ПК) без ВЭУ, кг у. т. /год; $B_{\text{ЭК}}^r$ – годовой расход топлива энергокомплекса при установке ВЭУ, кг у. т. /год.

Коэффициенты сокращения выбросов оксидов азота и углекислого газа:

$$\beta_{\text{NO}_x} = \frac{\Delta M_{\text{NO}_x}}{M_{\text{ГТУ+ПК}}^{\text{NO}_x}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$\beta_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{ГТУ+ПК}}^{\text{CO}_2}} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $\Delta M_{\text{NO}_x}, \Delta M_{\text{CO}_2}$ – сокращение массового выброса NO_x и CO_2 в схемах без ВЭУ и с ветроэнергетической установкой, кг/год.

Для оценки приведенных энерго-экологических показателей рассмотрено сооружение энергокомплекса в Среднем Поволжье. Электрическая нагрузка потребителя принята равной 8200 кВт, максимальная тепловая нагрузка потребителя 32800 кВт. Энергокомплекс состоит из трех ГТУ (одна резервная) и двух ВЭУ. Дефицит тепловой энергии покрывается пиковым котлом. Установленная мощность одной ГТУ равна 4130 кВт, а мощность ВЭУ в численном эксперименте изменялась в пределах 500-1500 кВт.

По известным характеристикам ВЭУ, скоростям ветра в регионе расположения ЭК и продолжительности скорости ветра определена выработка электроэнергии в каждом месяце. По суточному электрическому и тепловому графику была определена потребность в электрической и тепловой энергии. С использованием методических положений [5, 6] были рассчитаны годовые количественные показатели схем энергокомплекса, показанных на рис. 1, 2. Результаты расчетов годовых количественных показателей представлены в табл. 1. Из данных табл. 1 следует, что в схеме № 1 (рис. 1), где выработанная энергия ветра используется для подогрева воздуха перед камерой сгорания ГТУ, внесенная дополнительная теплота приводит к снижению расхода топлива на ГТУ, при этом чем выше мощность, вырабатываемая на ВЭУ, тем выше экономия топлива.

В схеме № 2 (рис. 2) параллельная работа ВЭУ и ГТУ на одну сеть не приводит к экономии топлива в результате того, что отпуск электроэнергии, выработанной на ВЭУ, приводит к снижению мощности и выработки энергии на ГТУ, при этом наблюдается резкое уменьшение КПД. Тепловая мощность котла-утилизатора в результате снижения электрической нагрузки также уменьшается, вызывая увеличение тепловой мощности пикового котла и расхода топлива.

Таблица 1

Годовые количественные показатели

Электрическая мощность ВЭУ, кВт	$\mathcal{E}_{ГТУ}^Г$, кВт·ч/год	$\mathcal{E}_{ВЭУ}^Г$, кВт·ч/год	$Q_{КУ}^Г$, ГДж/год	$Q_{пк}^Г$, ГДж/год	$B_{ГТУ}^Г$, кг у.т./год	$B_{пк}^Г$, кг у.т./год
Схема № 1						
500	44335576,32	-	206683,65	94235,84	28568738,94	3495913,507
1000	44335576,32	-	206683,65	94235,84	28484155,09	3495913,507
1500	44335576,32	-	206683,65	94235,84	28404554,84	3495913,507
Схема № 2						
500	44242389,1	93187,22	241937,84	58981,65	35003285,48	2188071,54
1000	44051522,34	284053,98	240647,1	60272,49	35005281,07	2235958,48
1500	43873327,11	462249,21	239441,86	61477,64	35007374,99	2280666,24

Расчеты коэффициентов замещения топлива и сокращения выбросов парниковых газов приведены в табл. 2. Коэффициенты были рассчитаны по годовым расходам топлива ГТУ и ПК, представленными в табл. 1 и расходам топлива, полученными при расчете схемы без ВЭУ. Удельные концентрации окислов азота приняты на уровне $C_{NO_x}^{ГТУ} = 55 \text{ мг/м}^3 (\text{нс})$, $C_{NO_x}^{ПК} = 130 \text{ мг/м}^3 (\text{нс})$.

Таблица 2

Коэффициенты замещения

Электрическая мощность ВЭУ, кВт	$\beta_{топл}$, %	β_{NO_x} , %	β_{CO_2} , %
Схема № 1			
500	0,1277	12,59	10,72
1000	0,3911	12,85	10,98
1500	0,6391	13,09	11,23
Схема № 2			
500	-0,0385	-0,0453	-0,0385
1000	-0,1727	-0,2037	-0,1727
1500	-0,2986	-0,3522	-0,2986

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2 еще раз, подтверждают выводы, сделанные по результатам анализа табл. 1. Коэффициент замещения топлива схемы № 1 выше аналогичного коэффициента схемы № 2, вследствие этого процент сокращения вредных выбросов также высокий. Изменение коэффициента замещения топлива имеет линейный характер и показано на рис. 3.

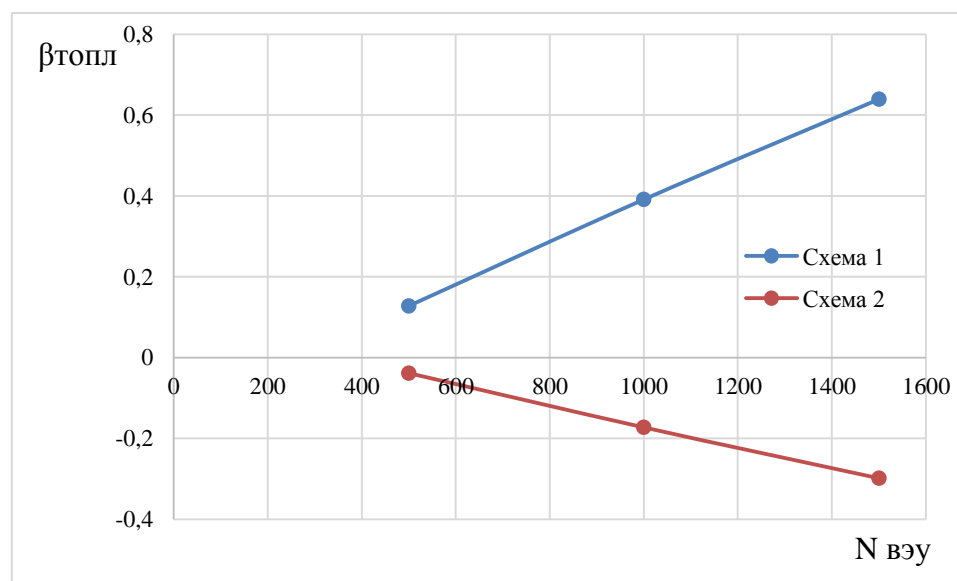


Рис. 3. Зависимость коэффициента замещения топлива от установленной мощности ВЭУ в схемах № 1 и № 2

Выводы.

1. Рассмотрены энерго-экологические показатели двух схем энергокомплекса на базе ГТУ и ВЭУ.

2. Анализ полученных результатов расчета коэффициентов замещения топлива, сокращения выбросов оксидов азота и углекислого газа показывает, что наилучшими показателями обладает схема № 1. В зависимости от доли установленной мощности ВЭУ относительная экономия топлива составляет 0,1277-0,6391 %, сокращение оксидов азота на 12,6-13 %, сокращения диоксида углерода на 10,7-11,2 %.

3. Вариант схемы 2 энергокомплекса в результате вытеснения ВЭУ нагрузки ГТУ приводит к снижению электрического КПД установки, увеличению нагрузки пиковым котлом и росту суммарного расхода топлива.

Литература

1. IEA 2020 Global energy and CO2 emissions in 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020> (дата обращения: 18.12.2020).

2. Гордин К.А. К проблеме снижения выбросов CO₂ в атмосферу / К.А. Гордин, Ю.А. Зейгарник // Вестник ОИВТ РАН. – 2019. – № 3. – С. 53-59.

3. Askarzadeh A. A novel framework for optimization of a grid independent hybrid renewable energy system: A case study of Iran / A. Askarzadeh, L. Coelho // Solar energy. – 2015. – Vol. 112. – Pp. 383-396.

4. Makhdoomi S. Optimizing operation of a photovoltaic/diesel generator hybrid energy system with pumped hydro storage by a modified crow search algorithm / S. Makhdoomi, A. Askarzadeh // Journal of Energy Storage. – 2020. – Vol. 27. – Pp. 1-13.

5. Николаев Ю.Е. Моделирование режимов ГТУ при совместной работе с ветроэнергетической установкой / Ю.Е. Николаев, В.Ю. Игнатов // Промышленная энергетика. – 2019. – № 7. – С. 48-53.

6. V.Yu. Ignatov, Justification of the capacity of wind-driven power-plants as part of an autonomous energy complex / V.Yu. Ignatov, I.A. Vdovenko and Yu.E. Nikolaev // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1652. – 6 p.

Современные микроконтроллеры в системах управления

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Грицюк Светлана Николаевна, 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 современные микроконтроллеры, обосновано их применение в системах управления и технических устройствах. Представлена обобщенная структура системы управления на базе микроконтроллера и приведен пример микроконтроллерной системы – система контроля и визуализации параметров датчиков управляемых величин.

Одним из направлений повышения эффективности современного производства является модернизация имеющегося оборудования. В некоторых случаях это достигается интеллектуализацией систем управления посредством применения микроконтроллеров.

Современные микроконтроллеры обладают довольно высокой вычислительной мощностью, которая позволяет на кристалле микросхемы реализовать устройство с низким электропотреблением. Микроконтроллеры встраивают в схемы различных устройств и систем: от промышленной автоматики до бытовых приборов, от систем управления ядерными объектами до детских игрушек [1].

При сравнении устройств и систем на жесткой логике и на базе микроконтроллеров, можно сделать вывод, что второй вариант будет проще в реализации – вместо синтеза цифровой схемы достаточно разработать программное обеспечение для конкретного устройства или системы. Функциональное назначение устройства можно менять, изменяя только его программную часть [2].

Системы управления на базе микроконтроллеров обладают рядом преимуществ: расширяется диапазон частот обрабатываемых сигналов, повышается эффективность и надежность аппаратуры, снижается объем и масса системы в целом. Кроме этого, возможна реконфигурация алгоритмов управления и управляющей аппаратуры при отказах, существует возможность адаптивного и интеллектуального управления.

Микроконтроллер (МК) представляет собой систему обработки информации, реализованную в виде большой интегральной микросхемы (БИС). По

производительности процессора, объему внутренней памяти команд и данных, набору необходимых периферийных устройств МК разделяются на три группы: 8-, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры [2].

8-разрядные микроконтроллеры – наиболее многочисленный класс, имеют низкую производительность, а поэтому и невысокую стоимость. Данный тип МК содержит внутреннюю память программ (ROM, flash) объемом от нескольких единиц до десятков килобайт. Основные области применения – бытовая и измерительная техника, промышленная автоматика, автомобильная электроника, теле-, видео- и аудиоаппаратура, средства связи.

В современных системах управления наиболее широко применяются следующие семейства 8-разрядных микроконтроллеров:

- с процессорным ядром MCS-51 (производители Intel, Atmel, NXP Semiconductors, Windows, Texas Instruments, Silicon Labs и ряд других);
- с процессорным ядром CPU08 (производитель Freescale Semiconductor);
- с процессорным ядром PIC (производитель Microchip Technology).

16-разрядные микроконтроллеры отличаются быстрой обработкой данных, расширенной системой команд и методов адресации, увеличенным набором регистров, большим объемом памяти и др. Применяются в сложной промышленной автоматике, телекоммуникационной аппаратуре, медицинской и измерительной технике. Микроконтроллеры этой разрядности выпускаются рядом производителей: Freescale Semiconductor (семейство HCS12), Infineon (семейство MCS-96/196), Texas Instruments (семейство MSP430), а также японскими компаниями Renesas Technology, Fujitsu, Hitachi [2].

32-разрядные микроконтроллеры содержат в своей структуре высокопроизводительные процессоры и отличаются достаточно большим объемом внутренней памяти для хранения данных и команд, большим набором периферийных устройств. В системах управления сложными объектами чаще всего используются 32-разрядные CISC-микроконтроллеры семейства ColdFire, RISC-микроконтроллеры семейства MPX5xx компании Freescale Semiconductor, использующие процессорное ядро PowerPC, и 32-разрядные микроконтроллеры с ARM- процессором, выпускаемые рядом производителей [2].

Обобщенная структура системы управления на базе микроконтроллера представлена на рис. 1. В состав системы входит модуль микроконтроллера и аппаратура его сопряжения с объектом управления. Микроконтроллер производит периодический опрос сигналов состояния объекта и, в соответствии с заложенным

алгоритмом, генерирует последовательности сигналов управления. Сигналы состояния характеризуют текущие параметры объекта управления и формируются путём преобразования выходных сигналов датчиков с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП) или формирователей сигналов состояния. Формирователи сигналов состояния чаще всего выполняют функции гальванической развязки и формирования уровней [1].

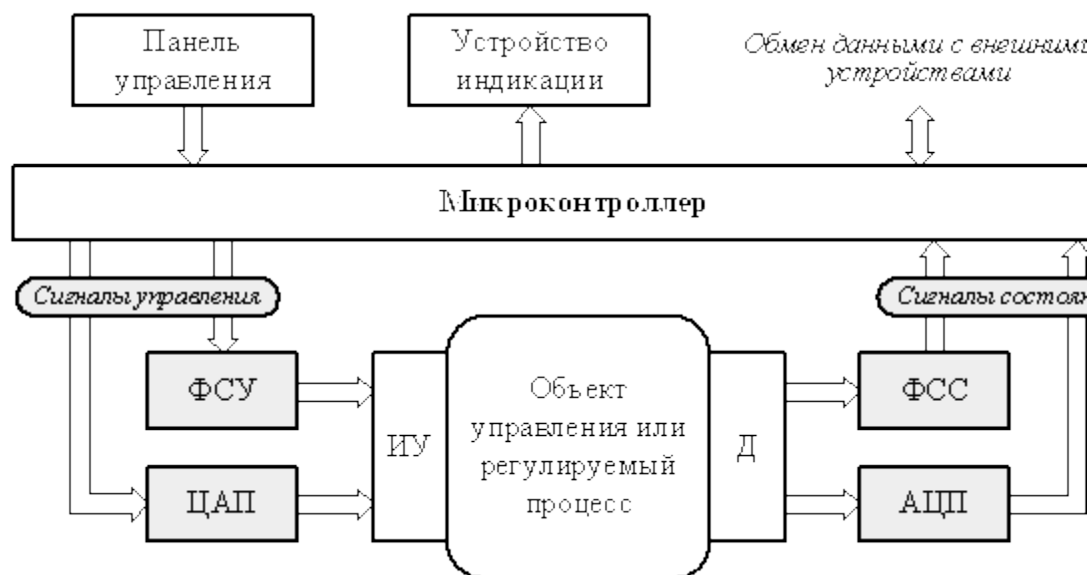


Рис. 1. Обобщенная структура системы управления на базе микроконтроллера: ФСУ – формирователи сигналов управления; ИУ – исполнительные устройства; Д – датчики; ФСС – формирователи сигналов состояния

Сигналы управления с выходов микроконтроллера преобразовываются с помощью цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) или формирователей сигналов управления, в качестве которых применяются усилители мощности, транзисторные и тиристорные ключи и др.

Выходные сигналы ЦАП и ФСУ – это аналоговые и дискретные управляющие воздействия, поступающие на исполнительные устройства. В системе могут быть предусмотрены панель управления, устройство индикации и интерфейс для обмена информацией с внешними устройствами. В зависимости от функционального назначения и характеристик конкретной системы управления некоторые из указанных модулей могут отсутствовать [1].

Для аппаратурной реализации временных задержек, формирования сигналов требуемой длительности в состав системы управления включают программируемые интервальные таймеры в том случае, если их нет в составе микроконтроллера или их число недостаточно.

Функционирование системы управления на базе микроконтроллера определяется программой, размещаемой в резидентной памяти программ

микроконтроллера. Специализация системы типовой структуры на решение задачи управления конкретным объектом осуществляется путем разработки прикладных программ микроконтроллера и аппаратуры связи микроконтроллера с датчиками и исполнительными механизмами объекта.

Примером микроконтроллерной системы управления может служить система контроля и визуализации параметров датчиков управляемых величин. На рис. 2 представлена структурная схема системы [4].

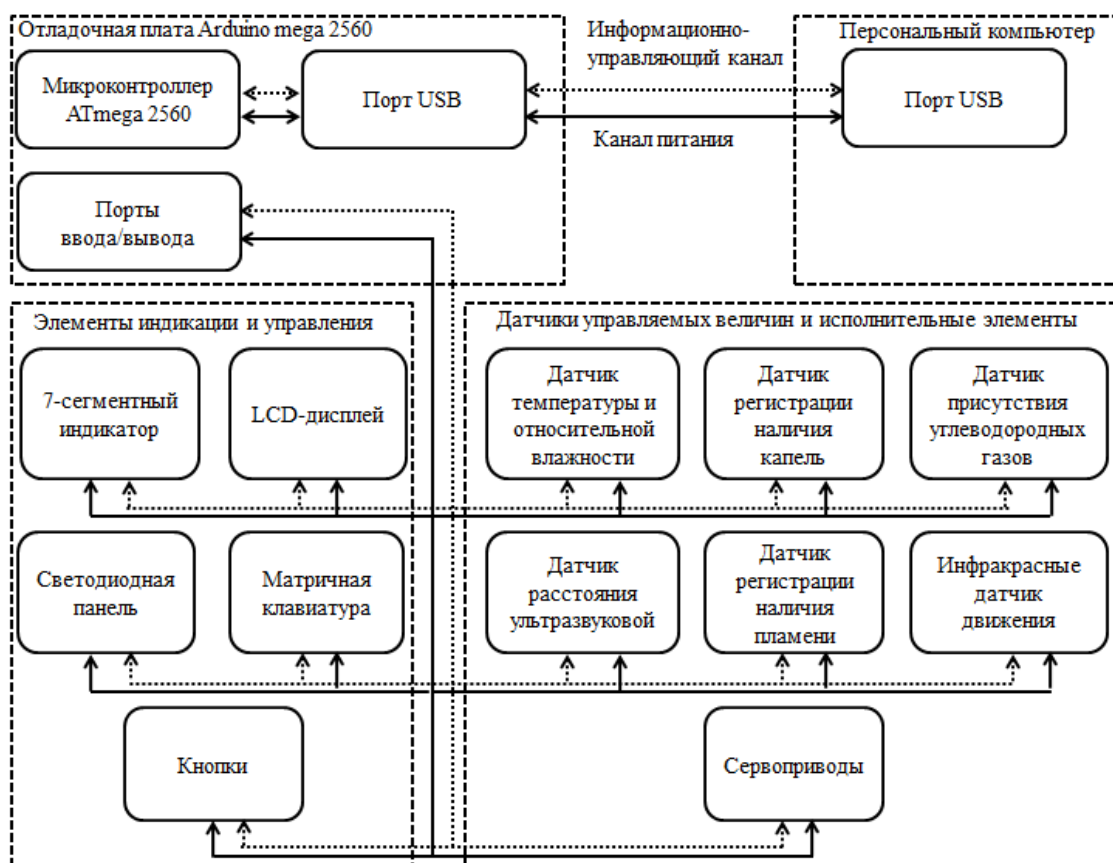


Рис. 2. Структурная схема системы контроля и визуализации параметров датчиков управляемых величин

Система контроля и визуализации параметров датчиков управляемых величин представляет собой учебный стенд для изучения принципов программирования микроконтроллеров. В качестве управляющего модуля в системе используется платформа Arduino mega, имеющая в своей структуре 8-разрядный микроконтроллер ATmega2560. Система содержит устройства ввода: датчики управляемых величин, сервопривод, кнопки, переключатели. Для вывода информации используются LCD дисплей, светодиодный индикатор, светодиодные матрицы, интерфейс вывода информации на персональный компьютер. Учебный стенд предоставляет возможность изменения как аппаратной, так и программной структуры. Изменение аппаратной структуры стенда подразумевает подключение дополнительных периферийных

элементов и устройств. Используемый в системе микроконтроллер ATmega2560 является 8-разрядным с размером оперативной памяти 8 Кбайт. 256 КБайт памяти программ позволяет создавать объемные алгоритмы управления. Микроконтроллер обладает требуемым быстродействием, необходимыми периферийными элементами, а также возможностью подключения датчиков. В структуре микроконтроллера содержатся цифро-аналоговый и аналого-цифровой преобразователи, достаточное количество выводов для подключения периферийных устройств [3, 4].

В системах управления объектами (контроллерах) на основе микроконтроллеров аппаратные средства и программное обеспечение существуют в форме единого программного комплекса. При проектировании контроллеров решают одну из самых сложных задач разработки – задачу оптимального распределения функций контроллера между аппаратными средствами и программным обеспечением [2].

Микроконтроллеры находят широкое применение в промышленной автоматике, контрольно-измерительной технике, аппаратуре связи, бытовой технике и многих других областях человеческой деятельности. Они позволяют с минимальными затратами реализовать широкую номенклатуру систем управления различными объектами и процессами, например, микроконтроллерные системы управления электроприводами, системы управления шаговыми двигателями и др. Несмотря на то, что использование микроконтроллеров в системах и устройствах не является оптимальным во всех случаях, их применение при разработке конкурентоспособных, современных систем управления и автоматизации весьма перспективно.

Литература

1. Шагурин И.И. Микроконтроллеры и их применение в электронной аппаратуре: учеб. пособие / И.И. Шагурин, М.О. Мокрецов. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2013. – 160 с.
2. Васильев А.Е. Встраиваемые системы автоматике и вычислительной техники. Микроконтроллеры / А.Е. Васильев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 590 с.
3. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR / А.В. Белов. – М.: Наука и техника, 2013. – 528 с.
4. Грицюк С.Н., Буянов Д.А. Система контроля и визуализации на основе 8-разрядных микроконтроллеров / 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. 70-74.

**Задачи, проблемы и перспективы распространения на мировом уровне
атомных станций малых мощностей**

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,
заместитель заведующего кафедрой «Атомная энергетика»

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

В данной статье проведен анализ проблем использования реакторов для маломощных атомных станций. Проанализированы проблемы обеспечения радиационной и радиологической безопасности плавучей атомной теплоэлектростанции.

В 2006 году в Санкт-Петербурге воплотился в реальность проект по созданию атомной станции малой мощности (АСММ). Целесообразность использования АСММ обуславливается комплексом объективных факторов, подключающих природно-климатическую, экономическую, общественную эффективность, охрану окружающей среды, подготовку кадров, вероятность изготовления основного специального оснащения малой атомной энергетике, государственную политику разработки, проектирования и создания эффективного использования атомных станций малой мощности и их утилизации, общественным отношением в стране и мире к малым атомным источникам и формированием рынка российского и зарубежного спроса и инвестирования [3]. В России АСММ нашли применение при решении проблем энергообеспечения северных и дальневосточных регионов страны.

В настоящее время в нашей стране осуществляется эксплуатация плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов» на базе реактора КЛТ-40С. Данный тип реактора является прототипом ледокольного реактора КЛТ-40, имеющего безаварийную наработку более 160 реакторо-лет. Все основное оборудование реакторной установки КЛТ-40С было унифицировано с установками ОК-900 и ОК-900А, которые характерны длительной безаварийной работой и высокой надежностью. Применение таких реакторов в условиях крайнего севера обосновано облегченным изготовлением реактора, его монтажа и эксплуатации на судах [8].

Несмотря на то, что уже несколько десятилетий надежно и безопасно эксплуатируются рассматриваемые типы реакторов, проблема обеспечения радиационной и радиоэкологической безопасности плавучей атомной теплоэлектростанции не остаётся без внимания.

С точки зрения аварий на плавучей атомной теплоэлектростанции можно смело утверждать, что на рассматриваемой установке КЛТ-40С не произойдет атомного взрыва, поскольку, прежде чем выделится достаточное количество энергии для взрыва, реактор сам приведет себя в подкритичное состояние, вследствие вытеснения воды-замедлителя из активной зоны, расплавления тепло выделяющих элементов [6].

Для обеспечения безопасности в ходе эксплуатации АС при возникновении аварий предусмотрены предупредительная и аварийная защиты реактора с соответствующей сигнализацией. Выбор параметров, величин показателей срабатывания сигнализации и защиты производится с учетом своевременного обнаружения начала аварийного процесса, предотвращения его развития, обеспечения не превышения параметрами реакторной остановки допустимых величин, а также ограничения выхода радиоактивных веществ при авариях, связанных с разгерметизацией первого контура. В табл. 1 приведены допустимые значения показателей предупредительной и аварийной защиты реактора [7].

Таблица 1

Тип применяемой защиты в зависимости от количественных показателей основных параметров

	Принудительная защита	Активная защита
Уменьшение периода удвоения нейтронной мощности	20 с	15 с
Увеличение уровня нейтронной мощности	110 % $N_{ном}$	120 % $N_{ном}$
Повышение давления в первом контуре, кгс/см ²	145	160
Снижение давления в первом контуре, кгс/см ²	120	115
Увеличение температуры теплоносителя в реакторе, °С	325	-
Снижение расхода воды второго контура	-	7 % от номинального расхода
Снижение расхода теплоносителя первого контура	Остановка трех или четырех насосов	

Между топливной композицией активной зоны и окружающей средой на пути возможного распространения радиоактивных веществ предусмотрен последовательный

ряд контролируемых независимых физических и локализирующих барьеров, к которым предъявляются жесткие требования по степени их герметичности.

При оценке радиационной безопасности стоит уделить внимание ядерному топливу. Эксплуатация атомной установки между ремонтными работами составляет 12 лет, а время кампании топлива- 2,5-3 года. Следовательно, объемы топливных композиций, рассчитанных на 2-3 загрузки, в течение 12 лет хранятся на территории АСММ.

Хранящееся ядерное топливо, до загрузки в реактор, не представляет радиационной опасности. Излучение альфа-частиц изотопов урана ^{233}U и ^{235}U , а также слабые бета- и гамма-излучение трех короткоживущих дочерних нуклидов, содержащихся в топливных таблетках, практически полностью поглощается в них самих и в оболочке тепло выделяющего элемента, что исключает внешнее воздействие излучения.

Особое внимание на плавучей атомной теплоэлектростанции стоит уделить топливным композициям после выгрузки из реакторной установки. Отработанное топливо хранится в специально отведенных местах АСММ (рис. 1). Удельная активность топлива, которое только что выгружено из реактора, достигает примерно 10^5 - 10^6 Ки/кг. Через год после выгрузки активность хоть и снизится приблизительно до 10^3 - 10^4 Ки/кг, но по-прежнему останется очень высокой. Мощность дозы гамма-излучения от такой отработавшей ТВС на расстоянии 1 м составляет не менее 1000-1500 Р/ч [1].

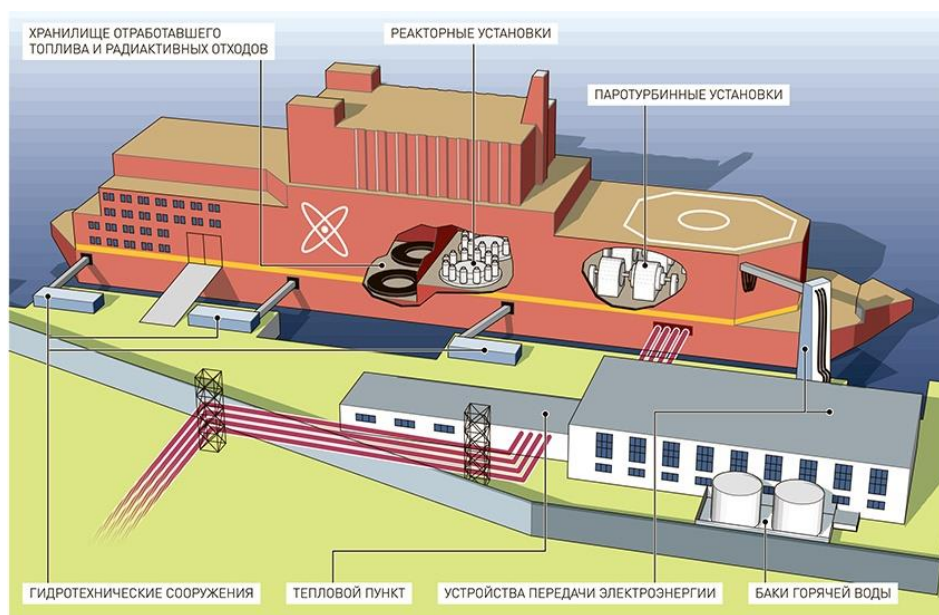


Рис. 1. Конструкционное устройство ПАТЭС «Академик Ломоносов»

Доза облучения для персонала ПАТЭС является минимальной по сравнению с АЭС. Самым показательным критерием является то, что доступ в места с повышенной радиацией ограничен. Выполнение технических работ в активных зонах реакторной установки будет происходить при перегрузке активных зон, демонтаже и ремонте оборудования в определенные сроки. Средняя годовая индивидуальная доза облучения персонала атомных станций составляет 1,5-2 мЗв/год на одну установку [4]. Ядерные установки расположены в отдельном реакторном отсеке, который занимает поперечное сечение корабля. Предполагается, что для установки КЛТ-40С поступление в окружающую среду жидких отходов исключено. Поэтому загрязнение будет происходить только за счет вентиляционных газообразных выбросов – азот и гелий из компенсаторов объема первого контура и газ баллонов вакуумирования аппаратной выгородки ядерной энергетической установки. Для предотвращения выхода радиоактивных отходов веществ за ограниченные пределы, действует система многобарьерной защиты [9].

Учитывая, что КЛТ-40С имеет более эффективную защиту, ожидаемая доза излучений будет ниже и составит 0,5-0,8 мЗв/год [7]. Это в 5-8 раз ниже, чем средняя годовая эффективная доза излучения, которую получает человек от различных источников излучений. В табл. 2 приведены нормы радиационной безопасности, которые он может получить в течение года от тех или иных источников [2].

Таблица 2

Нормы радиационной безопасности

Факторы	Средняя индивидуальная доза за год, мЗв
Природный фон	2,9
Медицинское облучение	1,0
Техногенные факторы (последствия испытаний ядерного оружия, аварий)	≤0,1
Итого:	4,0

Анализируя литературные источники, можно сделать вывод, что обеспечение экологической и радиационной безопасности при выводе из эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции и утилизация плавучего энергоблока (ПЭБ) должно быть заложено на начальном этапе жизненного цикла АСММ. Однако на данном этапе жизни плавучей станции таких решений еще не было принято. И как следствие, не ясно как будет утилизироваться отработавшее ядерное топливо, радиоактивные и химические токсичные отходы.

Изначально подразумевалось, что АСММ будут менять свою дислокацию по водному пути всего земного шара. Но на самом деле плавучая атомная теплоэлектростанция имеет нулевую управляемость из-за отсутствия собственных рулевых устройств. Буксировка судна, также является затруднительной, так как оно плоскодонное, вследствие этого возникают большие трудности в штормовых и ледовых условиях. Также проблему усугубляет тот факт, что заход атомных судов в порты и на территориальные воды требует специального разрешения, получение которого происходит продолжительное время. При буксировке плавучей станции на борту находятся ядерные материалы, поэтому она требует круглосуточного мониторинга ее надводной и подводной частей.

Затраты на строительство ПАТЭС примерно в 5 раз превышают сумму, которая требуется для строительства АЭС. При этом корпорация Росатом полагала, что только большая серия (не менее 7 плавучих энергоблоков) позволит организовать экономическую перспективу для данного проекта. Но кто же станет потенциальными покупателями и инвесторами этих недешевых источников энергии до сих пор не ясно [6].

Проект ПАТЭС с КЛТ-4С имеет большой ряд недочетов, но, тем не менее, соответствует современным национальным нормам и правилам, а также общемировым (МАГАТЭ) тенденциям, рекомендациям и требованиям к атомным станциям нового поколения и позволяет размещать ее вблизи населенного пункта. На данный момент нельзя дать точного ответа на вопрос «Является ли ПАТЭС эффективной разработкой?». В плане производства энергии для удаленных и малонаселенных городов такая установка является очень хорошим вариантом. Но есть обратная сторона, которая имеет большое количество минусов, а самое главное ПАТЭС не безопасна для окружающего мира по сравнению с АЭС.

Литература

1. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов / В.И. Владимиров. – М.: Либроком, 2008. – С. 76-90.
2. Довгуша В.В. Экологическая безопасность. Радионуклиды в пространстве северо-западного региона России: системный взгляд на проблему / В.В. Довгуша, М.Н. Тихонов. – НИИ промышленной и морской медицины Минздрава РФ, 2017. – С. 25-26.

3. Ларионов В.П. О перспективах использования атомных станций малой мощности в условиях Крайнего севера // Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы 2 республиканской научно-практической конференции. – Якутск: ЯФГУ. – Изд-во: СО РАН, 2004. – С. 16-24.

4. Опыт создания и эксплуатации реакторных установок гражданских судов / В.И. Макаров [и др.] // Атомная энергия. – 2000. – Т. 89. – С. 179-189.

5. Анализ связи механизмов радиационного охрупчивания и влияния флакса нейтронов применительно к материалам корпусов реакторов ВВЭР / Б.З. Марголин // Проблемы прочности. – 2013. – № 4. – С. 27-50.

6. А. Никитин Плавающие атомные станции. Доклад объединения Bellona / А. Никитин Л. Андреев. – 2011. – 48 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.biblioatom.ru/evolution/istoriya-osnovnyh-sistem/istoriya-reactorov/klt-40/> (дата обращения: 25.11.2020).

7. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): гигиенические нормативы. Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения: 01.12.2020).

8. Ожидаемые радиационные и радиозэкологические последствия эксплуатации плавучих атомных электростанций / А.А. Саркисов [и др.] // Атомная энергия. – 2008. – Т. 104. – Вып. 3. – С. 179-187.

9. Хизбуллин А.М. Результаты верификации программного средства «Купол-МТ» на базе экспериментальных исследований пассивной системы снижения аварийного давления в защитной оболочке реакторной установки КЛТ-40С» / А.М. Хизбуллин, О.В. Тюриков, А.Н. Соколов. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/kms2011/documents/kms2011-024.pdf> (дата обращения: 23.11.2020).

Обзор виброакустического метода определения технического состояния зубчатых передач с применением диагностического комплекса и программного обеспечения в среде LabVIEW

Комаров Константин Михайлович, старший инженер отдела обеспечения (учебного процесса учебных автомобилей и организации перевозок) базы (обеспечения учебного процесса)

Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

Своевременное выявление наличия дефектов и повреждений в механизмах трансмиссии ВАТ является немаловажной задачей. Их оценка на основании виброакустических характеристик представляется предпочтительной, т. к. относится к неразрушающим методам и позволяет сократить затраты времени и труда на ее реализацию. За основу предлагаемой методики взята зависимость: изменения, проявляющиеся в результате работы подвижных сопрягающихся узлов и механизмов ВАТ, приводят к изменению их виброакустической характеристики. Установив связь между изменениями технических параметров и виброакустическими характеристиками механизмов, можно осуществлять их диагностику, предупредить отказы, а также продумывать конструктивные мероприятия по их совершенствованию. В статье рассмотрена одна из методик виброакустического определения технического состояния зубчатых передач.

В настоящее время в Вооруженных Силах Российской Федерации продолжают процессы поэтапного технического перевооружения на современные образцы вооружения и военной техники. При этом войска оснащаются современной техникой, которая характеризуется наличием определенных конструктивных изменений по сравнению с предыдущими поколениями, в т. ч. с заменой силовых установок на более современные образцы.

Успешное выполнение боевых задач и задач тылового обеспечения немислимы без поддержания военной автомобильной техники (далее ВАТ) в технически исправном состоянии. Вместе с тем рост сложности конструкции автомобилей, повышение их защищённости путем применения бронирования и противоминной защиты, а также установки специального оборудования и вооружения приводит к закономерному росту их энерговооруженности для сохранения приемлемого уровня подвижности. Этот факт неизбежно сказывается на величине нагрузок, воспринимаемых ходовой частью автомобиля и его трансмиссией.

Основным способом диагностики технического состояния элементов трансмиссии ВАТ остается поэлементное исследование зубчатых деталей и узлов агрегатов, разбираемых после некоторой нормативной наработки или по причине выхода из строя, что, как правило, связано с большими трудозатратами и риском нарушить приработку звеньев.

Точная диагностика зубчатых передач механизмов ВАТ является актуальной проблемой. В настоящее время наиболее эффективным методом контроля технического состояния элементов шасси и трансмиссии ВАТ, сохраняющим их целостность, является виброакустический метод. Данный метод диагностики появился относительно недавно и является наиболее чувствительным методом обнаружения неисправностей. Вибрация и издаваемый при вибрации шум содержат довольно точную диагностическую информацию для того, чтобы с помощью современных технологий выявить дефектный узел или деталь машины, определить характер и сложность дефекта и дать дальнейший прогноз его развития [1].

На сегодняшний день существуют следующие способы диагностики зубчатых передач, а именно:

- взаимокорреляционные характеристики;
- взаимоспектральные характеристики;
- сверхузкополосный спектр;
- спектр вибросигнала;
- порядковый анализ;
- спектр огибающей.

Изучение вышеуказанных способов показало, что наиболее эффективным является способ диагностики зубчатых передач по спектру вибросигнала, полученного от работающей зубчатой пары, с применением диагностического комплекса с программным обеспечением в среде LabVIEW.

В состав диагностического комплекса (рис. 1) входят: микрофон, сигнал от которого поступает на аналоговый вход усилителя сигнала, с выхода усилителя сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь USB-6009, далее он преобразовывается в цифровой код и по USB-шине отправляется на ЭВМ. С использованием счетчика оборотов оператор просчитывает скорость вращения выходного вала исследуемого редуктора. В ЭВМ, при помощи заданных в среде LabVIEW задач сигнал записывается на промежутке времени, равному полному целому обороту исследуемой шестерни. На данный комплекс получен государственный патент на полезную модель от 27.05.2008 г. № 73738.

Измерительный диагностический комплекс работает по следующему принципу. Запускается электродвигатель, с помощью счетчика оборотов, определяется необходимая частота вращения на выходном валу редуктора. С применением передаточных чисел редуктора просчитывается скорость вращения диагностируемой шестерни и время её полного оборота. Задав в программе время записи, равное одному обороту диагностируемой шестерни, сигнал записывается в память компьютера. После чего из записанной числовой последовательности выбираются данные, соответствующие времени целого числа оборотов шестерни.

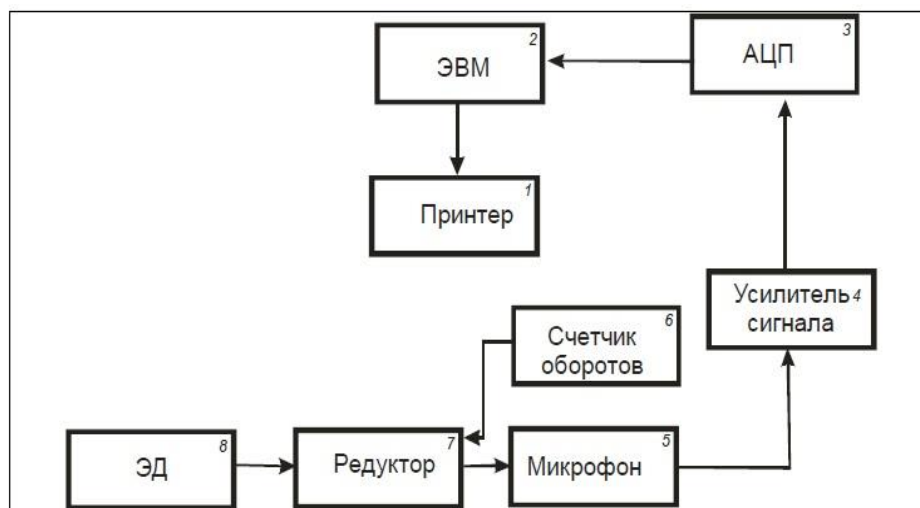


Рис. 1. Состав диагностического комплекса

На указанном интервале временного сигнала формируется амплитудный спектр, который дальше используется как образцовый. Запустив программу обработки сигнала, по формуле:

$$V_z = \frac{nz}{60} \quad (1)$$

вычисляется зубцовая частота и, задав ее величину в программе на одном из осциллографов, получаем сигнал, отфильтрованный из общего потока данных на данной частоте, где одно полное колебание соответствует «шумности» зуба шестерни в зацеплении. На сигнале зубцовой частоты выделяются участки, соответствующие колебаниям, генерируемым отдельными зубьями при их повороте на угловой шаг. На каждом выделенном участке строится амплитудный спектр, который сравнивается с образцовым с использованием статистики амплитуд. По результатам сравнения делается вывод об исправности или неисправности зубчатого механизма.

Статистика амплитуд вычисляется как среднее арифметическое значение натурального логарифма частного от деления амплитуды анализируемого спектра на амплитуду образца:

$$A = \left(\sum_{i=1}^n \ln \frac{a_i}{a_{si}} \right) / n \quad (2)$$

где a_i – амплитуда на i -ой частоте текущего спектра; a_{si} – амплитуда на i -ой частоте эталонного спектра.

Доверительные интервалы для статистики амплитуд строятся на основании популярной гипотезы об асимптотической нормальности этих и многих других оценок – отбраковываются все значения A статистики, удовлетворяющие неравенству:

$$|A - \bar{A}| > S * t\left(\frac{\alpha}{2}, m-1\right)$$

где A – оценка математического ожидания статистики; S – оценка разброса вычисленных значений статистики; $t(\alpha, m)$ – α -квантиль t -распределения с m степенями свободы; m – количество спектров, сравниваемых с образцом.

Если значения амплитуд, полученные в сравнении спектра «шумности» зуба с образцовым спектром, находятся в границах доверительного интервала, то делаем вывод, что зуб шестерни исправен. При выходе значений амплитуд за пределы доверительного интервала делаем вывод о дефекте в этом зацеплении.

Анализ данных, полученных при измерениях, подразумевает поиск и выделение более информативной части вибросигнала, формирование амплитудного и фазового спектров, сравнение начальных фаз колебаний, выделение разности фаз двух и более колебаний, фильтрацию сигнала на необходимой полосе частот.

С данной целью в программе LabVIEW 8.2 создана система «Detector Gear», для воспроизведения сигнала осциллограммы, выделения его части, последующего спектрального анализа, фильтрации необходимых полос частот.

С помощью данной программы можно воспроизвести ранее запечатленные сигналы, выделить сигналы на интересующих оператора частотах и построить спектр на выбранном участке сигналов. Меню программы содержит шесть осциллографов. Осциллограф «Сигнал весь» отображает весь записанный сигнал, осциллограф «Экран визуального выделения сигнала» исполняет функцию экрана, на который выводится процесс выделения необходимой области из записанного сигнала. На осциллографе «Сигнал выделенный» отображается выделенная часть осциллограммы. На осциллографе «Сигнал отфильтрованный» отображается сигнал, отфильтрованный на необходимой полосе частот, данный осциллограф интуитивно связан с осциллографом «Экран визуального выделения сигнала», длина участка на осциллографе «Сигнал отфильтрованный» идентична выбранному участку на осциллографе «Экран визуального выделения сигнала». На осциллографе «Спектр на выделенном участке» выводится спектр на выбранном отрезке сигнала. При пуске программы оператор

кликает файл, содержащий в себе записанный ранее сигнал, выбирает полосу частот для фильтрации сигнала, потом задает индекс начала и продолжительность необходимого отрезка сигнала, получает спектр на указанном участке, который дублируется на осциллографе «Спектр на выделенном участке». После прекращения работы, оператор завершает работу прибора кнопкой «STOP» на передней панели прибора.

Структура программы состоит из:

- обработки потока данных и выделения участка;
- определения спектра на выделенном участке;
- подпрограммы запроса необходимого файла;
- фильтрации на необходимой полосе частот.

Далее показаны функции (рис. 2), заложенные в данном приборе, и их короткое описание [3]:

1. Spectral Measurements – измерение спектра. Выполняет измерение спектра сигнала, такие как измерения спектра мощности и амплитудного спектра.

2. Прибор воспроизведения осц.vi – предназначен для выбора необходимого файла с данными и его воспроизведения.

3. Normalize Waveform.vi – определяет масштаб и смещение, необходимые для преобразования данных входной осциллограммы к диапазону от -1.0 до 1.0.

4. Get Waveform Subset.vi – извлекает определенную часть осциллограммы, начинающуюся с заданного времени (индекса) и имеющую указанную длительность. Также используется для извлечения части аналоговой или цифровой осциллограммы или набора цифровых данных.

5. Append Waveforms.vi – оперирует двумя осциллограммами, подаваемыми соответственно на два его входа (А и В). Добавляет осциллограмму В к концу осциллограммы А. Когда частоты выборок не совпадают, кластер ошибки возвращает ошибку. Время запуска осциллограммы В игнорируется. Тип данных атрибута Y осциллограммы А и осциллограммы В определяет используемую полиморфную реализацию.

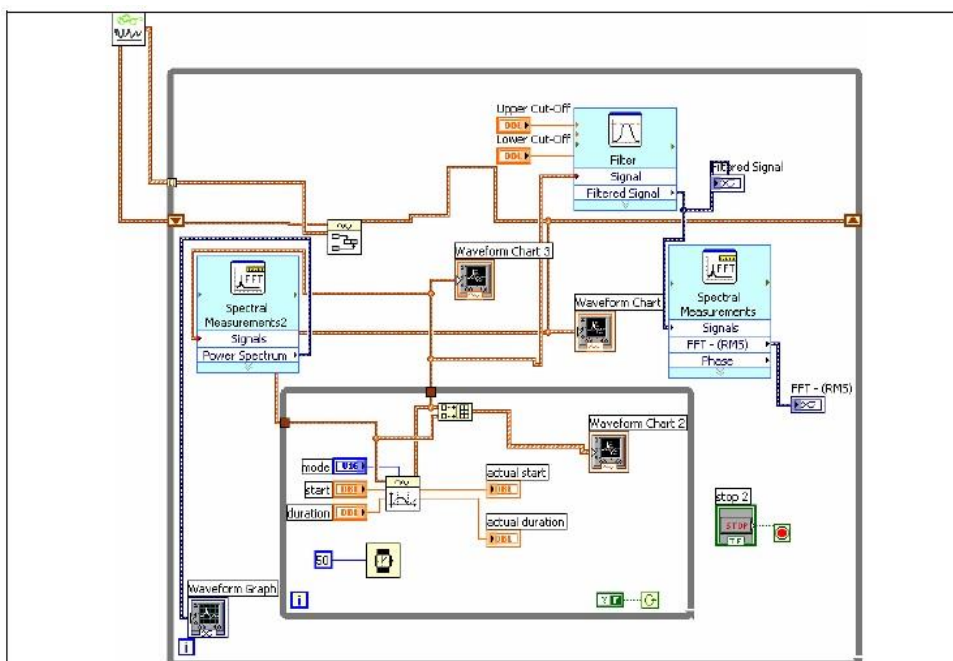


Рис. 2. Вид программы для обработки данных в формате осциллограммы, составленной в среде LabVIEW 8.2

В завершении оператор получает вполне точный анализ необходимых данных. Мобильность средств и функций для обработки сигнала, а именно большой спектр по обработке данных, от простого просмотра до глубокого распознавания является неоспоримым преимуществом данной программы перед другими аналогами. В приложении LabVIEW 8.2 также предусмотрены функции обработки сигнала в различных областях (во временной, в частотной и т. д.). Применение предлагаемого метода и информационно-измерительной системы позволяет контролировать качество зубчатых передач механизмов ВАТ и выявлять их дефекты на стадиях проектирования, изготовления, доводки, испытаний и непосредственно эксплуатации.

Литература

1. Технические средства диагностирования: справочник / В.В. Клюев [и др.]; под ред. В.В. Клюева. – Москва: «Машиностроение», 1989 г.
2. Бурков А.В. Возможности нового поколения систем мониторинга и диагностики / А.В. Бурков // *Металлург.* – 1998. – № 11.
3. Генкин М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов: М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. – Москва: «Машиностроение», 1987. – 228 с.
3. Батырин П.А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 Express (30 лекций) / П.А. Батырин. – 2015 г.

4. Пат. 73738 Российская Федерация, МПК G01 N29/00 Устройство для контроля изделия / Ившин И.В., А.В. Кочергин, В.А. Гаврилов. О.В. Владимиров, Ю.В. Ваньков, М.Е. Широков; заявитель и патентообладатель И.В. Ившин № 2007141504; заявл. 01.11.2007; опубл. 27.05.2008 г. – 13 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008611249 Gear Detector / заявитель и патентообладатель В.А. Гаврилов № 2007614419; заявл. 13.03.2008 г.

УДК 621.43.013.

**Повышение эксплуатационной надёжности регуляторов частоты вращения
непрямого действия высокофорсированных дизелей**

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

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

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

Авторами рассматривается вопрос повышения эксплуатационной надёжности регуляторов частоты вращения непрямого действия высокофорсированных дизелей на примере эксплуатационных данных двигателей ЧН 21/21. Оценка и прогнозирование живучести регуляторов непрямого действия дается в вероятностном аспекте разрушения по критерию «вероятность безотказной работы».

В настоящее время дизельные двигатели применяются в самых различных отраслях. Как двигатели промышленных тепловозов, силовых агрегатов буровых установок и дизель-генераторов для карьерных самосвалов и энергоустановок. Во время работы любой из установок нагрузка на нее постоянно изменяется, в результате меняется и нагрузка на двигатель. При этом характер изменения нагрузки может быть достаточно интенсивным: от резкого увеличения (наброс нагрузки) до резкого снижения (сброс нагрузки) [2].

Так, при резком снижении внешней нагрузки дизеля частота вращения коленчатого вала увеличивается, что вызывает увеличение цикловой подачи топлива. Возрастание цикловой подачи приводит к дальнейшему росту частоты вращения

коленчатого вала и, если нагрузка не увеличится, то это может привести к «разносу» двигателя (саморазрушению).

Увеличение внешней нагрузки двигателя и снижение вследствие этого частоты вращения коленчатого вала, наоборот, приводит к сокращению поданного количества топлива через штуцер к форсунке. Поэтому дизели при возрастании внешней нагрузки склонны к останову.

Для предотвращения этих негативных последствий на дизельных двигателях установлены регуляторы частоты вращения, предназначенные для автоматического поддержания частоты вращения коленчатого вала в заданных пределах. Различают регуляторы прямого и непрямого действия.

Регуляторы прямого действия воздействуют непосредственно на орган управления подачей топлива. Регуляторы непрямого действия воздействуют на них через дополнительную систему – электрический или гидравлический усилитель.

На отечественных дизелях используются всережимные регуляторы частоты вращения, которые автоматически поддерживают заданную частоту вращения коленчатого вала на всем диапазоне нагрузок.

Сложный режим знакопеременного динамического нагружения регулятора характеризуется одновременным действием статических и циклических (от сгорания топлива и сил инерции), вибрационных (от динамики нагружения) нагрузок. При этом в элементах регулятора возбуждается не один, а несколько механизмов повреждаемости. Реальному режиму динамического нагружения сопутствует процесс усталостного повреждения, что приводит к возникновению внезапного отказа регулятора из-за нарушения условий усталостной прочности [4].

Согласно статистическим методам исследования, разрушение должно трактоваться как редкое событие, и, следовательно, полученные теоретические выводы должны относиться к событиям малой вероятности [3]. Поэтому оценку и прогнозирование живучести регуляторов непрямого действия целесообразно давать в вероятностном аспекте разрушения по критерию «вероятность безотказной работы» (ВБР). Для этого была использована выборка данных наработки до отказа с мест эксплуатации высокофорсированных дизелей ЧН 21/21 производства АО «Волгодизельмаш» (табл. 1).

Таблица 1

Выборка данных наработки до отказа с мест эксплуатации высокофорсированных
дизелей ЧН 21/21

№ дизеля	Наработка до отказа, ч	Место эксплуатации дизеля	Последствия от усталостного разрушения регулятора
12	1621	г. Кривой Рог, Агропромышленный комплекс	Пробит блок-картер
58	815	г. Сорск, ООО «Сорскремтехсервис»	Пробит блок-картер
64	821	г. Сорск, ООО «Сорсктрансавто»	Пробит блок-картер
85	1090	г. Оленегорск, Агропромышленный комплекс	Пробит блок-картер
90	1085	г. Кривой Рог, Ингулецкий агропромышленный комплекс	Пробит блок-картер
92	541	г. Заполярный, ОАО «Ремонтный завод»	Пробит блок-картер
95	1400	г. Оленегорск, Агропромышленный комплекс	Пробит блок-картер
106	820	г. Киселевск, агропромышленное предприятие	Пробит блок-картер
108	1081	г. Междуреченск, агропромышленное предприятие	Пробит блок-картер
109	550	г. Киселевск, а/база	Пробит блок-картер
110	1355	г. Кировск, ОАО «Спецавтоцентр»	Пробит блок-картер
111	1351	г. Сорск, МУП «СПАТК»	Пробит блок-картер
117	830	г. Екатеринбург, ООО «СпецТрансАвто»	Пробит блок-картер
119	1100	г. Жодино, ЗАО «ПАТ»	Пробит блок-картер
123	1625	г. Минск, МУП «Автотранс»	Пробит блок-картер

Расчет живучести регуляторов по критерию ВБР проводился с применением методов теории вероятностей и математической статистики [1]. В качестве указанного показателя было принято математическое ожидание наработки до первого отказа (средняя наработка регуляторов до первого отказа):

$$t_{cp} = \frac{1}{N_0} (t_1 \cdot n_1 + t_2 \cdot n_2 + \dots + t_k \cdot n_k) = \sum_{i=1}^k \frac{t_i \cdot n_i}{N_0} \quad (1)$$

Результаты расчета показателей ВБР регуляторов приведены в табл. 2 и представлены графически на рис. 1.

Таблица 2

Результаты расчета показателей ВБР регуляторов

Определяемый параметр и формулы его расчета	Номера интервала наработки						
	1	2	3	4	5	6	7
Граница интервала наработки, ч	0 -270	270 -540	540-810	810 -1080	1080 -1350	1350 -1620	1620 -1890
Значение середины интервала, t_i ч	135	405	675	945	1215	1485	1705
Число отказов в интервале, n_i	0	0	2	4	4	3	2
Накопленное число отказов, $R_{(i)} = \sum n_i$	0	0	2	6	10	13	15

Число работоспособных шатунов к моменту t_i	15	15	13	9	5	2	0
Частота, $\omega_i = n_i / N_0$	0	0	0,21739	0,17391	0,04347	0,13043	0,08696
Оценка вероятности наступления отказа шатуна, $F_{(ii)} = R_{(ii)} / N_0$	0	0	0,21739	0,39130	0,43478	0,56521	0,65217
Оценка вероятности безотказной работы, $P_{(ii)} = N_{(ii)} / N_0$	1	1	0,78261	0,60869	0,56522	0,43478	0,34783
Оценка плотности вероятности, $f_{(ii)} = n_i / N_0 \cdot \Delta t$	0	0	0,00081	0,00064	0,00016	0,00048	0,00033
Оценка интенсивности отказа, $\lambda = n_i / \Delta t \cdot N_{(ii)}$	0	0	0,00103	0,00106	0,00029	0,00111	0,00093

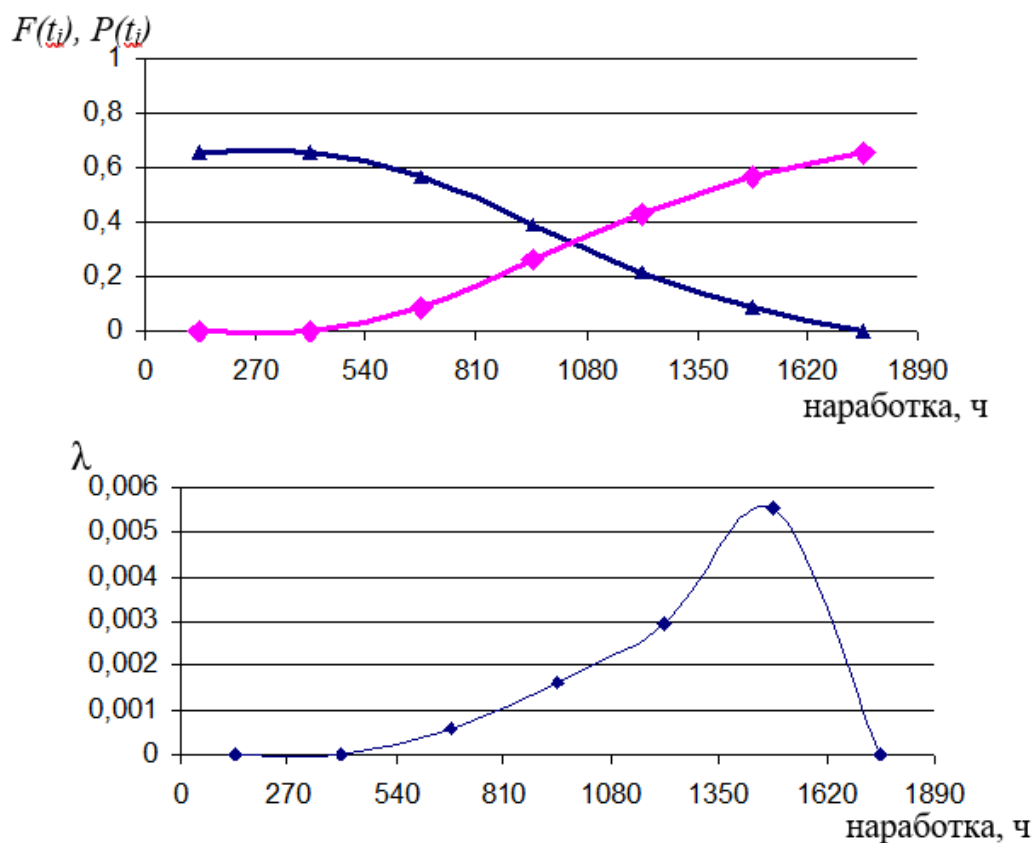


Рис. 1. Взаимосвязь между вероятностью безотказной работы $P_{(ii)}$, отказом $F_{(ii)}$ и оценка интенсивности отказа

С учетом данных табл. 1 и рис. 1, ВБР регуляторов дизелей ЧН 21/21 составляет при $t_{cp}=1035$ часов около 0,57.

Жизненный цикл регуляторов при их циклическом нагружении в механике разрушения определяется возникновением трещины и ее развитием, характеризуемым

коэффициентом интенсивности напряжений (КИН). Для оценки распространения трещины была использована формула Пэриса, которой в механике разрушения описывается зависимость скорости роста трещины от КИН.

$$\frac{dl}{dN} = C \cdot \Delta K^m, \quad (2)$$

где C и m – величины, зависящие от параметров испытаний и свойств стали; N – число циклов до разрушения; ΔK – изменение интенсивности напряжений за цикл нагружения.

Проинтегрировав уравнение (2) и введя допущения относительно значений ΔK , известные из механики разрушения, получили:

$$N = \frac{l_c^{1-\frac{m}{2}} - l_0^{1-\frac{m}{2}}}{c(\Delta\sigma\sqrt{\pi})^m(1-\frac{m}{2})}, \quad (3)$$

где l_c – критическая длина трещины, замеренная непосредственно на регуляторе; l_0 – начальная длина трещины; $\Delta\sigma$ – размах напряжений.

Взаимосвязь параметров m и C в (3) для высокопрочной стали была получена методом регрессионного анализа в виде уравнения:

$$m = -0,49734 \lg C - 1,7314 \quad (4)$$

В качестве примера можно привести результаты расчета по приведенной методике: при $l_c=0,0055$ м, $m=2,2$, $C=68,5 \cdot 10^{-10}$, $\Delta\sigma=119$ МПа живучесть регулятора с усталостной трещиной составляет $5,94 \cdot 10^9$ циклов, или 1190 часов.

На основании анализа полученных данных можно сделать следующие выводы. Жизненный цикл регулятора по критерию «вероятность безотказной работы» ($t_{cp}=1035$ ч) подтверждается оценкой живучести по критерию появления микротрещин ($N=1190$ ч), что указывает на относительно низкую эксплуатационную надежность конструкции и требует разработки дополнительных мер по увеличению ресурса высоконагруженной детали. По причине отсутствия данных, отражающих эксплуатационные характеристики материала регулятора, достоверность оценки живучести по критериям «вероятность безотказной работы» и «появление микротрещины» нельзя считать достаточно высокой. Однако расчетный метод позволяет с допустимой точностью оценить относительное изменение живучести регулятора. Но, тем не менее, заключительное суждение о живучести конструкции может быть сделано только по результатам статистических данных серии испытаний натуральных однотипных конструкций.

Дальнейшее развитие метода расчета живучести регуляторов при ультразвуковом упрочнении, основанное на вероятностных представлениях, позволяет обосновать допустимый запас усталостной прочности с необходимой достоверностью и определить ресурс, в связи с вероятностью отказа. А это, в свою очередь, дает возможность спрогнозировать живучесть регуляторов, как проектируемых, так и находящихся в эксплуатации, а также планировать для них потребность в запасных деталях.

Литература

1. Гурвич И.Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей / И.Б. Гурвич, П.Э. Сыркин. – М.: Транспорт, 1984.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984.
3. Кудашева И.О. Постановка вопроса повышения эксплуатационной надёжности регуляторов частоты вращения непрямого действия высокофорсированных дизелей / Проблемы прочности и надёжности строительных и машиностроительных конструкций: межвуз. науч. сб. – Саратов, 2005. – С. 292-295.
4. Косырев С.П. Эксплуатационная надежность при упрочняющих технологических способах обработки деталей машин / С.П. Косырев, И.О. Кудашева, А.А. Землянский. – М-во образования и науки Российской Федерации, Саратовский гос. техн. ун-т. – Саратов, 2010. – 84 с.

УДК 621.867

Транспортно-технологический шагающий конвейер

Лускань Олег Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
«Атомная энергетика»

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

Статья посвящена обзору новой конструкции шагающего конвейера, обеспечивающего транспортирование и ориентирование грузов-изделий, перемещаемых в условиях технологических процессов.

Широкое распространение в механических, сборочных, термических и других цехах многих отраслей промышленности получили различные конструкции шагающих конвейеров, предназначенных для периодического перемещения штучных изделий по отдельным операциям технологического процесса. Межоперационное движение изделий осуществляется путём возвратно-поступательных горизонтальных и вертикальных перемещений подвижной рамы, на которой находятся изделия.

Шагающие конвейеры, встраиваемые в транспортно-технологические системы, могут успешно взаимодействовать с различными видами машин непрерывного транспорта (подвесными, люлочными и роликовыми конвейерами) и машин периодического действия (грузоподъёмными кранами, погрузчиками и др. машинами), обеспечивая автоматическую перегрузку изделий. Свободную доступность к изделию, стабильность его положения на подвижной и неподвижной рамах, сравнительную простоту конструкции и эксплуатации, низкую стоимость, несомненно, можно отнести к достоинствам шагающих конвейеров. В качестве существенного недостатка шагающих конвейеров можно указать отсутствие возможности переориентирования груза-изделия в плоскостях перемещения в случае необходимости выполнения требований технологического процесса.

Разработана конструкция шагающего конвейера [1], позволяющая не только перемещать штучный груз, но и ориентировать его в плоскости транспортирования.

Шагающий конвейер (рис. 1) содержит неподвижную раму 1, внутри которой расположены подвижные секции 2 и 3. Каждая секция соединена с приводными передними 4 и 5 и задними 6 и 7 кривошипными валами. Синхронное вращение кривошипов 4 и 5 от привода 8 осуществляется через цилиндрическую зубчатую передачу или цепную передачу. На ступицах шестерни 9 и ведущей звёздочки 10 жёстко закреплены односторонние кулачковые полумуфты 11. Опоры 12 обеспечивают свободное вращение шестерни 9 и звёздочки 10 относительно вала 4. Зубчатое колесо 13 и ведомая звёздочка 14 жёстко закреплены на кривошипном валу 5. Работа зубчатой или цепной передачи зависит от положения механизма управления, содержащего двухстороннюю кулачковую полумуфту 15, имеющую возможность свободного перемещения в осевом направлении по валу 4, вилку 16 и исполнительный механизм 17. Синхронное вращение задних кривошипов 6 и 7 осуществляется посредством звёздочек 18, 19, 20, 21 и бесконечно замкнутых цепей 22 и 23. Кривошипные валы 4, 5, 6 и 7 имеют опоры 24.

Для транспортирования груза включается привод 8 и исполнительный механизм 17 с помощью вилки 16 перемещает в осевом направлении двухстороннюю кулачковую

полумуфту 15 к полумуфте 11 ведущей звёздочки 10. Таким образом, кривошипный вал 4 через цепную передачу передаёт вращение валу 5 и секции 2 и 3 совершают синхронные круговые движения в направлении транспортирования груза. При этом взаимодействие зубчатого колеса 13 и шестерни 9 приводит последнюю в свободное вращение относительно вала 4. Параллельное горизонтальное расположение подвижных секций относительно неподвижной рамы осуществляется синхронным вращением задних кривошипных валов 6 и 7, кинематическая связь которых обеспечивается звёздочками 18-21 и цепями 22, 23.

При движении секций из положения I в положение II по достижении опорной поверхности груза, расположенного на неподвижной раме 1, груз подхватывается и начинает перемещаться в сторону транспортирования.

При движении секций из положения II в положение I груз опускается по достижении опорной поверхностью неподвижной рамы, тем самым перемещаясь на один шаг. Далее процесс транспортирования повторяется.

Для ориентирования груза исполнительный механизм 17 с помощью вилки 16 перемещает в осевом направлении двухстороннюю кулачковую полумуфту 15 к полумуфте 11 шестерни 9. Таким образом, кривошипный вал 4 через цилиндрическую зубчатую передачу передаёт вращение валу 5 и секции 2 и 3 совершают синхронные круговые движения в противоположных направлениях. При этом взаимодействие цепи, ведомой звёздочки 14 и ведущей звёздочки 10 приводит последнюю в свободное вращение относительно вала 4. Параллельное горизонтальное расположение подвижных секций относительно неподвижной рамы осуществляется вращением задних кривошипных валов 6 и 7, кинематическая связь которых обеспечивается звёздочками 18-21 и цепями 22, 23.

При движении секций из положения I в положение II по достижении опорной поверхности груза, расположенного на неподвижной раме 1, груз начинает подниматься и одновременно поворачиваться относительно грузонесущих поверхностей секций за счёт возникновения сил трения, направленных в противоположные стороны, создавая момент пары сил, который в свою очередь обеспечивает вращательный эффект груза.

При движении секций из положения II в положение I груз опускается, продолжая поворачиваться по достижении опорной поверхностью неподвижной рамы. Далее процесс ориентирования повторяется.

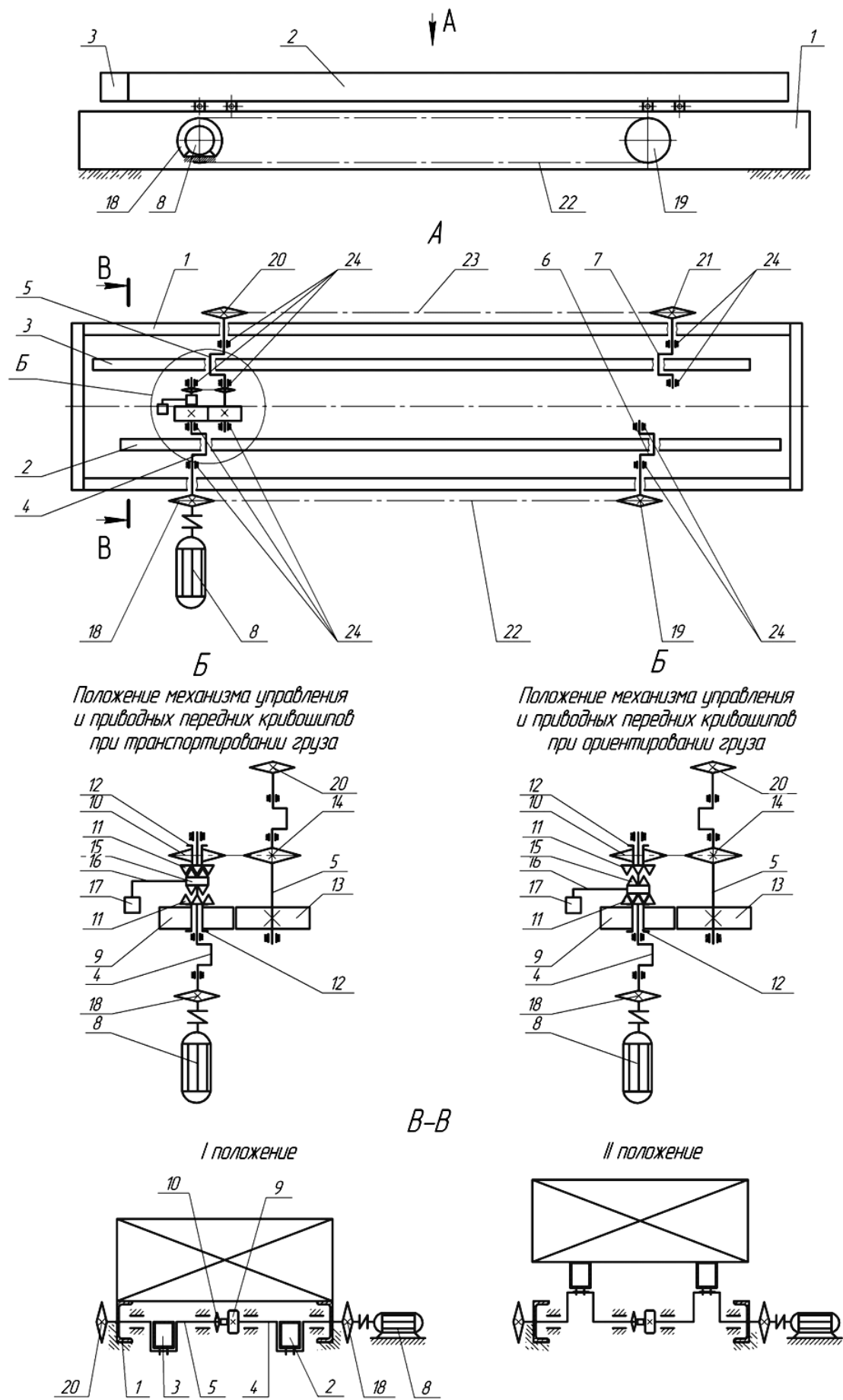


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема шагающего конвейера

Рассмотренный конвейер прост по конструкции, легко поддается автоматизации управления и может найти широкое применение как составная часть транспортирующих и перегрузочных машин при комплексной механизации и автоматизации производства.

Литература

1. Лускань О.А. Теоретические основы перемещения грузов импульсными конвейерами: монография / О.А. Лускань. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. – 99 с.
2. Пат. 2410315 Российская Федерация МПК В65G 25/08, 15/02 Шагающий конвейер / О.А. Лускань, В.А. Чепурных; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.» № 2009127410; заявл. 16.07.2009; опубл. 27.01.2011.

УДК 681.5

Модернизация унифицированного комплекса технических средств (УКТС) на АЭС

Максимов Дмитрий Игоревич, начальник участка НиРСА

«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал АО «Атомэнергоремонт», г. Балаково

Автоматизированная система управления технологическим процессом представляет собой комплекс человек-машина, обеспечивающий автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для качественной работы и управления технологическим процессом.

УКТС – унифицированный комплекс технических средств на атомных электростанциях (АЭС). Предназначен обеспечивать защиты и сигнализации технологического процесса, реализующие функции автоматики (регуляторы, включение автоматического резерва), блокировки технологических, прием, обработка и анализ оперативных команд оператора, сигнализация положения электроприводной арматуры и состояния механизмов, сбор и выдача информации о дискретных сигналах, прием дискретной и аналоговой информации, контроль за работой устройств управления.

Технические средства УКТС на АЭС спроектированы с использованием трех основных типов конструктивов: базового, кроссового шкафов и шкафа размножения токовых сигналов.

Базовый шкаф УКТС, представленный на рис. 1а. В базовом шкафу размещаются: источники питания, блок контроля напряжения и изоляции, блоки дискретных сигналов, блоки предохранителей и поворотная рама, на которую устанавливается 4-ре корзины.

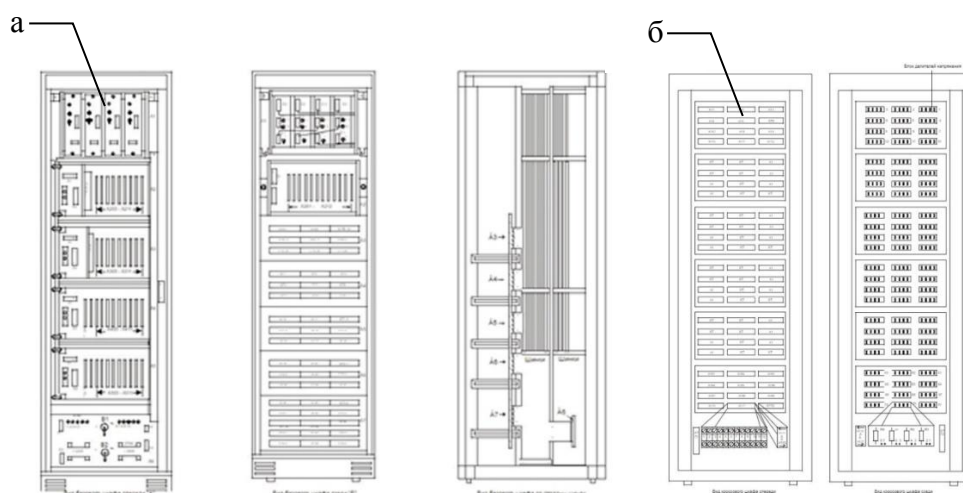


Рис. 1. Внешний вид: а – базового шкафа УКТС; б – кроссового шкафа УКТС

Кроссовый шкаф УКТС, представленный на рис. 1б. Содержит в себе сборки резисторных делителей напряжения, коммутационных полей и вентиляторы охлаждения. В кроссовом шкафу размещаются: резисторы для приёма дискретных сигналов напряжением 220 В и 24 В, клеммные колодки и два блока вентиляторов.

Шкаф РТ УКТС (рис. 2) предназначен для размещения блоков размножения токового сигнала (БРТ, БГРТ).

В шкафу РТ размещаются: два блока питания, блоки БРТ или БГРТ и клеммные колодки для ввода-вывода общих цепей напряжением до 24 В.

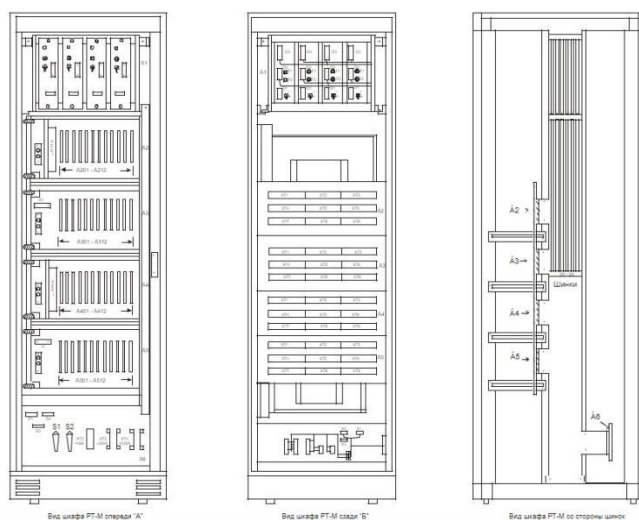


Рис. 2. Внешний вид РТ шкафа УКТС

Так как прогресс не стоит на месте на смену УКТС на атомных станциях приходит комплекс технико-программных средств повышенной надежности (КТПС ПН), представленный на рис. 3. Он представляет собой такой же набор шкафов: базовый, кроссовый и РТ, но по функционалу намного превосходит УКТС. Практически все блоки (ячейки) были сконструированы на 155 серии микросхем (рис. 4а). Поэтому для реализации полного функционала необходимо использовать больше ячеек. Такой подход приводит к увеличению габаритов и количеству самих шкафов. В начале двухтысячных производители начали переходить на микроконтроллеры, тем самым расширялся функционал блоков. В это время появляется комплекс технико-программных средств повышенной надежности (КТПС ПН), быстрота поиска неисправности и ремонт ячеек (рис. 4б).



Рис. 3. Внешний вид КТПС ПН



Рис. 4. Внешний вид блока управления задвижкой (БУЗ):
а – блок в 1990-х годах; б – блок в 2000-х годах

С применением микроконтроллеров появилась возможность модернизировать автоматизированные рабочие места (АРМ) на АЭС, возможность создания полных баз данных, учёт и контроль сбора и анализа данных.

КТПС ПН для АЭС включает в себя: устройства сбора сигналов, концентраторы, шлюзы сопряжения с системой верхнего блочного уровня, тип подключения: проводной, волоконно-оптический.

КТПС иерархически реализованы в двух уровнях: верхний уровень и нижний.

Литература

1. Аникевич К.П. Структура АСУТП энергоблока с реактором ВВЭР-1000: учеб. пособие / К.П. Аникевич. – Севастополь: СИЯЭиП, 1997. – 56 с.
2. Котельников В.А. Основы радиотехники. Сборник трудов / В.А. Котельников, А.М. Николаев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – Т. 4. – 368 с.

УДК 681.514

Линейный квадратичный гауссов регулятор силы резания при токарной обработке нежестких валов

Мостовой Владимир Дмитриевич, заведующий лабораторией кафедры
«Атомная энергетика»;

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

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

В работе произведен синтез линейного квадратичного гауссова регулятора силы резания для уменьшения влияния возмущающих воздействий на систему управления продольным профилем при токарной обработке нежестких валов.

Современная тенденция развития машиностроения направлена на повышение точности, производительности, снижение себестоимости металлообработки. Большое значение в реализации данной тенденции имеет изучение процессов и их оптимизация на основе выявленных закономерностей, что постоянно позволяет повышать точность, производительность и другие показатели эффективности металлообработки. Однако наличие многих неконтролируемых возмущающих воздействия приводит к случайным составляющим погрешностей обработки, необходимость компенсации которых приводит к снижению режимов резания относительно возможного уровня. Эффективным путем повышения эффективности резания в данных условиях является создание автоматизированных систем управления, позволяющих путем корректировки режимных параметров компенсировать влияние силовых, деформационных и других возмущений на процесс резания и обеспечить работу на более высоких режимах резания.

Сложность непосредственного управления качественными показателями обработанных изделий по причине несоответствия быстродействия систем управления спектральным характеристикам возмущающих воздействий привела к созданию большого количества систем управления промежуточными параметрами процесса, что позволяет компенсировать влияние отдельных возмущающих воздействий на качественные показатели обрабатываемых изделий. Одной из эффективных систем управления промежуточными параметрами является система управления силой резания. Изменение сил резания под действием возмущающих воздействий приводит к дополнительным деформациям элементов механической системы станка и перемещению упругой системы заготовки относительно упругой системы инструмента, что, в свою очередь, приводит к дополнительным погрешностям обработки. Управление силой резания при токарной обработке путем корректировки продольной подачи позволяет компенсировать многие неконтролируемые возмущающие воздействия, воздействующие на процесс через изменение силы резания, в том числе изменение припуска, характеристик материала заготовок, условий базирования, затупление инструмента и т. д. Все это показывает актуальность создания эффективных систем управления силой резания.

В данной работе производится синтез и сравнительный анализ эффективности систем управления силой резания на основании классического пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора и линейного гауссова квадратичного регулятора.

Функциональная схема системы управления силой резания при токарной обработке путем корректировки продольной подачи приведена на рис. 1.

На схеме обозначено:

1-4 – заготовка; левый, правый центры; режущий инструмент;

ЭД – электрический двигатель привода поперечной подачи;

Ред, ШВП – редуктор, шарико-винтовая пара привода продольной подачи.

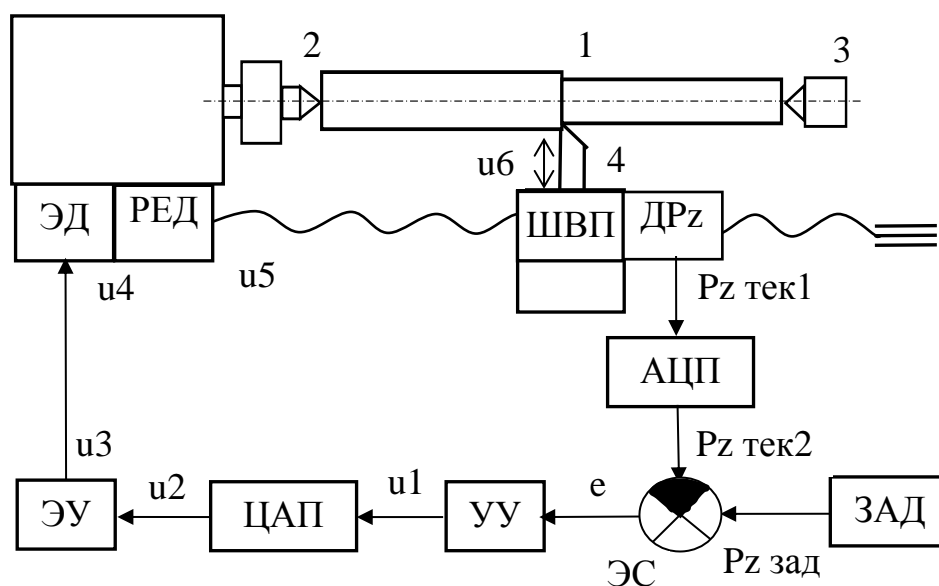


Рис. 1. Функциональная схема системы управления силой резания по продольной подаче при токарной обработке

Система управления силой резания путем корректировки продольной подачи кроме указанных элементов объекта управления включает:

ЗАД – задатчик;

ДРz – датчик силы резания;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЭС – элемент сравнения для расчета отклонения силы резания от заданной;

УУ – управляющее устройство, обеспечивающее расчет значения управляющего воздействия u_1 при текущем значении ошибки e ;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ЭУ – электронный усилитель;

ЭД – электрический двигатель привода поперечной подачи;

РЕД – редуктор;

ШВП – шарико-винтовая пара для преобразования вращательного движения вала двигателя в поступательное движение суппорта по продольной оси.

Объектом управления является процесс резания по каналу: привод продольной подачи – тангенциальная сила резания. Задающим воздействием является заданное значение силы резания при заданных параметрах ведения процесса обработки. Управляющим параметром является напряжение на якоре двигателя постоянного тока

привода продольной подачи. Управляемым параметром является тангенциальная сила резания, измеряемая датчиком.

Неконтролируемыми возмущающими воздействиями на систему f являются изменение силы резания при изменении припуска, характеристик материала заготовки, изменение сил трения механической системы привода поперечной подачи, нестабильность напряжения питания и др.

Сигналы, действующие в системе:

$Pz_{зад}(x)$ – заданное значение силы резания;

$Pz_{тек1}$ – выходной сигнал с датчика силы резания;

$u_{тек2}$ – выходной сигнал аналого-цифрового преобразователя АЦП выходного сигнала датчика силы резания;

e – ошибка управления;

$u1$ – управляющее воздействие на выходе регулятора и на входе цифро-аналогового преобразователя ЦАП;

$u2$ – аналоговое управляющее воздействие на выходе ЦАП и на входе электронного усилителя;

$u3$ – напряжение на выходе электронного усилителя и на входе электродвигателя;

$u4$ – скорость выходного вала электрического двигателя;

$u5$ – скорость выходного вала редуктора;

$u6$ – скорость перемещения суппорта по продольной оси (продольная подача).

На основании паспортных и экспериментальных данных зависимости силы резания при ступенчатом изменении продольной подачи построены математические модели элементов системы в виде передаточных функций.

Датчик $W_1(p) = \frac{0,0083}{0,08p+1} \left[\frac{В}{Н} \right]$.

Аналого-цифровой преобразователь АЦП $W_2(p) = 120 \left[\frac{Н}{В} \right]$.

Элемент сравнения $e = Pz_{зад}(x) - Pz_{тек}(x) [Н]$.

Управляющее устройство – ПИД- регулятор

$$W_3(p) = k_p + k_i \int edt + k_d \frac{de}{dt}$$

Цифро-аналоговый преобразователь $W_4(p) = 0,1 \left[\frac{В}{\%} \right]$.

Электронный усилитель $W_5(p) = 22$.

Электрический двигатель по скорости $W_6(p) = \frac{0,15}{0,08p+1} \left[\frac{об/с}{В} \right]$.

Редуктор

$$W_7(p) = 0,25.$$

Шарико-винтовая пара

$$W_8(p) = 0,25 \left[\frac{\text{мм/об}}{\text{об/с}} \right].$$

Настройки ПИД-регулятора находились методом математического моделирования в Simulink системы MatLab [9] по виду переходного процесса на ступенчатое изменение задания. Получены следующие параметры регулятора.

$$k_p = 1,2, \quad k_i = 2,4, \quad k_d = 0,1.$$

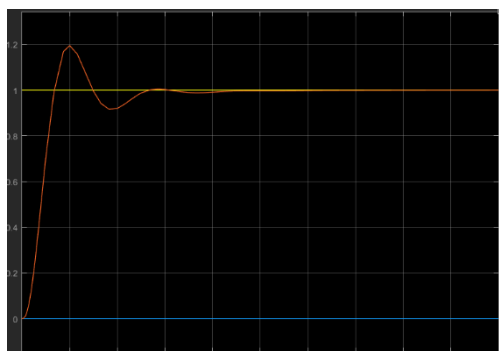


Рис. 2. Переходный процесс системы с ПИД-регулятором

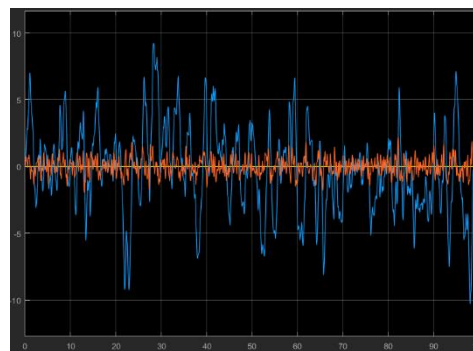


Рис. 3. Возмущающее воздействие и выход системы с ПИД-регулятором

График переходного процесса с системой управления показывает, что система отвечает типовым требованиям к качественным показателям переходных процессов: переходной процесс колебательный затухающий, количество колебаний – 1, перерегулирование 20 %, остаточная ошибка системы равна нулю. Время регулирования равно 0,5 сек.

На рис. 3 показаны результаты моделирования работы системы при действии стохастических возмущающих воздействий с характеристиками, соответствующими возмущениям на реальном процессе обработки. Графики показывают, что система снижает влияние случайных возмущений по амплитуде с ± 5 до ± 1 в 5 раз (ФФ 2 звена $k=4$, $T=0.4$).

На втором этапе работы произведен синтез линейного квадратичного гауссова регулятора силы резания. Математическая модель объекта управления в пространстве состояния имеет вид:

$$\dot{x}_1 = -12,5x_1 + 4,1u$$

$$\dot{x}_2 = 56,33 x_1 - 3,33x_2$$

$$\dot{x}_3 = -12,5x_3 + 12.5x_2$$

В матричном виде полученная система уравнений будет иметь вид:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad U = |u|, \quad \begin{aligned} \dot{X} &= AX + BU \\ Y &= CX + DU \end{aligned}$$

где матрицы A, B, C, D равны:

$$A = \begin{bmatrix} -12,5 & 0 & 0 \\ 56,33 & -3,33 & 0 \\ 0 & 12,5 & -12,5 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 4,1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad C = |0 \quad 0 \quad 1|, \quad D = |0|.$$

Синтез ЛКГ-регулятора и фильтра Калмана проведен в пакете Control System Toolbox математического пакета MatLab. Математическая модель формирующего фильтра случайного возмущающего воздействия введена в расширенную модель объекта управления в процессе построения регулятора.

Полученная модель ЛКГ-регулятора имеет вид:

$$K = 1.e03 \cdot |0,0407 \quad 0,0693 \quad 02444 \quad 5,2703|.$$

Анализ эффективности работы разработанного ЛКГ-регулятора произведен методом математического моделирования разомкнутой и замкнутой систем управления при подаче на вход возмущающего воздействия. Графики силы резания при отключенном и включенном регуляторе приведены на рис. 4.

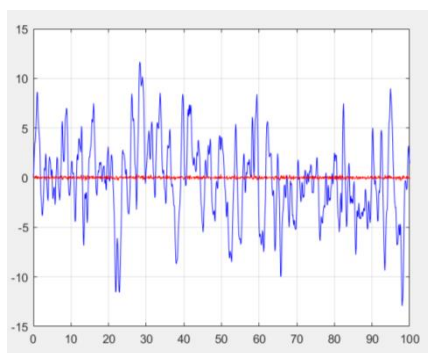


Рис. 4. Возмущающее воздействие и выход системы с ЛКГ-регулятором

Коридор колебаний выходной переменной для разомкнутой системы составил от -5,0 до +5,0, т. е. 10 Н, для замкнутой системы от -0,2 до +0,2, т. е. 0,4 Н. Таким образом система управления является эффективной и уменьшает коридор колебания давления пара при воздействии возмущающих воздействий в 25 раз.

Выводы.

Произведен синтез ПИД- и ЛКГ- регуляторов силы резания при токарной обработке нежестких валов.

ПИД-регулятор обеспечил снижение коридора колебания силы резания при подаче случайного возмущающего воздействия в 5 раз.

ЛКГ-регулятор при тех же условиях обеспечил снижение коридора колебания силы резания в 25 раз.

Литература

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления / Л.Д. Певзнер. – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 472 с.
2. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие / П.В. Куропаткин. – М.: Высшая школа, 1980. – 287 с.
3. Введение в современную линейную теорию оптимального управления / В.П. Бирюков [и др.]. – Саратов: СГТУ, 2011. – 224с.
4. Квакернаак Х. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернаак, Р. Сиван. – М.: Мир, 1977. – 468 с.
5. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911с.
6. Филлипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. – М.: ЛБЗ, 2001. – 616 с.
7. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бибош. – М.: ЛБЗ, 2002. – 832 с.
8. Медведев В.С. Control System Toolbox. MatLab для студентов / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. – М.: Диалог МИФИ, 1999. – 287 с.

Моделирование телекоммуникационной инфраструктуры умного дома

Мурылёв Андрей Константинович, студент специальности

«Управление качеством в производственно-технологических системах»;

Кайбалиева Карина Олеговна, студент кафедры

«Управление качеством в производственно-технологических системах»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

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

Проведено моделирование сетевой инфраструктуры умного дома в программе Cisco Packet Tracer, рассмотрены вопросы информационной и энергетической безопасности.

Умный дом (IoT) – единая система управления в доме, офисе, квартире или здании, включающая в себя датчики, управляющие элементы и исполнительные устройства [1].

В Умном доме производится объединение всех устройств почти на всех уровнях модели OSI. Для построения надёжной стабильно работающей системы необходимо на этапе планирования проверить все внедряемые технические решения [2]. Моделирование сетевой инфраструктуры позволяет на этапе планирования определить проблемные места будущей сети и проработать необходимые меры по их устранению.

Цель работы: провести моделирование сетевой инфраструктуры IoT в симуляторе Cisco Packet Tracer.

Для реализации проекта умного дома будет использоваться функционал симулятора проектирования сетей Cisco Packet Tracer.

Для создания концепции умного дома Cisco Packet Tracer предоставляет нам следующий функционал, который находится во вкладке «End Devices» в подвкладке «Home»: умный кондиционер; умная кофеварка; аккумулятор; блютуз динамик; детекторы карбона дио- и монооксида; умный вентилятор на потолке; умные двери; смарт-нагреватель; умные ворота; домашний динамик; умный увлажнитель; контроллеры влаги; умный полив газона; умная лампа; детектор движения; портативный музыкальный проигрыватель; электросчётчик; датчик дыма; солнечная

батарея; измеритель звуковой частоты; контроллер температуры; умный термостат; умный водосток; датчик уровня воды; вебкамера; датчик ветра; умное окно.

Весь проект будет построен на принципе того, что данные со всех датчиков и приборов будут поступать в шлюз управления, а от него дальше сигнал будет поступать хозяину дома в облачный сервис (рис. 1). Таким образом, появляется возможность удаленного управления и отслеживания состояния домашних приборов и датчиков [4]. Важным аспектом является безопасность данной системы и повышенная отказоустойчивость.

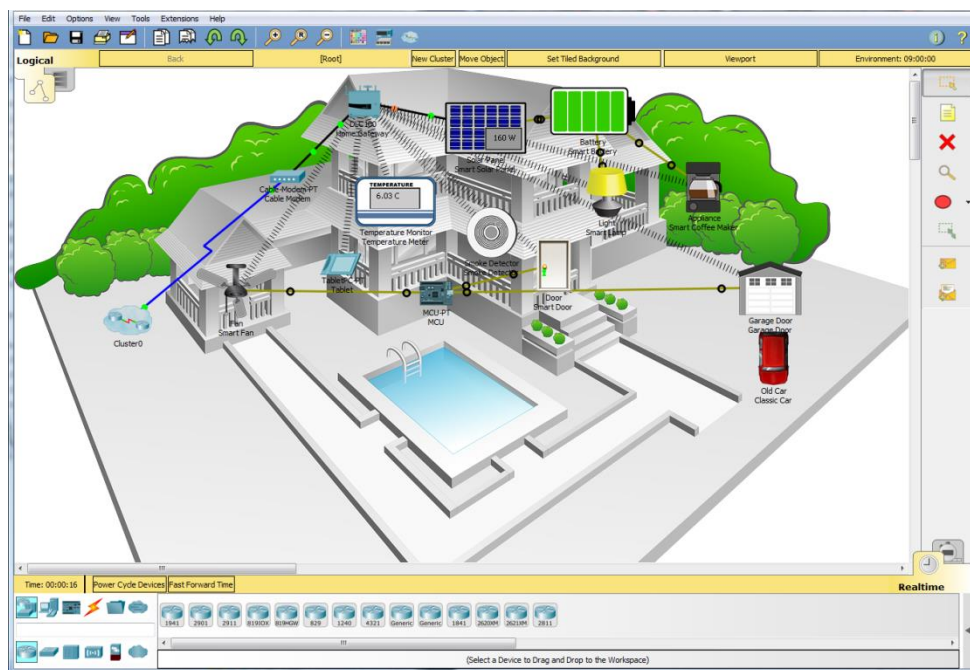


Рис. 1. Рабочий проект умного дома

За обеспечение повышенной безопасности дома отвечает набор датчиков подачи воды, газа, электрические предохранители, а также датчики задымления и температуры (рис. 2а). Кроме перечисленных датчиков также используются датчики сигнализации, установленные на дверях, окнах, а также на всех возможных входах и выходах, через которые нежелательные лица могут незаконно попасть в дом. Для качественной охраны заложена функция, которая способна имитировать присутствие – система включит в комнатах свет, откроет или закроет шторы, «послушает» музыку и тем самым проведет защитные действия, отпугивая злоумышленников. Также, с помощью датчиков, пользователь застраховывается от вредных привычек, вроде незакрытых окон и дверей, разбрасывания денег, ключей и кредитных карточек, не выключенных электроприборов, а также от прочих потенциальных неприятностей.

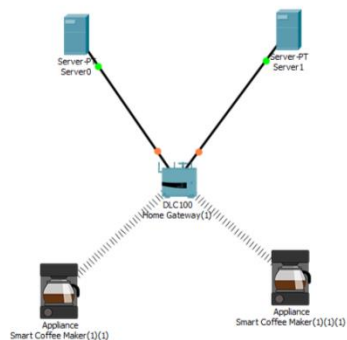
Для обеспечения комфортного доступа в дом, заданы некоторые условия разрешенного прибытия в нем. В систему занесена база, которая отвечает за

безопасность проникновения, как владельцев дома, так и их гостей. Распознавание речи, которое использует естественный для человека речевой интерфейс при взаимодействии с компьютерными системами. Распознавание лиц также помогает при входе в здание – система автоматически откроет двери перед жильцом. Системы доступа по отпечатку пальца. Контрольный вопрос предъявляется системой, если вышеперечисленные методы, по каким-либо причинам не могут распознать пользователя. В таком случае, задается контрольный вопрос, который был установлен пользователем при установке системы (рис. 2б).



Рис. 2. Система безопасности дома где:
а – схема концепции безопасности; б – система доступа в дом доверенных и посторонних лиц

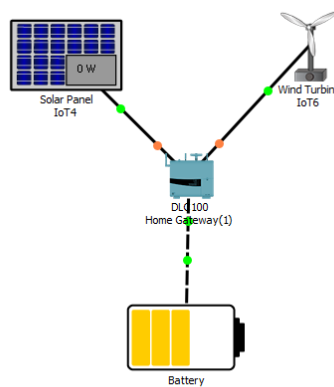
Для обеспечения информационной безопасности (рис. 3б) применяются следующие решения: дублирование информации, для этого применяется сетевое хранилище (NaS) (рис. 3а) с использованием дискового массива RAID1 или RAID5. Дисковый массив в виде виртуального диска монтируется в сервере Server0 и используется для хранения информации. В случае аппаратной или программной неисправности, как сервера, так и NaS, данное решение позволяет снизить риск потери информации до минимума.



а



б



в

Рис. 3. Система информационной и энергетической безопасности, где:
 а – дублирование мест хранения информации; б – настройка системы идентификации пользователя; в – система автономного электроснабжения

Обеспечение информационной защиты доступа к сети умного дома осуществляется сервером Server1, играющего роль шлюза, а также брандмауэра, и VPN сервера. Сервер информационной защиты обеспечивает шифрование информации, передаваемой между сервером Server1 и внешними устройствами. Шлюз должен быть настроен таким образом, чтобы не идентифицированный пользователь (рис. 3б) не смог получить доступ к данным, путем постановки системы идентификации с помощью логина и пароля.

Необходимо добавить, что также важным аспектом проектировки является отказоустойчивость системы. Самым уязвимым местом работы концепции умного дома является электричество (рис. 3в). При его отсутствии система работать не будет. Для обеспечения нормальной работы системы при любых условиях необходимо использовать аккумуляторные батареи для поддержания работоспособности системы продолжительное время. Можно включить в IoT солнечные батареи, ветряной

генератор, или дизельный генератором для подзарядки аккумуляторов и энергоснабжения дома. Управление освещением и розетками обеспечивается программируемыми логическими контроллерами и программируемыми реле. Это позволяет автоматически управлять включением и выключением освещения в зависимости от времени суток с учетом будних, выходных и праздничных дней; внешним командам по сигналам датчиков присутствия, и по заданному временному алгоритму; совмещать автоматическое и ручное управление.

IoT условно делится на три зоны. Жилая зона – это спальни, гостиные комнаты, кабинет и т. д. Хозяйственно-бытовая зона – это кладовка, погреб, гараж и т. д. Вспомогательная зона – например, дорожки в саду. В хозяйственно-бытовую и вспомогательную зоны внедрены датчики движения, которые включают свет, пока человек находится в этой зоне. Также существуют две группы розеток, отключаемые и неотключаемые. К неотключаемой группе розеток подключается оборудование, работающее круглосуточно: крупная бытовая техника, охранная сигнализация и т. д. Отключаемая – прочие группы розеток. Для жилых помещений используется ручное включение-выключение электричества, с заданием нескольких зон с предустановленными значениями яркости освещения. При этом все розетки управляемые. Более сложные системы управления освещением созданы с использованием беспроводных и проводных каналов связи, в том числе и GSM. Они осуществляют дистанционное управление, централизованный контроль, устранение неисправностей, оперативное обнаружение, а также учет потребленной электроэнергии. Существенная экономия электроэнергии в данных системах достигается за счет реализации режимов ночного и частичного освещения.

Выводы: была рассмотрена сетевая инфраструктура IoT в программе Cisco Packet Tracer, на логическом уровне произведено моделирование работы IoT в режимах симуляции и реального времени. Данное моделирование позволило, спроектировав инфраструктуру IoT, получить необходимый задел для создания телекоммуникационной части, технического задания умного дома.

Литература

1. Cisco Packet Tracer. Добавление устройств IoT в умную домашнюю сеть – 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://caexpert.ru/laboratornaya-rabota-7-cisco-packet-tracer-dobavlenie-ustrojstv-iot-v-set.html> (дата обращения: 15.11.2020).
2. Интернет вещей IoT – 2017. [Электронный ресурс] URL: <http://networkork.blogspot.com/2017/12/blog-post.html> (дата обращения: 17.11.2020).

3. Интернет вещей и умный дом в Cisco Packet Tracer 7. – 2017 – 8 декабря. [Электронный ресурс] URL: <http://arekusander.blogspot.com/2017/12/cisco-packet-tracer-7.html> (дата обращения: 18.11.2020).

4. Learn New Skills With Networking Courses\\Networking Academy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.netacad.com/ru/courses/networking> (дата обращения: 2.11.2020).

5. Умный дом. Функции и возможности – 2017 – 12 января. [Электронный ресурс] URL: http://ua.automation.com/umnyj-dom?pageId=5569&_page=2 (дата обращения: 20.11.2020).

УДК 681.5

Модернизация системы автоматического регулирования на энергоблоках АС РО

¹Пестова Евгения Дмитриевна, инженер по наладке и ремонту систем автоматизации 3 категории;

²Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомная энергетика»

¹«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал АО «Атомэнергоремонт», г. Балаково;

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

В представленной работе проведен анализ комплекса «Каскад-2» и программно-технического комплекса (ПТК) системы автоматического регулирования (САР), установленного на энергоблоках атомных станций. Описана структура и ряд преимуществ модернизируемого оборудования.

В настоящее время на действующих электростанциях постоянно модернизируют и внедряют современные цифровые технологии, цифровые системы автоматического регулирования и управления, программно-технические комплексы для оперативного решения различного типа задач, связанных с бесперебойной работой производства. В отрасли успешно внедряются различные «внутренние» решения на базе информационных технологий, инновационных и прогрессивных идей, что позволяет улучшить качество технологического процесса в целом.

До цифровизации атомных станций для автоматического регулирования физических параметров реакторного отделения (РО) систем безопасности (СБ) и систем нормальной эксплуатации (СНЭ) использовался комплекс аналоговых средств типа «Каскад-2» [1]. Данный комплекс представляет собой совокупность приборов, представленных в табл. 1 и предназначенных для суммирования, размножения, интегрирования различных типов сигналов.

Управление исполнительными механизмами происходит по закону ПИД-регулирования. Каждый блок связан друг с другом таким образом, чтобы реализовать необходимый алгоритм регулирования. Сам алгоритм зависит от физических параметров объектов регулирования, типов датчиков в обратной связи, требуемой точности, быстродействия и т. д.

Таблица 1

Приборы комплекса «Каскад-2» РО АС (СБ, СНЭ)

№ п/п	Наименование прибора	Назначение
1.	P27	блоки регулирующие с импульсным выходным сигналом
2.	A05	блок суммирования и ограничения сигналов
3.	A06	блок ограничения и размножения сигналов
4.	A35 (для СНЭ)	блок вычислительных операций
5.	Л03	блоки аналого-релейного преобразования
6.	Д05	блоки динамических преобразований
7.	Д07	блок интегрирования
8.	Н05	блок нелинейных преобразований

Недостатками данного комплекса является гиперчувствительность к температурным условиям, необходимость выполнения подстроек коэффициентов регулирования, а также отсутствие необходимой визуализации для оперативного персонала АС. Использование нового комплекса позволяет системам автоматического регулирования обеспечить требования современной нормативной документации в целях повышения надежности и безопасной эксплуатации энергоблока, провести замену морально устаревших средств автоматики.

Внедряемый программно-технический комплекс систем автоматического регулирования реакторного отделения ПТК САР РО, разработанный Московским заводом «Физприбор», представляет собой комплекс для систем нормальной эксплуатации и систем безопасности атомных станций. ПТК САР включает в себя

шкаф управления, шкаф серверов, который в свою очередь, имеет автоматизированное рабочее место (АРМ).

На АРМ принудительно задают параметры, способные влиять на регулирование процесса (значение возмущения, значения, приходящие от датчиков, значение зоны нечувствительности, максимальные значения, коэффициенты ПИД-регуляторов и др.), наблюдают за ходом арматуры из положения «не открыто» до положения «не закрыто», при этом имея промежуточное состояние. Также ПТК имеет возможность отображения приходящих аварийных сигналов, воспроизводит переходный процесс необходимой системы. Все команды, изменения, срабатывания защит и аварии передаются в архив, который с легкостью выгружается для пользователя.

Данное оборудование интегрировано с комплексом технико-программных средств повышенной надёжности КТПС-ПН для реализации технологической сигнализации и различных типов защит и блокировок. КТПС-ПН был разработан для применения на вновь строящихся АЭС, а также для замены вырабатывавшего свой ресурс оборудования на уже действующих.

Комплекс соответствует требованиям стандартов России, нормам и рекомендациям МЭК и МАГАТЭ для систем, важных для безопасности АЭС. Оборудование КТПС-ПН сертифицировано в системе ОИТ (№ РОСС RU.0001.01A300.77.1 1.0026) [2]. В нем достигнута высокая надежность и функциональность за счет применения современных средств информационной безопасности и унификаций решений, применением помехоустойчивых последовательных интерфейсов и отказоустойчивых блоков.

В ПТК имеется стерегущий режим, режим изменения скорости расхолаживания, необходимый для конкретных типов систем. При превышении физических параметров по сигналу сработавшей защиты происходит изменение алгоритма работы регулятора: из стерегущего режима встает в режим автомат.

На рис. 1 представлен вид программного интерфейса ПТК САР РО.

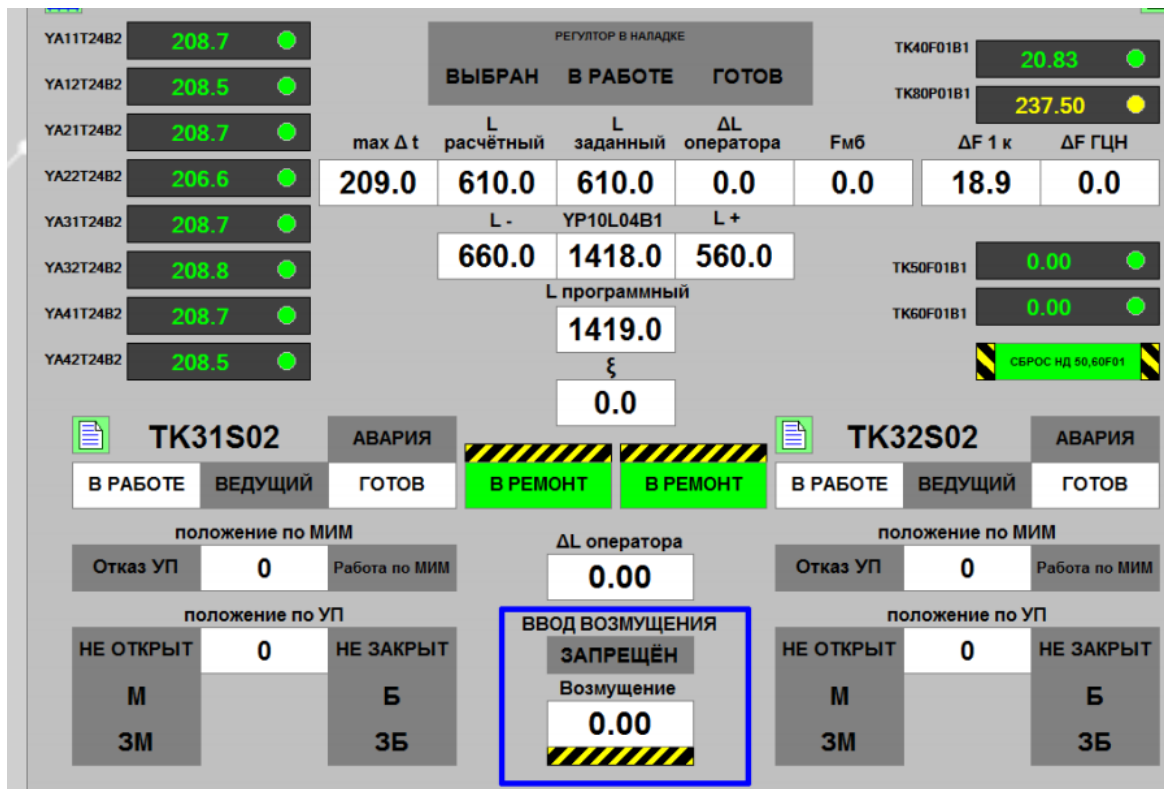


Рис. 1. Общий вид программного интерфейса ПТК САР РО

Главным достоинством модернизации является точность регулирования всех технологических процессов реакторного отделения за счет производства алгоритма управления на базе цифровых устройств. Происходит снижение риска некорректной работы систем регулирования в автоматическом режиме, минимизируется человеческая ошибка.

Основным критерием бесперебойной работы атомных станций является повышение безопасности на производстве. Данный комплекс полностью соответствует представленным критериям цифрового продукта мирового уровня и успешно внедрен на большинстве атомных станций России.

Литература

1. Регулятор «Каскад 2». [Электронный ресурс] URL: <https://www.kipspb.ru/catalog/6546/element11541.php> (дата обращения: 19.12.2020).
2. Московский завод Физприбор. [Электронный ресурс] URL: http://arch.simintech.ru/download/doc/Safonov_S_I_2014.pdf (дата обращения: 19.12.2020).

**Анализ параметров работы системы компенсатора объема первого контура
двухконтурной ядерной энергетической установки**

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

Ефремова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Атомная энергетика»;

Васильев Евгений Николаевич, 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 рассматриваются результаты анализа условий работы системы компенсации давления атомной энергетической установки и ее работа при номинальной и максимальной температуре воды в свободном объеме компенсатора давления и анализ результатов изменения механических свойств материала компенсатора давления в зависимости от его рабочих температур.

Для оборудования ядерной энергетической установки (ЯЭУ) важнейшим требованием является обеспечение высокой надежности и безопасности ее работы. Наиболее жесткие требования предъявляются к первому контуру, поскольку первый контур является радиоактивным, то утечки теплоносителя должны быть исключены, а если это невозможно, то протечки должны быть сведены к минимуму и находиться под контролем.

В данной работе предлагается к рассмотрению анализ параметров работы системы компенсатора объема в первом контуре двухконтурной ядерной энергетической установки.

Компенсатор объема представляет собой сосуд, предназначенный для создания и поддержания необходимого давления в первом контуре ЯЭУ, который способствует регулировке и поддержанию постоянного объема теплоносителя в нем, а также компенсирует объем теплоносителя при нагревании в замкнутом объеме первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки.

Корпус в рабочем состоянии находится под высоким давлением 15,8 МПа (158 кгс/см²) [1, 2]. Внизу корпуса имеется короткий отрезок трубопровода, который

соединяет горячую нитку одной из петель 1-го контура с объемом корпуса компенсатора давления (КД).

С целью упрощения представления схемы включения КД в гидравлическую схему первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки на рис. 1, представлена гидравлическая схема включения КД в контур одной из петель первого контура ЯЭУ.

Проведем анализ параметров работы компенсатора давления и одноименной системы, представленных в табл. 1 [3].

Таблица 1

Параметры работы компенсатора давления в первом контуре ЯЭУ
с реактором ВВЭР 1000

Наименование характеристики	Значение
Тепловая мощность реактора, $N_{ном}$, МВт	3120 ⁺¹²⁵
Количество циркуляционных петель, шт.	4
Расход теплоносителя в холодной нитке петли, м ³ /ч	21225 ⁺¹⁰⁰⁰ *
Давление теплоносителя на выходе из реактора, МПа	15,7±0,3
Температура теплоносителя на входе в реактор, °С	291 ⁺² *
Температура теплоносителя на выходе из реактора, °С	321±5 *
Максимальный линейный тепловой поток, Вт/см	448
Расход теплоносителя через реактор, м ³ /ч	84900 ⁺²⁷⁵⁰ *
Суммарные протечки теплоносителя мимо активной зоны, %	3
Гидравлические потери на реакторе / на активной зоне, МПа	0,407 / 0,173
Температура питательной воды при номинальной мощности, °С	220±5
Температура питательной воды при отключении ПВД, °С	164±4
Номинальный уровень в КД, м	8,17
Температура воды в КД в стационарном режиме, °С	346
Объем теплоносителя первого контура, м ³	370
Влажность генерируемого пара, %	0,2
Расчетные параметры первого контура (для расчетов на прочность):	
- давление, МПа, (избыточное);	17,64
- температура, °С	350
Расчетные параметры второго контура (для расчетов на прочность):	
- давление, МПа, (избыточное);	7,84
- температура, °С	300
Наименование характеристики	Значение
Давление (избыточное) гидравлических испытаний первого контура:	
- на плотность, МПа;	17,64
- на прочность, МПа	24,5
Давление (избыточное) гидравлических испытаний второго контура:	
- на плотность, МПа;	7,84
- на прочность, МПа	10,78
* Уточняются по результатам теплогидравлических расчетов	

Особое внимание уделим величинам параметров: температуре теплоносителя на выходе из реактора 594 К (321 °С) и температуре воды в КД в стационарном режиме 619 К (346 °С). Для этого по табличным данным найдем соответствующие давления насыщения воды для этих величин температур. Тогда для температуры воды 594 К (321 °С), давление насыщения составляет 11,5 МПа (115 кгс/см²), а для температуры воды 619 К (346 °С) соответственно 15,8 МПа (158 кгс/см²). Отсюда следует, что для нормальной работы первого контура необходима температура воды – теплоносителя в нем – 594 К (321 °С).

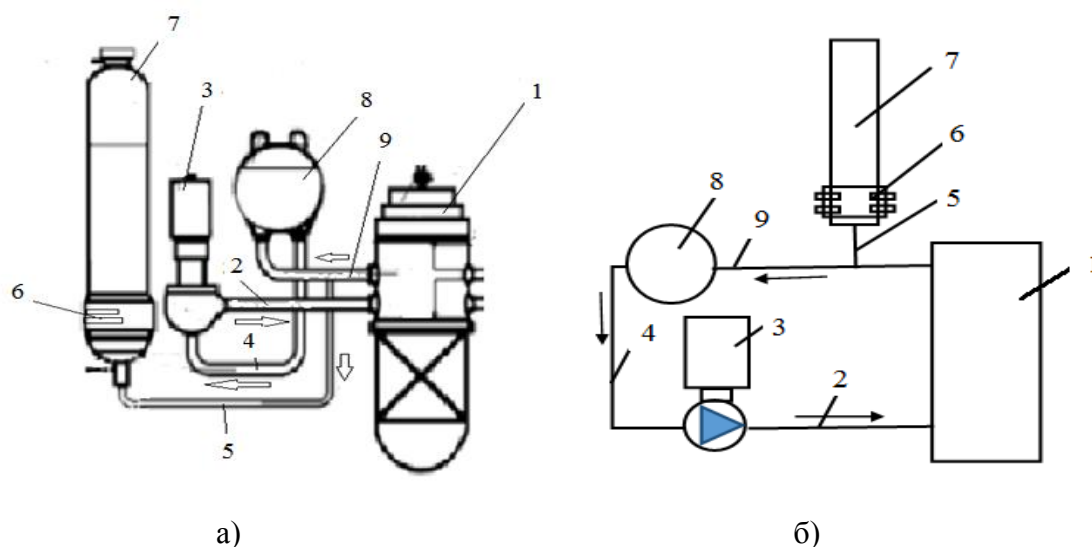


Рис. 1. Принципиальная упрощенная гидравлическая схема первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки:

а – технологическая схема; б – в условных обозначениях (развернутая), позиции условных обозначений одинаковы для обоих вариантов.

1 – реактор; 2 – трубопровод: главный циркуляционный насос – реактор;
 3 – главный циркуляционный насос; 4 – трубопровод: парогенератор – главный циркуляционный насос;
 5 – трубопровод от нижней части компенсатора давления к первому контуру; 6 – трубчатые электронагреватели; 7 – компенсатор давления;
 8 – парогенератор; 9 – трубопровод: реактор – парогенератор

Для обеспечения достижения предельных значений температуры, вследствие которых может произойти закипание воды, а также обеспечения гарантии целостности водяного потока в первом контуре ЯЭУ требуемая величина давления должна составлять 158 МПа [1, 2]. Поэтому для получения такого давления в первом контуре применяется «паровая подушка» в свободном объеме корпуса КД. Для этого в нижней части корпуса КД имеются: теплонагревающие элементы (ТЭНы). Электрическая мощность всех групп этих ТЭНов составляет 2520 МВт. При работе первого контура в условиях нормальной эксплуатации включаются ТЭНы и прогревают воду в нижней

части объема воды до 619 ± 2 К ($\sim 346 \pm 2$ °С) и соответственно получается давление пара 15,8 МПа (~ 160 кгс/см²).

Конструкция самого корпуса КД, его размеры, расположение арматуры внутри его объема представлено на рис. 2. В качестве примера можно привести параметры установленного КД на Ростовской АЭС 4 энергоблока внутренний объемом 79 м³ с толщиной стенок корпуса 160 мм, массой 178 тонн и длиной 14 метров.

На основании этих параметров получается, что разность температур, необходимая для работы с одной стороны – теплотехнических параметров и теплопередачи теплоты от первого второму контуру составляет 594 К (321 °С), а с другой – обеспечение требуемого давления пара в объеме КД необходима температура 619 К (346 °С). Причем также следует отметить, такая температура воды 619 К (346 °С) в нижней части КД и соответственно и температура пара в верхней части КД, тогда можно предположить, что температура самого корпуса КД также будет равна ~ 619 К (346 °С).

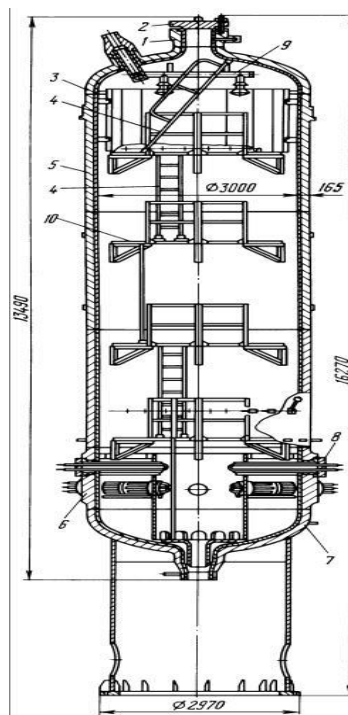


Рис. 2. Конструкция компенсатора давления ВВЭР-1000:

1 – горловина; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – лестница; 5 – обечайка; 6 – обечайка блоков ТЭН; 7 – днище; 8 – блок ТЭН; 9 – коллектор; 10 – площадка

Проведем анализ значений температур: рабочая температура в первом контуре составляет 594 К (321 °С), при этом для получения пара величина температуры должна быть 619 К (346 °С).

Определим количество тепла, отводимое от стенок КД по выражению:

$$Q = \alpha * S_{\text{пов}} \cdot \Delta t .$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м² К; $S_{\text{пов}}$ – площадь поверхности, отводимой теплоту, м²; Δt – перепад температур внутри и наружи корпуса КД, °С.

Тогда, для определения величины повышения теплоотдачи от наружной поверхности корпуса КД, при прочих равных условиях теплообмена, повышение теплоотода от поверхности будет определяться как отношение теплоперепадов при различных температурах и составит соответственно: 321 °С и 346 °С. Определив отношение перепадов температур внутри и снаружи корпуса КД, получим, что теплоотвод от поверхности КД увеличился на $\approx 10\%$.

Согласно оценочным данным, приведенным в [3], теплоотвод от теплоизолированной поверхности реактора составляет 700 кВт, а его площадь – 200 м². При этом удельный теплоотвод составит – 3,5 кВт/м². Так как температура теплоносителя в реакторе равна 594 К (321 °С), а в КД 619 К (346 °С), то и теплоотвод от поверхности КД будет выше на $\approx 10\%$. Оценочная поверхность КД с учетом термоизоляции составляет 109 м².

Теплоотвод при повышенной температуре внутри корпуса КД составит $109 \cdot 3,5 \cdot 1,1 = 419,65$ кВт, а повышение абсолютной величины теплоотода оценивается как ≈ 38 кВт.

Далее, для проведения оценки изменения механических свойств материала, в связи с разной температурой в первом контуре и внутри корпуса КД, воспользуемся программой ANSYS, которая предлагает широкий спектр возможностей элементного анализа. Результаты оценочного расчета представлены в табл. 2.

Талица 2

Результаты оценочного расчета свойств материала корпуса КД от температуры

Параметр	Материал наплавки корпуса КД		Разница параметра для материала наплавки	Материал корпуса КД		Разница параметра для материала корпуса КД
	320 °С	347 °С		320 °С	347 °С	
Теплопроводность, Вт/м К	19,2	19,47	0,27	43,2	43,47	0,27
Коэффициент Пуассона	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0
Коэффициент линейного температурного расширения, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	17,48	17,59	0,11	13,2	13,34	0,14
Модуль Юнга, 10 ⁹ Па	178	175,3	-2,7	193	190,3	-2,7

Кроме того, проанализируем данные в работе [5], где также имеются величины по механическим свойствам материала корпуса КД, изготовленного из стали 10ГН2МФА в зависимости от температуры. Эти параметры представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения свойств материала корпуса КД от температуры

Сталь 10ГН2МФА		
Температура испытаний, °С	20	350
Предел прочности, МПа	549 – 556	540
Предел текучести, МПа	419 – 446	406 - 429

Также будем использовать данные, приведенные в [6] для оценки параметров материала от влияния температуры. Проведенный анализ величин, представленных в табл. 2 и 3, показывает, что при увеличении температуры от 594 К (321 °С) до 619 К (346 °С) изменение предела кратковременной прочности является не значительным и не превышает 1 процента.

Снижение уровня температур корпуса КД на режимах эксплуатации с 619 К (346 °С) до 594 К (321 °С) позволит снизить и уровень внутренних термических напряжений между верхней и нижней частями корпуса КД, величины которых следует еще оценить.

Разработав систему компенсации давления, обеспечивающую необходимое давление в первом контуре ЯЭУ согласно требованиям безопасности, оставив при этом рабочую температуру в контуре равной 594 К (321 °С) и оставив неизменным уровень безопасности системы КД по величинам механических напряжений, можно рассмотреть возможность работы КД без нагревательных элементов. Это позволит снизить теплоотвод от поверхности КД на ≈ 38 кВт за счет снижения затрат на электроэнергию, необходимую для питания ТЭНов, что ведет к снижению себестоимости при эксплуатации ЯЭУ.

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. – 5-е изд. – М.: ИздАТ, 1994. – 289 с.
3. Основное оборудование реакторного отделения. Центр подготовки персонала. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская атомная станция, 2000. – С. 178.

4. Шевченко В.В. Анализ и разработка мероприятий по уменьшению аварийности электронагревателей / В.В. Шевченко // Системи обробки інформації. – 2009. – Вип. 4 (78). – С. 177-183.

5. О возможности увеличения допустимого времени суммарной термообработки сварных соединений стали 10ГН2МФА при проведении ремонтных работ / Е.Г. Старченко [и др.] // Вестник 22 МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – № 4. – С. 22-25.

6. 10ГН2МФА – Сталь жаропрочная высоколегированная. МАШИНФОРМ.РУ. [Электронный ресурс] URL: <https://mashinform.ru/marochnik/zharoprochnye-stali-i-splavy/10gn2mfa-obj251.html> (дата обращения: 15.12.2020).

УДК 621.22

Анализ условий работы системы компенсации давления при эксплуатации АЭС

¹Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор
кафедры «Атомная энергетика»;

²Краснолудский Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент,
ведущий инженер;

¹Акинфиева Алена Андреевна, студент специальности
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

¹Белостропова Вероника Эдуардовна, студент специальности
«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»

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

²АО «Концерн Росэнергоатом» Балаковская АЭС, г. Балаково

В статье приведены анализ, основные параметры и технические характеристики компенсатора давления и рассмотрены режимы его работы, назначение, а также конструкция компенсатора давления с реактором типа ВВЭР-1000/320.

Компенсатор давления (КД) – система, включающая оборудование, в том числе и крупногабаритное, предназначенная для создания и поддержания необходимого давления, а также регулирования объема теплоносителя в первом контуре АЭС. КД

используется только для реакторов, в которых происходит циркуляция воды под давлением (в том числе используется тяжелая вода).

КД входят в состав реакторов, которые работают на атомных электростанциях, ледоколах, судах и подводных лодках.

Наличие компенсатора давления в первом контуре позволяет:

- ограничивать давление, повышающееся в связи с изменением температуры при работе реактора;
- снижать давление во время расхолаживания реактора;
- защищать первый контур от резкого увеличения давления;
- поддерживать давление на необходимом уровне в период эксплуатации и при пуске реакторной установки (РУ).

Стоит отметить, что необходимость применения КД объясняется тем, что используемая в качестве теплоносителя вода, имеет большой температурный коэффициент объемного расширения и низкую сжимаемость, вследствие чего в первом контуре, при отсутствии КД, возможны большие изменения давления.

Компенсатор давления, как правило, выполняется в виде вертикального сосуда, устанавливаемого на кольцевую опору. Материал обечеек и днищ – низколегированная сталь марки 10ГН2МФА. Внутренняя поверхность КД плакирована нержавеющей сталью.

Общая высота и внутренний диаметр компенсатора давления составляют 16,3 м и 3,0 м, соответственно, а общий внутренний объем – 79 м³. Компенсатор имеет погружные электронагреватели общей мощностью 2520 кВт. Компенсатор имеет два предохранительных клапана с механическим приводом и три предохранительных клапана с автоматическим приводом.

Основные параметры системы КД представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические данные системы компенсации давления и электронагревателя

Параметры компенсатора	
Номинальное давление стационарного режима, МПа (кгс/см ²)	~15,7 ±0,3 (160 ±3)
Температура номинального стационарного режима, К (°С)	~619 ±2 (346 ±2)
Рабочая среда	пар, вода I контура
Емкость (полный объем), м ³	79
Объем воды при номинальном режиме, м ³	55

Параметры электронагревателя	
мощность единичного нагревателя, кВт	90
общая мощность блоков электронагревателей, кВт	2520

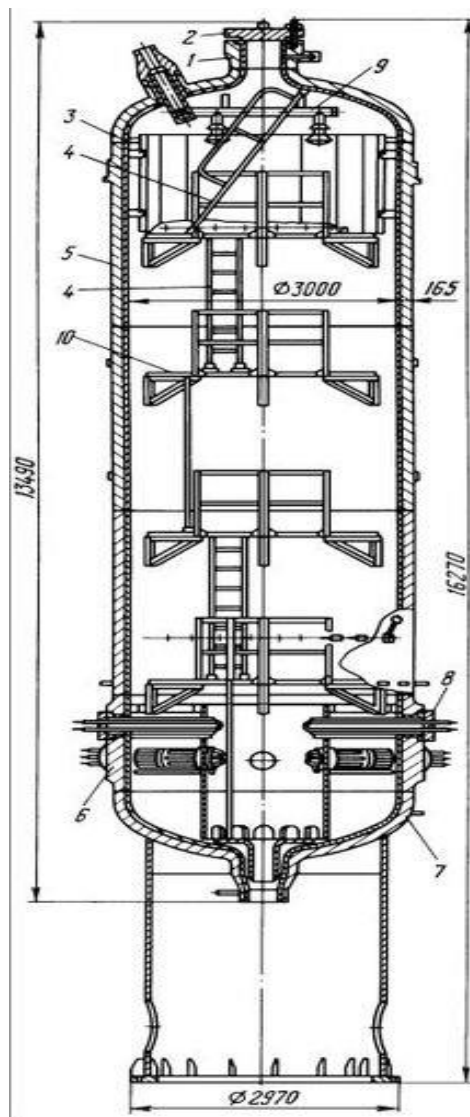
В верхней части КД имеется: люк для визуального осмотра и технического обслуживания, трубопровод впрыска теплоносителя и трубопровод сброса пара через импульсное предохранительное устройство в барботёр, штуцера и импульсные трубки для измерения уровня воды и других параметров. К нижнему днищу КД приварен патрубок с переходом к трубе 426х40 мм, соединяющей компенсатор давления с «горячей» ниткой 4 петли ГЦТ первого контура. Внутри КД установлено разбрызгивающее устройство, защитный экран и блоки трубчатых электронагревателей (ТЭН).

На АЭС применяют паровой компенсатор давления, эскиз которого представлен на рис. 1.

Сосуд КД находится под высоким давлением [1, 2]. В нижней части корпуса КД установлен трубопровод, который соединяет горячую нитку одной из петель 1-го контура с КД.

Проектированию систем трубопроводов при создании атомной станции уделяется значительное внимание, а их стоимость достигает 10 % общей стоимости оборудования всей станции. В свою очередь, от надежности работы и эксплуатации этих трубопроводов зависит и надежность работы всей станции в целом.

Наиболее ответственными и главными трубопроводами считаются непосредственно связанные с технологическим процессом станции [4]. По этим трубопроводам проходит радиоактивная среда с номинальными параметрами и, соответственно, расходами. На электростанциях для повышения надежности в основном используют бесшовные трубы (холодно-тянутые и горячекатаные) и в некоторых случаях для циркуляционных водоводов и некоторых вспомогательных трубопроводов – сварные, как наиболее дешёвые.



*Рис. 1. Конструкция компенсатора давления ВВЭР-1000/320:
 1 – горловина; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – лестница; 5 – обечайка;
 6 – обечайка блоков ТЭН; 7 – днище; 8 – блок ТЭН; 9 – коллектор;
 10 – площадка*

В реакторах типа ВВЭР система компенсации давления функционирует для поддержания давления в системе теплоносителя первого контура в таком диапазоне, чтобы не происходило кипения при нормальных и переходных режимах работы. Давление обычно регулируется с помощью нагревателей и распыления воды из холодной нитки контура. Система управления КД может изменять давление, регулируя мощность нагревателя и/или расход распыления. На рис. 2 показана схема регулятора давления.

Водяной объем компенсатора давления соединен линией с «горячей» ниткой первого контура, по которой нагретый теплоноситель поступает из реактора в парогенератор.

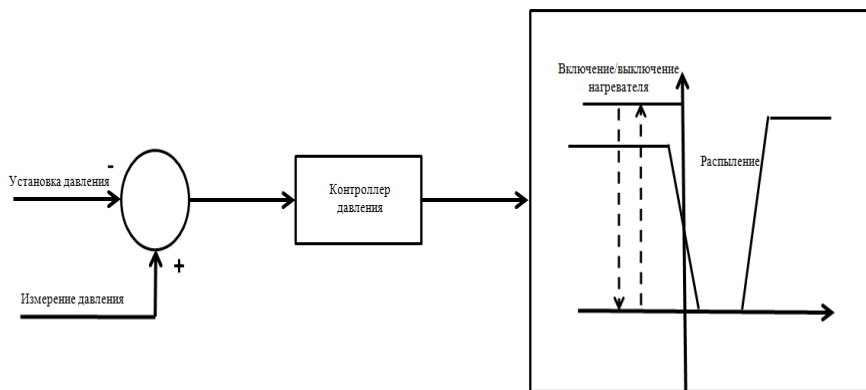


Рис. 2. Типовая схема регулятора давления в КД

При номинальной мощности компенсатор давления на 60 % заполнен водой. В пространстве компенсатора давления существует баланс воды и пара. Уровень воды в КД указывает на запас воды в системе теплоносителя реактора. Изменение уровня воды в компенсаторе давления обычно является результатом изменений плотности воды, вызванных изменениями средней температуры охлаждающей жидкости.

Система химического контроля и контроля объема или система подпитки и очистки контролирует уровень воды в компенсаторе давления. Две другие функции подпитки и очистки – это очистка воды с использованием фильтров и деминерализаторов путем добавления или удаления борной кислоты.

Вода в КД находится при температуре насыщения для паровой подушки в установившемся состоянии. Распыление холодной водой поступает с верхней части КД, а в нижней части работают электрические нагреватели. Устойчивое состояние может быть нарушено притоком или оттоком воды по соединительному трубопроводу с контуром, и при необходимости изменениями расхода воды из холодной нитки контура и ее распылением либо изменениями мощности нагревателей.

За счет получения тепла от ТЭНов достигается кипение воды в объеме КД, а образующийся пар собирается в верхней его части, создавая при этом паровую подушку и необходимое давление в первом контуре АЭС.

Уменьшить давление паровой подушки можно за счет конденсации пара при подаче теплоносителя из холодной нитки первого контура, которая поступает в КД, а также за счет снижения мощности электронагревателей. Соответственно, при увеличении объема паровой подушки, увеличивается мощность электронагревателей. Для компенсации объема давление поддерживается в пределах 5 % от номинального. Из анализа этих параметров выбирают объем теплоносителя и пара в КД.

Созданное в сосуде давление (корпус КД) передается по трубопроводу, соединяющему его нижнюю часть с горячей ниткой циркуляционной петли первого контура, и далее в основной контур по принципу сообщающихся сосудов.

К основным достоинствам установок компенсации давления относятся:

- компактность КД;
- надёжность работы.

К недостаткам паровых компенсаторов давления относятся:

– необходимость производить сдувку парогазовой смеси из верхней части парового объема компенсатора давления, принимать эту парогазовую смесь во внешние системы и восполнять потери теплоносителя вместе с необходимым объемом содержащихся в нем химических элементов;

– необходимость затрачивать дополнительную энергию на испарение жидкости;

– необходимость иметь в нижней части объема КД температуру 619 К (346 °С) для паровой подушки и температуру на 26 °С выше, чем в основном первом контуре, равной 590 К (320 °С).

С течением времени требования к безопасности АЭС становятся все более жесткими. При анализе аварийных ситуаций, вызвавших широкий общественный резонанс, можно сделать вывод, что для безопасной работы станции важна правильная эксплуатация КД. Например, авария на Три-Майл-Айленд США, где неправильные показания уровнемера в компенсаторе давления привели к дальнейшей утечке теплоносителя первого контура [8]. Важность качественного и устойчивого управления параметрами системы компенсации давления, как в режимах нормальной эксплуатации, так и в аварийных режимах, подтверждается несколькими инцидентами [8] и является приоритетной задачей в атомной энергетике.

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. – 5-е изд. / Т.Х. Маргулова. – М.: ИздАТ, 1994. – 269 с.

3. Анализ систем компенсации давления в реакторной установке с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР). [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/236/54928/> (дата обращения: 14.12.2020).

4. Реакторные установки ВВЭР. [Электронный ресурс] URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/reaktornye-ustanovki-vver-dlya-aes-48.html> (дата обращения: 28.11.2020).

5. Система компенсации давления в контуре ВВЭР. [Электронный ресурс] URL: <http://nuclearfactor.ru/energy/aes/35-123.html> (дата обращения: 05.12.2020).

6. Пат. 2685220 Российская Федерация, МПК G21C 15/00. Устройство первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки / А.В. Разуваев; заявитель и патентообладатель А.В. Разуваев № 2018114884; заявл. 18.09.2017; опубл. 17.04.2019. – 6 с.

7. Основное оборудование реакторного отделения. Центр подготовки персонала. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская атомная станция, 2000. – С. 178.

8. Регулирование давления и уровня в паровых компенсаторах объема. [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/1449560/> (дата обращения: 05.12.2020).

9. Компенсатор давления. [Электронный ресурс] URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1526583> (дата обращения: 05.12.2020).

УДК 621.22

Модернизация системы компенсации давления при эксплуатации АЭС

¹Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор кафедры «Атомная энергетика»;

²Краснолудский Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент, ведущий инженер;

¹Акинфиева Алена Андреевна, студент специальности «Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

¹Белостропова Вероника Эдуардовна, студент специальности «Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»

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

²АО «Концерн Росэнергоатом» Балаковская АЭС, г. Балаково

В работе представлен анализ работы схемы первого контура эксплуатирующихся в настоящее время ядерных энергетических установок и анализ при этом ее недостатков. Рассмотрено техническое решение по модернизации системы

компенсации давления, способствующее повышению надежности и экономической эффективности эксплуатации работы двухконтурной ядерной энергетической установки с реактором типа ВВЭР.

Принципиальная упрощенная гидравлическая схема первого контура эксплуатирующихся в настоящее время ядерных энергетических установок представлена на рис. 1 [1].

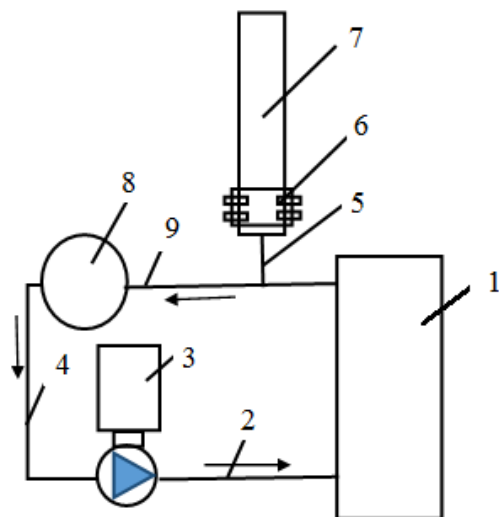


Рис. 1. Принципиальная упрощенная гидравлическая схема первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки:

1 – реактор; 2 – трубопровод: главный циркуляционный насос – реактор;
3 – главный циркуляционный насос; 4 – трубопровод: парогенератор – главный циркуляционный насос; 5 – трубопровод от нижней части компенсатора давления к первому контуру; 6 – трубчатые электронагреватели; 7 – компенсатор давления; 8 – парогенератор; 9 – трубопровод: реактор – парогенератор

При условиях эксплуатации и в соответствии с требованиями по безопасности далее представляются параметры работы системы компенсации давления.

Параметры работы системы компенсации давления [5]:

1. Скорость разогрева первого контура не должна превышать 20 °С/ч.
2. Скорость разогрева КД не должна превышать:
 - 2.1. 20 °С/ч при азотной «подушке» в КД;
 - 2.2. 20 °С/ч при температуре в КД менее 483 К (210 °С);
 - 2.3 30 °С/ч при температуре в КД более 483 К (210 °С) (после перехода на паровую «подушку»).
3. Разность температур верха и низа корпуса КД не должна превышать 323 К (50 °С).

4. Разность температур верха и низа корпуса КД при разогреве не должна превышать 358 К (85 °С).

5. Разность температур теплоносителя в КД и в первом контуре не должна выходить за пределы 293...343 К (20-70 °С).

6. При температуре первого контура более 323 К (50 °С) должна быть подана вода промконтура на ГЦН.

7. Во время сдувки азота давление в первом контуре не должно снижаться до значения, гарантирующего запас до вскипания не менее 15 °С.

8. При прекращении принудительной циркуляции в первом контуре контролировать наличие естественной циркуляции и запаса до вскипания не менее 15 °С на выходе из ТВС.

9. Скорость изменения давления в первом и втором контурах должна быть не более 10 кгс/см² в минуту.

Вышеперечисленные параметры свидетельствуют о необходимости более равномерного температурного перепада по всему корпусу КД [3]. На основании этого предлагается модернизированная гидравлическая схема включения КД в первый контур двухконтурной ядерной энергетической установки [6]. В предлагаемой схеме осуществляется циркуляция части горячей воды, взятой из петли «реактор – парогенератор» и подаваемой в верхнюю часть корпуса КД, слив воды осуществляется также как и прежде – через нижнюю часть корпуса, но подается на всасывание главного циркуляционного насоса. Модернизированная гидравлическая схема представлена на рис. 2 [6, 8].

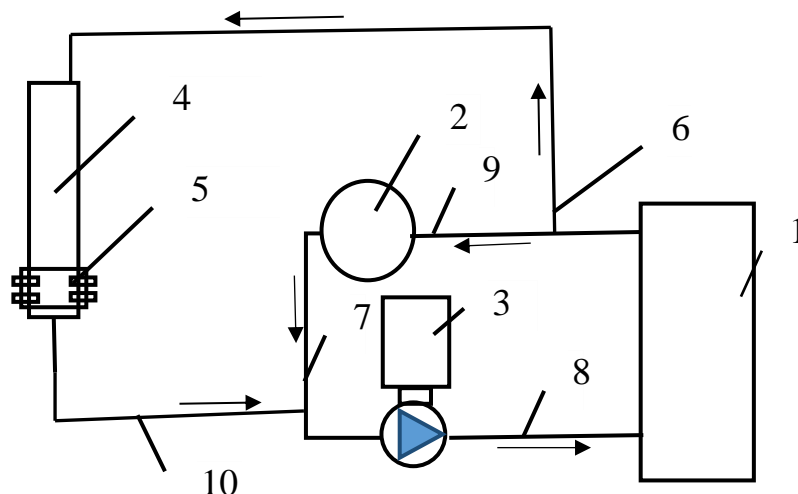


Рис. 2. Предлагаемая модернизированная гидравлическая схема включения компенсатора давления в первый контур системы циркуляции двухконтурной ядерной энергетической установки:

*1 – реактор; 2 – парогенератор; 3 – главный циркуляционный насос;
4 – компенсатор давления; 5 – трубчатые электронагреватели; 6 – трубопровод к верхней части компенсатора давления; 7 – трубопровод парогенератор – главный циркуляционный насос; 8 – трубопровод главный циркуляционный насос – реактор;
9 – трубопровод реактор – парогенератор; 10 – трубопровод от нижней части компенсатора давления на вход главного циркуляционного насоса*

В предлагаемой модернизированной схеме включения КД в контур остальные системы контроля, мониторинга, защиты и т. д. по возможности остаются прежними.

Особое внимание необходимо уделить системе трубопроводов так как это непосредственно касается модернизированной схемы.

Для обеспечения работы АЭС необходимы различные по характеристикам трубопроводы. Проектированию систем трубопроводов при создании атомной станции уделяется значительное внимание, их стоимость достигает 10 % общей стоимости оборудования всей станции, от надежности работы эксплуатации этих трубопроводов зависит и надежность работы всей станции в целом.

Наиболее ответственными и главными трубопроводами считаются трубопроводы, непосредственно связанные с технологическим процессом станции [4]. По этим трубопроводам проходит радиоактивная среда. На электростанциях для повышения надежности в основном используют бесшовные трубы (холодно-тянутые и горячекатаные), в некоторых случаях для циркуляционных водоводов и некоторых вспомогательных трубопроводов – сварные, как наиболее дешёвые.

Марки сталей для соответствующей эксплуатации труб, по которым транспортируют коррозионно-неагрессивные среды, зависят от параметров теплоносителя, давления и температуры. Так при температурах до 723 К (450 °С) используют углеродистые стали 10 и 20. В интервале температур от 723 К до 843 К

(450-570 °С) – стали перлитного класса, легированные хромом 0,5-2 %, молибденом 0,3-1 % и ванадием 0,2-0,4 %; наиболее распространены стали 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.

Стали, различные по химсоставу и классам, имеют отличия и по стоимости. Например, отношения стоимостей углеродистых, перлитных легированных и аустенитных сталей отличаются примерно 1:2,5:10 (15), поэтому повышение условий эксплуатации в виде давления и температуры, вызывают изменение класса сталей, что приводит к соответствующему удорожанию трубопроводов.

Для трубопроводов АЭС, за исключением главного циркуляционного контура реактора, применяют стали перлитного класса – легированные для участков насыщенного и перегретого пара и углеродистые для остальных участков.

Для трубопроводов первого контура т. е. главного циркуляционного контура используют нержавеющие аустенитные стали, что приводит к соответствующему удорожанию в целом оборудования АЭС, поэтому для трубопроводов больших диаметров применяют перлитные стали с плакировкой изнутри нержавеющей аустенитной сталью, что позволяет несколько снизить стоимость этой трубы. Основное назначение нанесенной плакировки – защита перлитной стали от эрозии, которая может иметь место в связи со значительными скоростями теплоносителя – воды.

Конструктивные особенности проектирования и выполнения трубопроводов, температура среды в которых выше 318 К (45 °С), должны иметь тепловую изоляцию с температурой на ее поверхности 318...321 К (45-48 °С). В местах сварки трубопровода теплоизоляция должна допускать ее быстрый съем и восстановление. Некоторые трубопроводы имеют металлическую внешнюю обшивку в виде листового алюминия или оцинкованного стального листа.

Внутренний диаметр труб принимают в зависимости от расхода и скорости среды, а необходимую толщину стенки и наружный диаметр трубопровода – исходя из расчета на прочность при соответствующем давлении среды. Трубы выбирают по сортаменту из имеющихся, ближайшие по размерам, и проверяют их на прочность.

Выбор скоростей сред внутри труб делается на основе технико-экономических расчетов и с учетом опыта проектных организаций. Принимаются следующие примерные значения:

- для острого пара – 45-50 м/с;
- для пара низкого давления – 50-70 м/с;
- для питательной воды – 4-6 м/с (трубы из углеродистых сталей) и 8-12 м/с (трубы из аустенитных нержавеющих сталей);
- для газа и воздуха – 10-20 м/с.

Сначала следует отметить некоторые недостатки действующего технического решения по сравнению с предлагаемой модернизированной схемой на рис. 2.

Во-первых, при циркуляции воды по первому контуру (в действующей схеме), отсутствует циркуляция горячей воды через компенсатор давления в связи с чем возникают термические напряжения при работе систем трубопроводов и оборудования первого контура. Это связано с тем, что горячая вода первого контура по трубопроводу 9 (рис. 1) не поступает в компенсатор давления, а только передает увеличивающийся объем воды из-за повышения ее температуры.

Нагрев объема воды в компенсаторе давления осуществляется электрическими нагревателями (рис. 1, поз. 6), что приводит к дополнительным расходам электроэнергии.

Во-вторых, для образования пара применяются электрические нагреватели. При этом расходуется электрическая энергия, в результате этого снижается коэффициент полезного действия самой станции.

В-третьих, в инструкции по эксплуатации имеются требования по обеспечению перепада температур в системах (например, в инструкции по эксплуатации реакторной установки В-320 [5]). Тем самым необходимо контролировать эти перепады температур, что влечет за собой дополнительное потребление выработанной электроэнергии и снижение КПД самой энергетической установки.

При прохождении горячей воды через компенсатор давления будет равномерно прогреваться сам корпус компенсатора давления, что приведет к выравниванию его температур, а значит и к снижению внутренних термических напряжений [4].

Оценим величину давления воздуха в свободном от воды объеме внутри КД, при повышении его температуры и уменьшении объема.

Объем воздуха в свободном объеме КД после заправки водой контура в холодном состоянии составляет 55 м^3 [7]. Общий внутренний объем КД 79 м^3 , тогда объем воздуха составит 24 м^3 . Узнаем объем воздуха в КД после заполнения его контура и до его разогрева с учетом величины объемного расширения воды от 303 К ($30 \text{ }^\circ\text{C}$) до 593 К ($320 \text{ }^\circ\text{C}$). Эта величина составляет 22 м^3 . Объем воздуха в КД до начала прогрева контура 64 м^3 . Необходимо отметить, что верхний смотровой люк КД должен быть герметично закрыт до начала прогрева самого контура. При исходных начальных параметрах воздуха: $P_1 = 1 \text{ атм}$, $V_1 = 46 \text{ м}^3$. $T_1 = 303 \text{ К}$ и его конечных: $V_2 = 24 \text{ м}^3$. $T_2 = 593 \text{ К}$, определим P_2 из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_2} = 1,02 \text{ атм.} \quad (2)$$

Эту величину необходимо прибавить к давлению насыщения при конкретной температуре кипения 593 К (320 °С). По табличным данным величина давления насыщения при $T_2 = 593 \text{ К}$ (320 °С) составляет $P_2 = 112,9 \text{ атм}$ и прибавив к ней давление 1,02 атм, будем иметь $P'_2 = 113,92 \text{ атм}$, а температура насыщения при этом составит $T'_2 = 599 \text{ К}$ (~322 °С). Данная величина температуры T_2 больше, чем необходимая для работы в контуре, но все же не обеспечивает необходимый запас по температуре в контуре, который должен составлять как минимум 25 °С с обеспечением необходимого давления 16 МПа (160 атм).

Необходимо определиться с расходом горячей воды в верхнюю часть КД с обеспечением ее слива. Поэтому обосновываем расход подачи воды в КД, величиной допуска расхода воды по главному циркуляционному насосу, который составляет $21\,220 \frac{+1000}{-1200} \text{ м}^3/\text{ч}$ или допуск в относительных величинах: «+4,7 %» и «-5,6 %».

Тогда приняв 5 % от расхода петли контура:

расход через КД составит $1061 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,295 \text{ м}^3/\text{с}$), примем диаметр подающей трубы из номенклатуры труб для АЭС $D_{\text{под}} = 219 \text{ мм}$. После расчета площади внутреннего проходного сечения трубы рассчитаем скорость теплоносителя в этой трубе, которая составит – 7,82 м/с, что находится в рекомендуемых значениях скоростей.

Проведем проверку обеспечения слива воды (расходом от подачи в корпус КД) с дыхательного объема по трубе с внутренним диаметром 426 мм. Сначала оценим уровень воды в КД над точкой слива воды на всасывании в ГЦН. Причем точка всасывания воды насосом имеет самое минимальное давление по контуру. По монтажно-габаритному эскизу эта величина составляет – 6 м. Расчет высоты напора воды в корпусе КД определим с учетом температуры (320 °С) воды и удельного веса ($\rho = 666,9 \text{ кг/м}^3$). Результат расчета составил ~ 4 м.

Сопротивление слива с КД (расход составляет $0,295 \text{ м}^3/\text{с}$), расчетная скорость при этом составила 2,071 м/с. Сопротивление потоку по длине при сопротивлении трубы 0,015 на метр и при ее длине 13 м составит 0,1 м, а с учетом местных сопротивлений (2 - поворотов) – 0,275 м. Тогда суммарное сопротивление составит 0,375 м. Сравнивая эти данные можно сделать вывод о приемлемой пропускной способности сливной трубы с КД и обеспечении циркуляции воды через КД.

Предлагаемая модернизированная схема установки КД должна повысить надежность и экономичность атомной станции. Часть горячей воды, проходящая через

КД, испаряясь, создает температуру в свободном объеме КД, равную температуре первого контура, что способствует выравниванию температурного напора по корпусу КД и снижению расходов электроэнергии на нагрев воды в КД электрическими нагревателями.

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. – 5-е изд. / Т.Х. Маргулова. – М.: ИздАТ, 1994. – 269 с.

3. С.М. Дмитриев Конструирование основного оборудования АЭС: учеб. пособие / С.М. Дмитриев, В.А. Фарафонов; под общ. ред. С.М. Дмитриева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2009. – С 509.

4. Ядерные реакторы. [Электронный ресурс] URL: <http://reactors.ru> и <http://reactors.narod.ru> (дата обращения: 12.02.2020).

5. Инструкции по эксплуатации «Системы первого контура реакторной установки» ИЭ.3.УА.РЦ-2/03.

6. Пат. 2685220 Российская Федерация, МПК G21C 15/00. Устройство первого контура двухконтурной ядерной энергетической установки / А.В. Разуваев; заявитель и патентообладатель А.В. Разуваев № 2018114884; заявл. 18.09.2017; опубл. 17.04.2019. – 6 с.

7. Основное оборудование реакторного отделения. Центр подготовки персонала. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская атомная станция, 2000. – С. 178.

8. Разуваев А.В. Повышение эффективности работы двухконтурной ядерной энергетической установки с реактором типа ВВЭР / А.В. Разуваев, Е.П. Лебедев, А.А. Акинфиева. – Обнинск: Будущее атомной энергетики, 2017. – С. 140-142.

Актуальность использования на современных АЭС ядерных реакторов на быстрых нейтронах

Саенко Василий Витальевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»;

Краснолудский Николай Викторович, кандидат технических наук т, доцент кафедры

«Атомная энергетика»

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

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

В статье рассмотрены вопросы, связанные с актуальностью использования ядерных реакторов на быстрых нейтронах на современных АЭС, их преимущества и недостатки.

В основе ядерной энергетики лежит одно интересное свойство ядер урана и некоторых других элементов: если выстрелить в такое ядро нейтроном, то оно сначала поглотит его, а затем разделится [1]. В результате (рис. 1) этого образуется два ядра атомов других элементов (барий и криптон), довольно значительное количество энергии и от 2 до 3 свободных нейтронов. Каждый из них может попасть в другой атом урана и вызвать его распад.

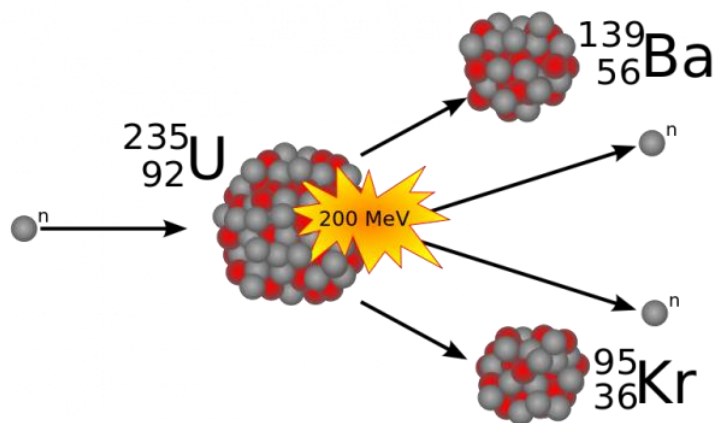


Рис. 1. Механизм деления ядра урана

Процесс будет идти по нарастающей – с всё большим количеством свободных нейтронов и всё большим выделением энергии. Это и называется цепной реакцией. Точнее, это частный случай цепной реакции – процесса, в ходе которого выделяются продукты, требующиеся для возникновения первоначальной реакции, но в большем количестве.

Если процесс будет продолжаться, то вскоре в него будут вовлечены уже миллиарды атомов, при делении которых будут высвобождаться колоссальные объёмы энергии. Цепная ядерная реакция станет неуправляемой. Произойдёт то, что мы называем ядерным взрывом. Так как мы хотим этого избежать, то нам надо, чтобы энергия выделялась предсказуемо, постепенно и примерно одинаковыми темпами. Поэтому в ядерных реакторах добиваются того, чтобы из всех нейтронов, выделившихся при распаде N атомов урана на данном «шаге» реакции, в другие атомы попали лишь ровно N . Остальные нейтроны удаляют из реактора путем введения в него специальных поглощающих нейтроны веществ, вроде карбида бора.

В реальности, выделившиеся при распаде ядра нейтроны летят слишком быстро для того, чтобы успеть слиться с атомами. В результате они просто пролетают через объём вещества и улетают прочь. Для того, чтобы атомы стали поглощать эти нейтроны, их сначала надо замедлить – до скоростей, с которыми движутся сами атомы в веществе. Это движение называют тепловым, а нейтроны, летящие с такими скоростями, называют тепловыми или медленными нейтронами – в противовес быстрым нейтронам, выделяющимся непосредственно при реакции. Для замедления нейтронов их поток пропускают через материалы, имеющие свойство уменьшать скорость проходящих через них нейтронов без поглощения – например, воду, графит или свинец.

Самая главная проблема на сегодняшний день состоит в том, что в природе существует несколько видов (изотопов) атомов урана. Как известно, ядро атома состоит из протонов и нейтронов. Протонов во всех ядрах урана 92, а вот количество нейтронов может меняться от 125 до 151. Суммарно же общее число протонов и нейтронов может меняться от 217 до 243. Именно эта цифра используется для обозначения разных изотопов.

В природе наиболее распространён уран-238 (92 протона, 146 нейтронов), количество которого составляет 99,3 % от всего урана на Земле и добывается в специальных карьерах (рис. 2), при этом для ядерного реактора он не годится, так как при попадании в него нейтроном он не распадается. Поэтому используется другой изотоп – уран-235 (92 протона, 143 нейтрона), которого в природе всего 0,7 %.



Рис. 2. Урановый карьер

Чтобы создать пригодный для использования в реакторе уран, долю урана-235 в нём надо поднять примерно до 10 %, т. е. в 700 раз. На практике обогащение урана – долгая, технологически сложная и достаточно дорогостоящая процедура.

При этом запасы урана лишь кажутся неисчерпаемыми, так как атомную промышленность интересует не уран вообще, которого действительно очень много, а только уран-235, которого очень мало. Вероятней всего, его хватит примерно на 85 лет. Нефть и газ, как ожидается, к тому моменту уже закончатся, и человечество останется без электричества. Альтернативные источники энергии не смогут закрыть эту нишу, так как их доля в энергетическом балансе человечества составляет всего около 5 %.

Уран-238 тоже может захватывать нейтроны, при этом он претерпевает некоторые превращения, которые не порождают цепную реакцию: превращается сначала в нептуний-239, а затем в плутоний-239, который способен поддерживать цепную реакцию деления, так же как это делает уран-235.

В активной зоне реактора есть «лишние» нейтроны, которые нам приходится удалять из реакции с помощью различных поглотителей. Если использовать их для облучения урана-238 и превращения его в ценный топливный плутоний-239, то в результате мы сможем одновременно производить электроэнергию и получать новое ядерное топливо. Для осуществления данной реакции необходимы быстрые нейтроны, то есть должен быть реактор именно на быстрых нейтронах.

Создать такой реактор оказалось теоретически возможно, но практически – вовсе не так уж просто. Во-первых, уран-235 неохотно захватывает быстрые нейтроны. Его можно заставить это сделать, но плотность нейтронного потока должна быть гораздо выше. Для этого надо использовать более концентрированное топливо, условия

в активной зоне реактора (температура, нейтронные потоки) тоже будут более жёсткими, что потребует более устойчивых материалов. Во-вторых, нужны именно быстрые нейтроны, поэтому нужно максимально избегать присутствия в реакторе замедляющих их материалов. В наиболее часто используемых реакторах для снятия выработавшейся внутри активной зоны энергии используется вода: она под давлением омывает раскалённое ядерное топливо, нагревается, затем испаряется, а получившийся пар вращает турбину, которая и вырабатывает электричество. Но вода сильно замедляет нейтроны, в реакторе на медленных нейтронах это плюс, а вот в реакторе на быстрых – критический минус. Поэтому вместо воды необходимо использовать легкоплавкие металлы – свинец, висмут или натрий.

Наилучшим вариантом является натрий, но и он может бурно реагировать и с кислородом, и с водой, причём в последнем случае ещё и выделять взрывоопасный водород. Однако советским инженерам удалось создать первый в мире коммерческий реактор на быстрых нейтронах БН-600. А в 2015 году, уже в Российской Федерации, был запущен реактор БН-800 (рис. 3), приспособленный уже для работы на плутониевом топливе с замкнутым циклом воспроизводства [2].



Рис. 3. Реактор БН-800

Расчёты показывают, что с помощью этой технологии можно превратить в топливо до 30 % урана-238. А это значит, что полезное применение будут находить уже не 0,7 % природного урана, а порядка 30 %. А значит, и запасы мирового урана возрастают примерно в 43 раза. И нам этих запасов хватит уже не на 80, к примеру, лет, а примерно на 3500.

Так же в реакторах на быстрых нейтронах можно пережигать отработанное ядерное топливо «медленных» реакторов, переработка и хранение которого во всех других случаях представляет собой серьезную проблему.

Реактор на быстрых нейтронах является более экологически чистым и безопасным, так как в нем не используется вода, а значит, и водорода, который хорошо взрывается при взаимодействии с кислородом воздуха, взятая неоткуда.

В водяных реакторах в системах охлаждения поддерживается очень большое давление, чтобы вода не закипела, а большое давление всегда порождает риск прорыва трубопроводов. Следствием чего являются утечки радиоактивной воды и нарушения работы системы охлаждения. Более того, стоит «немного» перегреть реактор – и вода всё-таки закипит, это может привести к необратимым последствиям. С натрием этой проблемы нет, так как он плавится примерно при 100 градусах, а вот закипает – при 900. Так что держать натрий можно практически при атмосферном давлении, а если герметичность реактора нарушится, то ничего смертельного не произойдет: натрий не вскипит и не испарится, оставив реактор без охлаждения. Химическая активность натрия пойдет на пользу: вступив в реакцию с кислородом и водой воздуха, радиоактивный натрий из системы охлаждения окажется связанным в стойкие химические соединения, которые не смогут покинуть помещения станции, и распространиться на многие километры вокруг.

В настоящее время энергетические реакторы на быстрых нейтронах успешно делает только Россия. США пытались строить свои «быстрые» реакторы, но дальше нескольких экспериментальных реакторов дело так и не пошло. У французов получилось лучше: их «Феникс» (рис. 4) проработал с большими перерывами 27 лет, но при этом работал очень нестабильно с неожиданными скачками мощности и необъяснимыми срабатываниями систем защиты. В 2010 году французами «Феникс» был остановлен.

Японцы тоже пробовали, но после ряда аварий решили попросту его разобрать. Индия собиралась запустить такой реактор в 2015-м, но так и не запустила.



Рис. 4. Атомный реактор «Феникс»

Так что Россия в этой сфере является мировым лидером: сейчас идут работы по созданию следующего поколения быстрых реакторов, БН-1200, который уже планируют пустить в полномасштабную серию к 2030 году.

Литература

1. Livejournal.com. [Электронный ресурс] URL: <https://yuritkachev.livejournal.com/5450.html/> (дата обращения: 22.12.2020).

2. Сделано у нас, нам есть чем гордиться. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах: почему это мегакруто. [Электронный ресурс] URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/113769/> (дата обращения: 22.12.2020).

УДК 621.43

Энергетические установки с твердополимерными топливными элементами для транспортных средств

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук, профессор кафедры
«Тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов»
Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего
образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени
генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации,
г. Санкт-Петербург

Рассмотрены электрохимические энергетические установки на базе топливных элементов с твердополимерным электролитом для транспорта. Показан макетный образец автомобильной электрохимической энергоустановки, разработанной

филиалом «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Представлены результаты совместных исследований ВИ (ИТ) ВА МТО и филиала «ЦНИИ СЭТ» по обеспечению безопасной эксплуатации и повышению надежности функционирования батарей твердотопливных элементов в составе энергетических установок транспортных средств.

В настоящее время в странах ЕС, США, Канаде, Японии и Китае интенсивно ведутся разработки энергетических установок (ЭУ) на топливных элементах (ТЭ) для морского, автомобильного и железнодорожного транспорта [1, 8].

ТЭ – устройство прямого преобразования химической энергии топлива (водорода) в электрическую энергию. В результате электрохимической реакции в водородно-воздушном ТЭ вырабатывается постоянный электрический ток, выделяется тепло и образуется конечный продукт – реакционная вода. ТЭ состоит из двух электродов, к которым подводятся топливо и окислитель, и ионного проводника (электролита) между ними. На электродах происходят реакции электроокисления водорода и электровосстановления окислителя (кислорода). В ионном проводнике (электролите) происходит движение положительно и отрицательно заряженных частиц (ионов). При работе ТЭ электроды замыкаются проводником, по которому происходит движение электронов с совершением полезной работы.

Напряжение ТЭ обычно не превышает 1 В. Токи, отбираемые от одного элемента, относительно невелики. Поэтому для увеличения напряжения и тока отдельные ТЭ соединяют в батарею (БТЭ). Для постоянного получения электроэнергии необходимо непрерывно подводить в БТЭ окислитель и топливо, выводить из БТЭ продукты реакции, поддерживать постоянную температуру, регулировать напряжение и т. п. Поэтому реальная генерация электрической энергии и теплоты происходит в электрохимических энергетических установках (рис. 1).

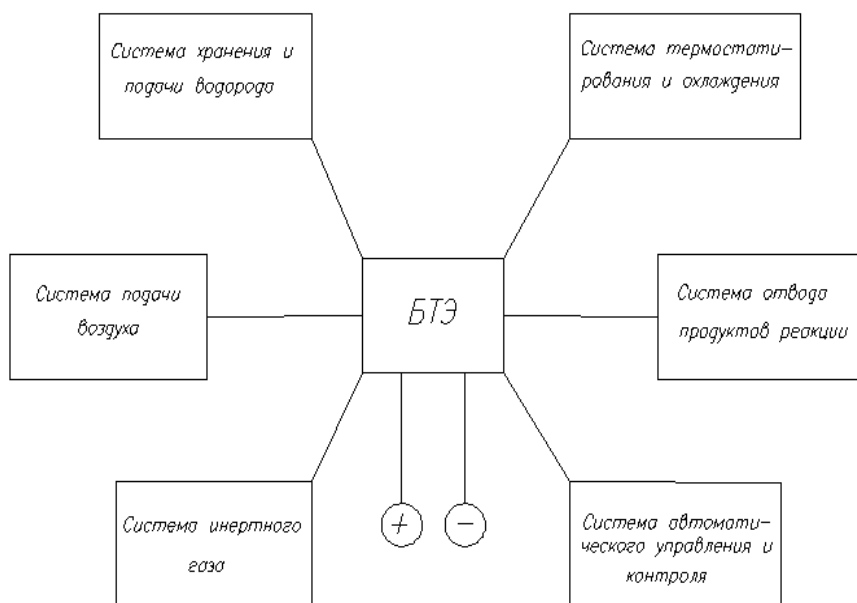


Рис. 1. Структурная схема электрохимической энергетической установки

Несмотря на то, что к настоящему времени разработано значительное число различных типов ТЭ, практический интерес для транспорта представляют низкотемпературные водородно-воздушные топливные элементы с твердополимерным электролитом (ТПТЭ).

Твердополимерным электролитом является ионообменная мембрана с проводимостью по ионам водорода (протонам). Мембрана представляет собой тонкую плёнку полимерного состава. При пропитывании водой эта пленка пропускает протоны, но не проводит электроны.

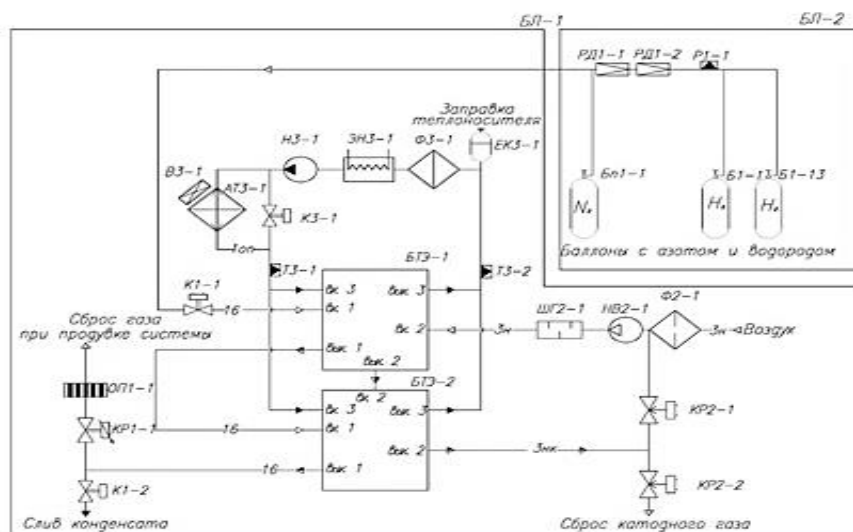
В России наибольших практических результатов в разработке действующих образцов ЭУ на ТПТЭ для транспортных средств достигли специалисты направления водородной энергетики филиала «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (г. Санкт-Петербург).

Так еще в 2009 году филиалом ЦНИИ СЭТ совместно с НАМИ был разработан макетный образец автомобильной электрохимической энергоустановки АЭУ-20 мощностью 20 кВт (рис. 2) [2]. Установка состоит из двух блоков: энергетического блока БЛ-1 и блока хранения газов БЛ-2.

Для макетного образца АЭУ-20 были применены батареи топливных элементов БТЭ-II [6]. Батареи содержат по 84 топливных элемента с площадью активной поверхности каждого 330 см². Каждая батарея разделена центральной плитой с диэлектрическими прокладками на две части, по 42 топливных элемента в каждой части.



а



б

Рис. 2. Автомобильная электрохимическая энергоустановка:

а – внешний вид; б – принципиальная схема;

БЛ – блок; РД – редуктор давления; Р – датчик давления; Бп – баллон азота; Б – баллон; Н – насос; ЭН – электронагреватель; Ф – фильтр; ЕК – емкость компенсационная; В – вентилятор; АТ – аппарат теплообменный; К – клапан; Т – датчик температуры; БТЭ – батарея топливных элементов; ШГ – шумогаситель; НВ – нагнетатель воздуха; ОП – огнепреградитель; КР – клапан регулируемый
Примечание: первая цифра в сокращении обозначает, с какой средой работает устройство: 1 – топливо; 2 – воздух; 3 – вода

*Цифра после тире – порядковый номер

Электрический контакт между частями батареи осуществляется через внешнюю медную перемычку. Конструкция центральной плиты обеспечивает единую конструктивную сборку всей батареи, а также подвод и отвод водорода и воды системы термостатирования и охлаждения. Подвод и отвод воздуха осуществляется к каждому ТЭ в БТЭ через коллекторы, образованные между верхними и нижними крышками, которые устанавливаются, соответственно, на верхней и нижней поверхностях батареи.

Основу электрохимической части батареи представляет мембранно-электродный блок (МЭБ) – монтажный узел, состоящий из полимерной мембраны с

расположенными по обе стороны мембраны газодиффузионными электродами. На мембрану с обеих сторон нанесены слои катализатора, представляющие собой графит, на который происходит напыление частиц платины размером 1...4 нм. Поверх каталитического слоя припекается газодиффузный слой (ГДС), который представляет собой пористый сажевый слой, нанесенный на электропроводную подложку из гидрофобизированного углеродного материала (углеродная пористая бумага).

МЭБ изготовлены филиалом «ЦНИИ СЭТ» на собственном уникальном оборудовании, на базе отечественных полимерных мембран МФ-4СК, выпускаемых в России АО «Пластполимер» (г. Санкт-Петербург), по специальной технологии (совместная разработка филиала «ЦНИИ СЭТ» и ФГУ РИЦ «Курчатовский институт»).

МЭБ размещаются между биполярными холодильными камерами (БХК), которые выполняют функции распределителя рабочих сред в топливном элементе.

БХК представляет собой пластинчатый теплообменник, через который осуществляется прокачка среды системы термостатирования и охлаждения. БХК состоит из двух гофрированных пластин, расположенной между ними рамки и размещенной в центральной части рамки сетки. Взаимно перпендикулярное расположение гофрированных пластин по обе стороны разделительной сетки образует перекрестное движение реагентов в анодных и катодных камерах ТЭ. Сетка также обеспечивает токовую проводимость всей активной поверхности БХК. Подвод и отвод рабочих сред осуществляется через прорезы и отверстия в рамках МЭБ и БХК.

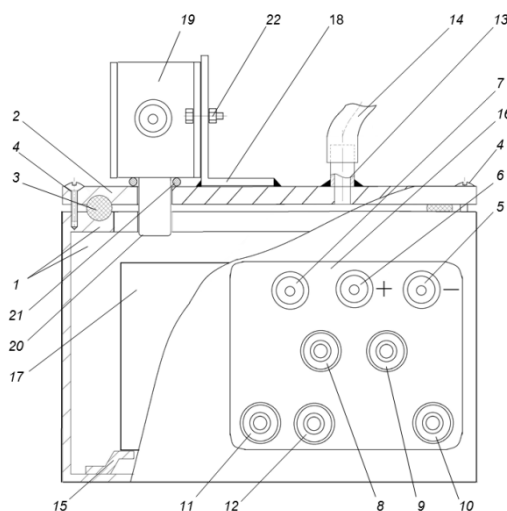
Топливные элементы собраны в пакет по принципу фильтр-пресса.

Сжатие топливных элементов в БТЭ обеспечивается стяжкой наружных плит шпильками, равномерно расположенными по периметру топливных элементов. При стяжке обеспечивается параллельность наружных плит с центральной плитой и контролируется момент затяжки гаек на шпильках.

Как известно, препятствием к практическому использованию водорода в качестве топлива на транспорте наряду с его высокой стоимостью (в разы больше стоимости бензина и дизельного топлива) является его высокая взрывопожароопасность. Смесь водорода с воздухом взрывоопасна в широком диапазоне концентраций. Особенно опасны утечки водорода при нарушении герметичности БТЭ. С целью обеспечения безопасной эксплуатации и повышения надежности функционирования энергетических установок с ТПТЭ на кафедре «Тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов» ВИ(ИТ) ВА МТО совместно с филиалом «ЦНИИ СЭТ» были проведены исследования, по результатам которых разработан и испытан комплекс новых технических решений [7].

Одним из способов обеспечения взрывопожаробезопасности является капсулирование объекта такой опасности, т. е. размещение объекта в герметичном контейнере.

Для защиты БТЭ от возможных утечек газообразных реагентов (водорода и кислорода) в окружающую среду из-за потери герметичности было разработано несколько вариантов технических решений защитных контейнеров батарей топливных элементов [3-5]. Один из вариантов [4] представлен на рис. 3.



*Рис. 3. Защитный герметичный контейнер батареи топливных элементов:
 1 – корпус контейнера; 2 – крышка; 3 – герметизирующая прокладка; 4 – болты;
 5 – гермоввод «-» клеммы батареи; 6 – гермоввод «+» клеммы батареи; 7 – гермоввод
 кабеля контроля работы батарей топливных элементов; 8 – гермоввод трубки
 подвода воздуха; 9 – гермоввод трубки подвода водорода; 10 – гермоввод трубки
 отвода воды из топливных элементов; 11, 12 – гермовводы трубопроводов подвода и
 отвода воды системы термостатирования и охлаждения; 13 – газовый штуцер для
 отвода возможных утечек водорода; 14 – трубка; 15 – кронштейн для крепления
 батареи топливных элементов; 16 – пластина для усиления боковой поверхности
 контейнера; 17 – батарея топливных элементов; 18 – кронштейн для крепления
 датчика возможных утечек водорода; 19 – датчик (газоанализатор) водорода;
 20 – измерительный модуль датчика; 21 – уплотнительная прокладка;
 22 – регулировочный болт*

При возможной утечке водорода из батареи топливных элементов 17 он будет удаляться по трубке 14, при этом в измерительном модуле 20 сенсор водорода изменит свое состояние, и будет выдан сигнал на срабатывание датчика 19, из которого сигнал также поступит на оповещатель (пульт), расположенный в кабине транспортного средства. Таким образом, машинист (водитель) будет извещен о разгерметизации батареи топливных элементов и о необходимости принятия соответствующих мер безопасности.

Для аварийной остановки БТЭ при их разгерметизации было предложено во время работы энергоустановки через газовый штуцер 13 заполнять герметичный контейнер газообразным азотом, подаваемым из баллона системы инертного газа установки под избыточным давлением, которое больше рабочего давления водорода и воздуха в топливных элементах в 1,1...5 раза [5]. Величину избыточного давления можно регулировать редуктором. В случае разгерметизации батареи топливных элементов (одного из топливных элементов батареи) газообразный азот под избыточным давлением поступает через образовавшиеся неплотности или трещины в рабочие полости батарей топливных элементов (одного из топливных элементов батареи), вытесняя оттуда водород и кислород, тем самым замедляя и прекращая электрохимическую реакцию. В результате чего происходит постепенное снижение мощности и последующая аварийная остановка БТЭ.

При опытной эксплуатации БТЭ-П в защитном контейнере избыточное давление газообразного азота в контейнере поддерживалось в 1,5 раза больше рабочего давления водорода и кислорода (кислорода воздуха) в батарее.

Литература

1. Ландграф И.К. Перспективы водородных энергоустановок на топливных элементах для развития электротранспорта / И.К. Ландграф, М.А. Касаткин // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 6(85). – С. 46-49.
2. Ландграф И.К. Независимая энергетика для нефтянки / И.К. Ландграф, М.А. Касаткин // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2013. – № 6. – С.28-37.
3. Пат. 194239 Российская Федерация, МПК H01M 8/02 (2006.01) Контейнер батарей топливных элементов транспортного средства / В.О. Сайданов, В.О. Кривошей, Ж.Ж. Лафу, И.К., Ландграф, К.Ф. Бут, Н.А. Савчук; заявитель и патентообладатель ФГКВОУВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» МО РФ № 2019130709; заявл. 26.09.2019; опубл. 04.12.2019.
4. Пат. 199531 Российская Федерация, МПК H01M 8/02 (2006.01) Контейнер батарей топливных элементов транспортного средства / В.О. Сайданов, И.К. Ландграф, К.П. Бут, В.О. Кривошей, И.В. Моор, Ж.Ж. Лафу, Н.А. Савчук; заявитель и патентообладатель ФГКВОУВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» МО РФ № 2020111116; заявл. 17.03.2020; опубл. 07.09.2020.

5. Пат. Российская Федерация 2731877 МПК H01M 8/04 (2006.01) Способ работы топливных элементов в контейнере транспортного средства / В.О. Сайданов, И.К. Ландграф, К.П. Бут, И.В. Моор, Ж.Ж. Лафу, Н.А. Савчук; заявитель и патентообладатель ФГКВОУВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» МО РФ № 2020108759; заявл. 27.02.2020; опубл. 08.09.2020.

6. Сайданов В.О. Энергетические установки на основе топливных элементов / В.О. Сайданов, И.К. Ландграф, М.А. Касаткин // Двигателестроение. – 2017. – № 4(270). – С. 25-33.

7. Сайданов В.О. Разработка энергетических установок на базе топливных элементов для военной автомобильной техники / В.О. Сайданов, В.О. Кривошей, С.В. Семенов // Военный инженер. – 2019. – № 1(11). – С. 26-35.

8. Hydrogenics. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hydrogenics.com/technology-resources/hydrogen-technology/fuel-cells/> (дата обращения: 15.12.2020).

УДК 621.039; 621.64

Необходимость применения, актуальные проектные решения и пути развития систем контроля перемещения трубопроводов АЭС

Собин Сергей Эдуардович, заместитель генерального директора, директор

Балаковского филиала «Балаковоатомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго»;

Пугачев Александр Сергеевич, начальник участка по наладке, испытаниям и пуску технологических систем реакторного отделения реакторного цеха;

Желнов Андрей Викторович, начальник участка измерительных систем цеха тепловой автоматики и измерений

Балаковский филиал «Балаковоатомтехэнерго» АО «Атомтехэнерго»,

г. Балаково

В статье рассмотрена актуальность задачи контроля тепловых перемещений трубопроводов и реализация контроля различными способами, включая современный, основанный на применении автоматизированной системы контроля тепловых перемещений трубопроводов.

Преимуществом автоматизированной системы контроля является мониторинг перемещения трубопроводов в режиме реального времени, контроль температуры на поверхности трубопровода, ведение и просмотр архива перемещений в табличном и графическом видах за период времени наблюдений, возможность спектрального анализа перемещений.

1. Типовые повреждения трубопроводов при ограничении тепловых перемещений

Актуальность темы «контроля за тепловыми перемещениями трубопроводов» непосредственно связана с задачей обеспечения безопасной и надежной эксплуатации энергоблоков крупных тепловых электростанций (ТЭС) и атомных электрических станций (АЭС). Трубопроводы, имеющие различный диаметр, толщину стенки и протяжённость, работающие в различных тепловых условиях, составляют большую часть оборудования тепловых и атомных электростанций. В различных состояниях энергоблоков одни и те же трубопроводы могут иметь комнатную температуру – при проведении ремонтных операций, или температуру до 550 °С – трубопроводы острого перегретого пара при работе энергоблока БН-800 на номинальном уровне мощности. Сообразно изменениям рабочей температуры длина трубопроводов при эксплуатации может меняться в широких пределах от миллиметров до десятка сантиметров в зависимости от протяжённости.

Многолетняя статистика показывает, что около 5 % отказов энергоблоков ТЭС и АЭС происходят из-за повреждений элементов трубопроводов. В начальный период эксплуатации, преимущественно в первый год, выявляются и устраняются некоторые недостатки проектов трубопроводов и, в основном, недостатки их монтажа. В дальнейшем, надёжность трубопроводов определяется качеством их ремонтного обслуживания, качеством оперативного управления и надзора за состоянием. Повреждения обычно обнаруживаются спустя некоторое время после начала эксплуатации трубопроводов. В одних случаях – это десятки лет, в других – лишь сравнительно короткий период между двумя ремонтными кампаниями. Эта особенность позволяет говорить о том, что причина повреждения основного металла и сварных соединений – повышенные напряжения, которые в цикле «пуск – работа – останов» многократно выходят за пределы упругости. В результате нарушаются условия приспособляемости металла элементов трубопроводов к амплитуде действующей нагрузки.

В практике эксплуатации по-прежнему отмечается достаточно много случаев пластического искажения осей прямолинейных участков трубопроводов, повреждений элементов их опорно-подвесных систем (ОПС), а также сварных соединений. Можно без преувеличения сказать, что практически на каждой ТЭС и на многих АЭС обнаруживаются такие явления.

Участки трубопроводов, наиболее подверженные повреждениям, – это известные концентраторы изгибных напряжений: гибы, сварные соединения, тройники, переходники с одного диаметра на другой и т. п.

Причина повреждений элементов ОПС трубопроводов (обрывы тяг, разрушения пружин и т. п.) заключается либо в их постепенно нарастающей перегрузке из-за пластического изменения формы трубопроводов, либо в однократной перегрузке, когда разница температур по периметру/длине трубы достигает наибольшего значения или перегрузка вызвана ограничениями перемещения трубопровода. Инициировать развитие дефектов в реальные повреждения может любой, даже самый обычный нестационарный режим.

Ограничения теплового перемещения трубопроводов и их элементов приводят к возникновению следующих дефектов:

- повреждение сварных соединений и основного металла в виде трещин, ориентированных перпендикулярно оси трубы, эти трещины обычно начинаются на наружной поверхности трубы (рис. 1);

- появление сетки трещин в зонах минимальных напряжений на внутренней поверхности трубы, под действием внутреннего давления эти трещины затем «прорастают» на наружную поверхность;

- ускорение развития повреждений микроструктуры гибов (влияние наклепа при пластических деформациях на свойства длительной прочности материала трубы);

- возникновение дополнительных внутренних усилий и изгибающих моментов в трубопроводе, обусловленных остаточными деформациями, разрезка такого трубопровода приводит к взаимному смещению кромок разреза.

Искажение прямолинейности горизонтальных и наклонных участков трубопровода, в свою очередь, приводит к следующим последствиям:

- изменяется проектное распределение нагрузки между элементами ОПС;

- в тех случаях, когда на трассе паропровода имеются скользящие опоры или жесткие тяги, происходит изменение их нагрузок, не наблюдаемое визуально; в скользящих опорах появляются зазоры между опорными поверхностями, которые могут в отдельных случаях достигать 200 мм и более;

- при сочетании в составе ОПС скользящих и упругих опор правильная регулировка ОПС после свершившейся подгибки затрудняется из-за неопределенности текущих нагрузок скользящих опор, а ее результаты становятся неадекватными расчетному напряженному состоянию трубопровода;

- появляются отсутствовавшие при монтаже заземления трубопровода находящимися поблизости конструкциями или трубопроводами;
- происходит смещение трубопровода с оснований скользящих опор (поперек и вдоль его оси), в результате которого возникает необходимость переноса оснований опор;
- происходит потеря устойчивости деформированных прямолинейных участков при пониженных осевых усилиях, и, как следствие, появляются нерасчетные дополнительные перемещения и напряжения изгиба в зоне искажения прямолинейности трубы;
- вытягиваются хомутовые крепления и повреждаются основания неподвижных опор, находящихся в зоне пластического коробления;
- повреждаются или смещаются с первоначальных позиций индикаторы температурных перемещений, а результаты этого вида контроля становятся недостоверными;
- искажение прямолинейности оси трубы на одном участке паропровода инициирует возникновение контруклонов на других участках, что способствует искажению формы трассы в целом и усиливает опасность возникновения и низкочастотной вибрации; совместное воздействие на трубопровод двух смежных зон с контруклонами нередко приводит к частым повреждениям одних и тех же сварных соединений.

2. Примеры повреждений трубопроводов, на энергетических объектах

Недостаточное внимание к вопросам скорости прогрева, учёта величин и направлений тепловых перемещений трубопроводов при проектировании и эксплуатации оборудования во всём диапазоне режимов работы энергоблока может приводить к их повреждению. В специальной литературе, посвящённой вопросам эксплуатации энергетического оборудования и причинам возникновения техногенных аварий, по-прежнему можно встретить описания инцидентов с трубопроводами:

- деформация и разрыв соединений (сварных швов, фланцевых соединений и т. п.) трубопроводов вследствие неправильной работы ОПС;
- заземление наружной поверхности тепловой изоляции трубопроводов расположенным рядом с ними оборудованием или строительными конструкциями.

Под термином «заземление» понимается любое ограничение перемещения теплоизолированного трубопровода при его прогреве или расхолаживании, не предусмотренное проектом.

6 февраля 1986 г. обнаружен выход воды на поверхность земли из колодца задвижки пожарного водопровода стройплощадки (недалеко от насосной станции пожарно-технического водоснабжения на берегу реки Березовка). Насосная станция отключена, поступление воды из колодца продолжалось, и вода была горячей. Осмотром котловагона на территории в то время автохозяйства Балаковской АЭС обнаружена открытая задвижка на непроектной перемычке между теплосетью и пожарным трубопроводом для аварийной подпитки теплосети. После закрытия этой перемычки и откачки воды из колодца было установлено, что из-за поступления горячей воды с температурой около 90 °С в подземный пожарный трубопровод из чугунных труб произошло его значительное удлинение. В упомянутом колодце труба вылезла из грунта на 200 мм и раздавила чугунную задвижку. После остывания трубопровода указанная труба в колодце не вполне вернулась на прежнее место. Лопнувшую задвижку заменили и трубопровод ввели в работу, сразу же был обнаружен выход воды на поверхность земли по трассе пожарного трубопровода. В течение месяца несколько раз производилась раскопка пожарного трубопровода и ремонт уплотнений раструбов труб.

11 января 1991 г. при работе энергоблока № 5 Нововоронежской АЭС замечено увеличение давления воздуха в гермооболочке (ГО) до 60 мм водн. ст. и автоматическое закрытие клапанов её вентиляции. Температура воздуха в ГО увеличилась на 2 °С. Контроль параметров реакторной установки (РУ) не выявил отклонений. Рост давления воздуха в ГО продолжался, но радиоактивность воздуха там не увеличилась. Энергоблок № 5 был остановлен по аварийной заявке, РУ расхоложена. После понижения давления воздуха в ГО туда был допущен персонал. Он обнаружил, что трубка $\varnothing 18 \times 2$ мм сломалась по основному металлу из-за крепления её хомутом к детали стены вблизи её штуцера на паровом коллекторе ПГ-4. Значительное тепловое перемещение парового коллектора вместе с корпусом парогенератора (ПГ) (на катках) сильно деформировало короткий участок импульсной трубки.

В 2020 году на одном из находящихся в эксплуатации энергоблоков АЭС с реактором с водой под давлением сотрудники АЭС в процессе планового обхода оборудования обнаружили на патрубке, присоединённом к оборудованию, трещину длиной в 36 мм (рис. 1). В качестве основных причин обнаруженного повреждения оборудования названы непроектные перемещения участка трубопровода, которые привели к усталостному разрушению по основному металлу переходника патрубка и протечке воды второго контура из-под кожуха теплоизоляции трубопровода [1].



Рис. 1. Трещина основного металла патрубка

Аварии, связанные с повреждениями трубопроводов, работающих под давлением при высокой температуре, относятся к разряду тяжелых аварий. Они могут привести к повреждениям основного и вспомогательного оборудования, снижению расхода пара и конденсата, вызвать необходимость отключения работающего энергоблока от сети. Повреждения трубопроводов на энергоблоках АЭС могут приводить к потере теплоносителя контура охлаждения реактора и загрязнению радиоактивными веществами производственных помещений (рис. 2).

Во многих случаях появление повреждений трубопроводов связано с их конструктивными особенностями и недостатками, заложенными при проектировании или реконструкции. Поэтому при эксплуатации теплосилового оборудования требуется проводить контроль тепловых перемещений во время эксплуатации трубопроводов и оборудования, особенно, в режиме разогрева/расхолаживания.



Рис. 2. Визуализация повреждений трубопроводов и их соединений

3. Порядок проведения контроля тепловых перемещений трубопроводов АЭС

Методы контроля тепловых перемещений трубопроводов на энергоблоках ТЭС и АЭС во многом схожи. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-089-15 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» устанавливают следующие требования к проведению контроля:

– для трубопроводов систем групп В и С наружным диаметром более 300 мм, работающих при температурах среды более 250 °С, должны устанавливаться устройства, обеспечивающие периодический контроль за перемещением указанного оборудования, а также фиксация максимальных значений перемещений. Если оборудование и трубопроводы расположены в необслуживаемых помещениях, то контроль и фиксация должны осуществляться дистанционно. Места установки датчиков перемещений должны указываться в конструкторской и проектной документации [2].

4. Механическая система контроля тепловых перемещений трубопроводов

На действующих энергоблоках АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) II и III поколений организован контроль тепловых перемещений трубопроводов с помощью реперов фиксации температурных перемещений или с помощью индикаторов перемещения трубопровода (репер). Репер приведен на рис. 3.

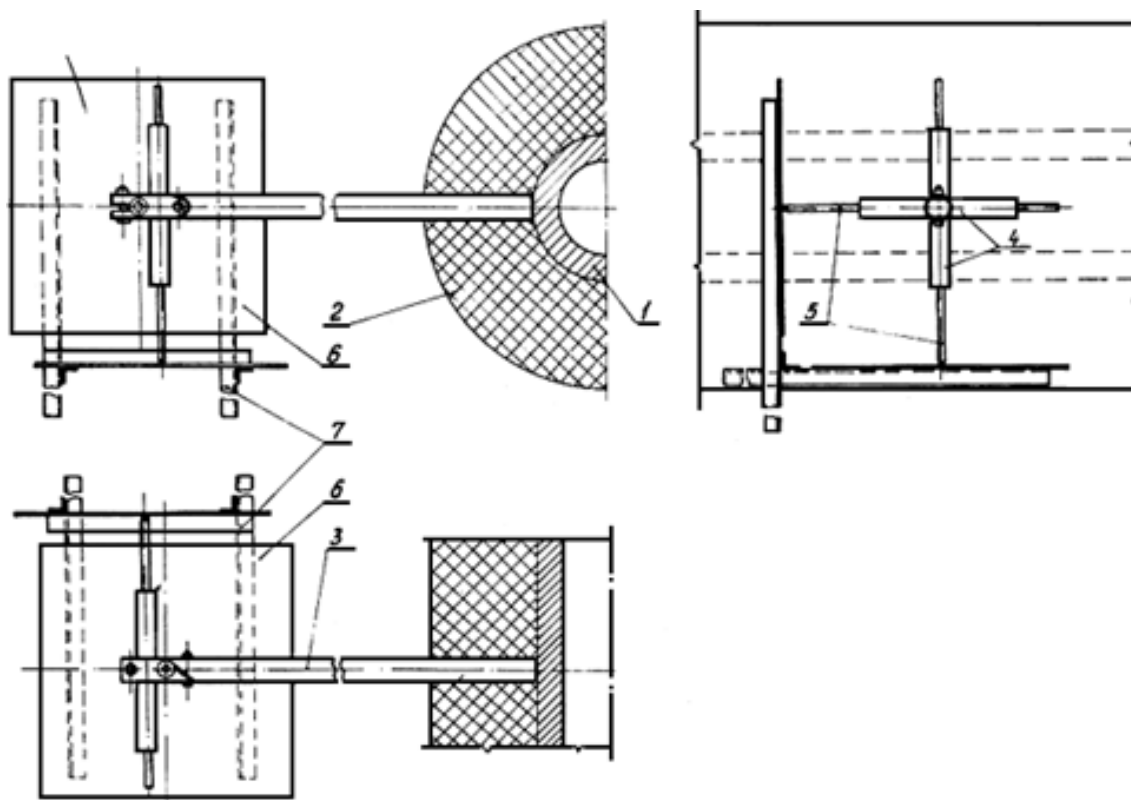


Рис. 3. Индикатор перемещений трубопровода:

*1 – трубопровод; 2 – тепловая изоляция; 3 – кронштейн; 4 – шток; 5 – стержень;
6 – пластина; 7 – угловая рамка*

Индикаторы перемещений прочной механической связью соединены с контролируемым трубопроводом (рис. 4) для контроля перемещений в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Размещаются реперы на трубопроводах с высокими температурами рабочих сред в помещениях с ограниченным доступом эксплуатационного персонала. При работе энергоблока на энергетическом уровне мощности доступ персонала в помещения с работающими трубопроводами может ограничиваться как действием фактора радиационной обстановки, так и действием фактора условий окружающей среды: наличие разряжения, недопустимой температуры, возможности поступления управляемых выбросов сред с высокими параметрами и пр. По условиям доступа персонала к индикаторам перемещений считывание с них информации производится периодически. В основном в период ремонтной кампании.



Рис. 4. Визуализация индикаторов перемещений трубопроводов

В силу периодического непостоянного контроля показаний индикаторов применение механической системы контроля тепловых перемещений должно обязательно сочетаться с регулярным осмотром трубопроводов в доступных местах и тщательной подготовкой элементов системы контроля к длительной работе.

Исходное пространственное положение трубопроводов и реперов определяется и фиксируется специалистами наладочной организации после завершения монтажных работ в период подготовки оборудования и трубопроводов к эксплуатации. При выполнении гидравлических испытаний, комплексного опробования оборудования, горячей обкатки оборудования энергоблока наладчики измеряют и фиксируют изменения положения реперов. В ходе горячей обкатки оборудования при рабочих температурах оборудования фиксируются максимально возможные перемещения трубопроводов в нормальных условиях эксплуатации. Зафиксированные начальные положения трубопроводов и значения максимально возможных перемещений заносятся в формуляры и подлежат контролю в течение всего периода эксплуатации трубопроводов.

Перед началом работы трубопровода внешним осмотром проверяется его состояние, исправность системы его крепления, и подтверждается отсутствие заземлений и нормальная работа опор. При осмотре проверяется соответствие положения реперов зафиксированному ранее «нулевому положению». Несовпадение положения репера с «нулевым положением» свидетельствует об изменении пространственного положения трубопровода и может вызываться препятствиями тепловому расширению, возникшими в последнюю эксплуатационную кампанию. Каждый такой факт должен тщательно изучаться и приниматься обоснованное решение о продолжении эксплуатации трубопровода.

Достаточно высокие требования предъявляются и к точности установки реперов. Индикаторы (реперы) должны быть установлены строго перпендикулярно к угловой рамке, на которой закрепляются алюминиевые пластины с размеченными координатными осями (X_1 , X_2) (рис. 5). Стержень индикатора (репера) должен быть подпружинен с минимальным усилием, необходимым для получения четкого следа на алюминиевой пластине, используемые пластины не должны иметь царапин и вмятин. Конструкция индикатора перемещений и его положение, в свою очередь, не должны влиять на перемещение контролируемого трубопровода.

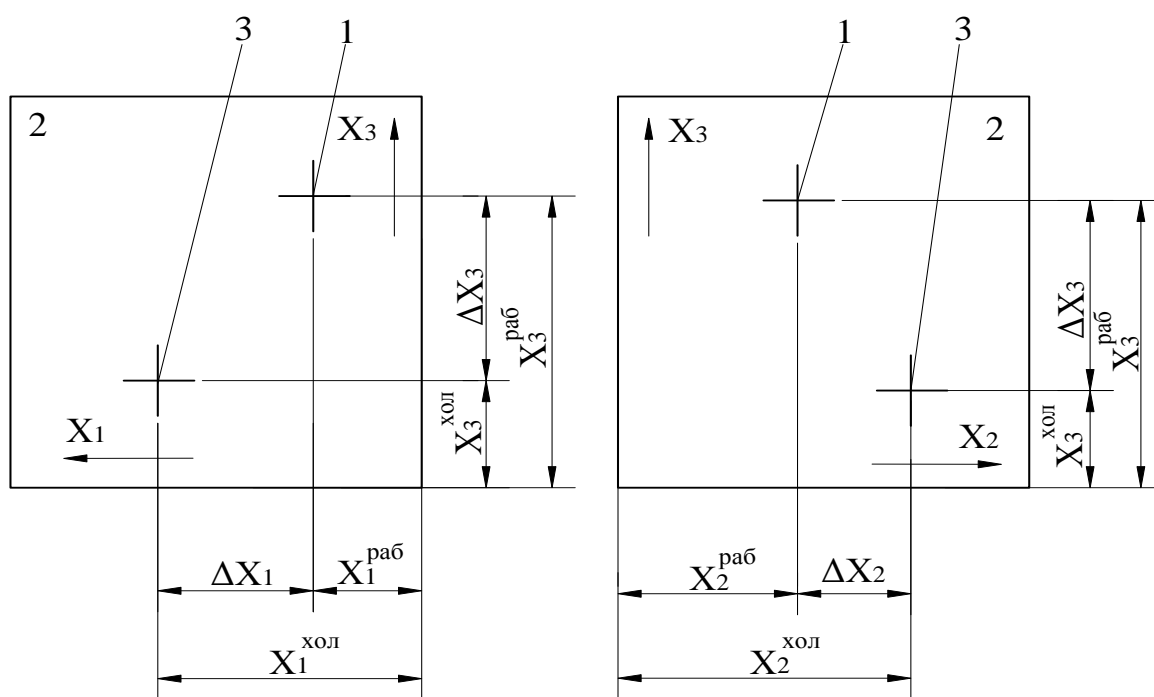


Рис. 5. Схема измерения показаний индикатора перемещений:

1 – точка касания острого стержня в рабочем состоянии трубопровода; 2 – номер индикатора; 3 – точка касания острого стержня в холодном состоянии трубопровода; $X_{1,2,3}$ – ось координат; $X_i^{хол}$ – координата в холодном состоянии; $X_i^{раб}$ – координата в горячем состоянии; ΔX_i – перемещение в направлении каждой оси координат

При эксплуатации трубопровода его пространственное положение изменяется, индикатор (репер) касанием острия стержня наносит на пластину аналоговую информацию об изменении положения. По окончании периода контроля на пластине запечатлена траектория перемещения индикатора из «нулевого положения» в положение «окончание контроля». При соблюдении определённых проектом условий и показателей нормальной эксплуатации «конечная точка» траектории перемещения индикатора должна вернуться в «нулевое положение».

Технические возможности механической системы контроля тепловых перемещений трубопроводов дают возможность измерить и установить начальное положение трубопровода и величину с направлением максимально возможного перемещения трубопровода в условиях нормальной эксплуатации оборудования. В процессе эксплуатации механическая система обеспечивает представление информации о соблюдении пределов безопасной эксплуатации трубопроводов, обеспечивает представление сведений о нарушении установленных пределов.

Недостатком системы является невозможность оперативного представления сведений об изменении расположения трубопровода и его элементов, соблюдения физических границ безопасной эксплуатации, невозможность ведения архива. Информация представляется в неудобном для использования в работе графическом виде за длительный период наблюдений, который невозможно разделить на более короткие промежутки. Измерения перемещения трубопровода производятся одновременно по трём координатным осям, а документируются одновременно только по двум осям координат. Для построения трёхмерной модели перемещения трубопровода требуется дополнительная обработка документированной информации. Трёхмерная модель перемещения может представлять информацию только о границах перемещения трубопровода в пространстве, но не о его положении в каждый момент времени.

5. Автоматизированная система контроля тепловых перемещений трубопроводов (СКТП)

С 2012 года разработана и внедряется на действующих энергоблоках АЭС РФ автоматизированная система контроля за тепловыми перемещениями трубопроводов нового поколения – СКТП. К настоящему времени СКТП введена в работу на энергоблоках № 5, 6 АЭС «Козлодуй» (Болгария); № 4 Калининской АЭС; № 2, 3, 4 Ростовской АЭС. Положительный опыт эксплуатации СКТП, высокая надёжность элементов подтвердили целесообразность применения «системы» в проектах новых

энергоблоков поколения «III+». Последняя модификация СКТП применена в проекте Белорусской АЭС.

СКТП является эволюционной автоматизированной, информационной, функционально законченной автономной системой. В силу автономности СКТП является независимой системой контроля и не связана с работой каких-либо общестанционных систем и оборудованием АСУ ТП энергоблока.

Основой работы СКТП является ультразвуковой метод контроля перемещений трубопроводов, система осуществляет контроль и регистрацию величины интервала времени между моментом излучения импульсных ультразвуковых сигналов датчиков в направлении контролируемых объектов (отражательных мишеней) и моментом приема этими же датчиками отраженного от объектов эхо-сигнала. После регистрации отражённого сигнала система в автоматическом режиме производит преобразование сигнала в цифровую информацию, обработку преобразованной информации по заданному алгоритму, определение разности времени между генерируемым и принимаемым сигналом, определение величины линейных перемещений отражательных мишеней.

Технические возможности СКТП позволяют системе контроля проводить измерение перемещений как в периодическом (режим измерения вибрации), так и в непрерывном режиме в течение всего периода жизни АЭС, включая пуски, остановки, ремонты, работу на стационарном уровне мощности и т. д.

СКТП состоит из измерительных и индикаторных каналов и программно-технического комплекса. Основными компонентами системы являются:

- блок контроля перемещений;
- комплект кабелей связи;
- аппаратная стойка;
- сервер;
- программное обеспечение;
- рабочее место оператора.

СКТП принимает входящие сигналы следующих измерительных каналов:

- каналы контроля перемещений;
- каналы контроля температуры.

Обобщенно, каждый канал контроля перемещений состоит из блока мишеней, ультразвукового первичного преобразователя и преобразователей сигналов датчиков тока или напряжений. В канале контроля температуры применён термопреобразователь сопротивления.

В качестве датчиков перемещения используются ультразвуковые датчики, преобразующие значения перемещений в стандартный унифицированный сигнал. Датчик перемещения излучает ультразвуковые сигналы в сторону мишени, и он же принимает отраженный сигнал. Монтаж датчиков проводится обязательно при холодном состоянии трубопровода, устанавливаются они на прямолинейных участках трубопроводов предпочтительно вблизи гибов, через 2-3 межопорных пролета в местах с ожидаемыми наибольшими значениями тепловых перемещений. Места установки датчиков должны быть удобны для доступа и обслуживания, находиться на расстоянии не менее 100 мм от гiba трубопровода, сварного соединения и не менее 200 мм от края опоры.

Датчики измерения температуры контролируют величину температуры трубопровода и строительных конструкций. Один температурный датчик размещён на опоре стойки блока датчиков, другой – на хомуте крепления блока мишеней к контролируемому трубопроводу. Места установки температурных датчиков должны быть максимально приближены к местам установки датчиков перемещений.

Пример исполнения блока контроля перемещений (БКП) СКТП приведен на рис. 6, 7 [3]. На рис. 6 блок мишеней закреплен на трубопроводе и представляет собой три мишени в виде пластин размером 330×330 мм, перемещается вместе с трубопроводом относительно датчиков перемещения, закрепленных на неподвижной опоре рядом с контролируемым трубопроводом.

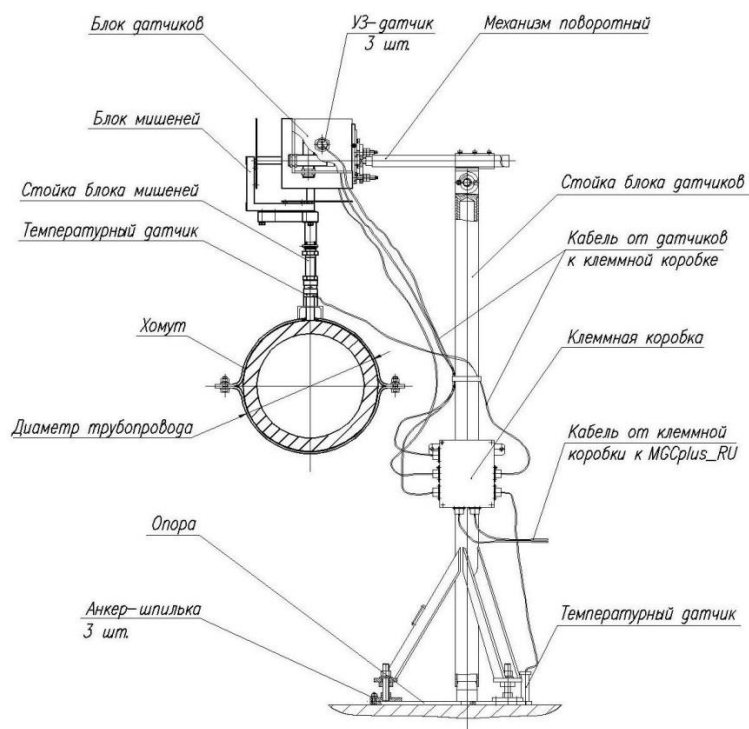


Рис. 6. Пример исполнения блока контроля перемещений СКТП

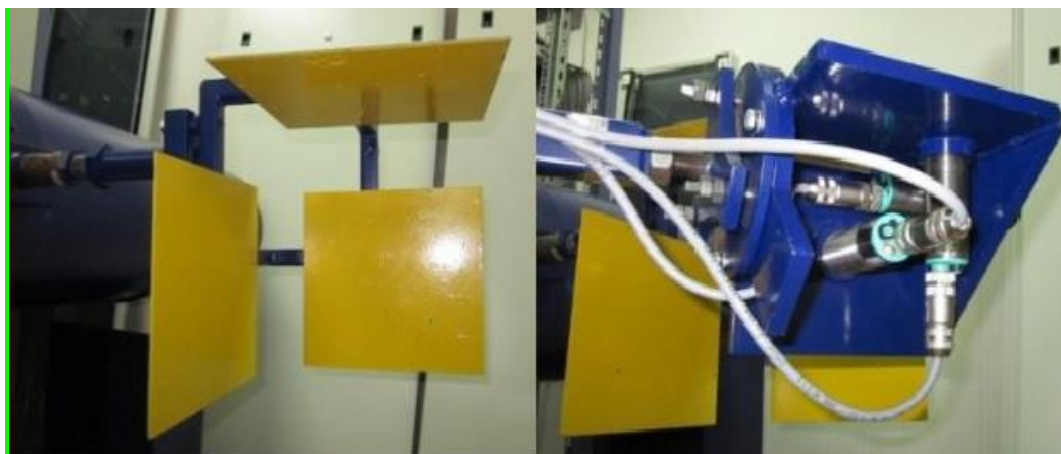


Рис. 7. Блок ультразвуковых датчиков и блок мишеней СКТП

Для исключения из измеренной величины перемещения трубопровода составляющей теплового расширения элементов блока контроля перемещений, то есть для учёта только перемещения трубопровода, на хомуте и стойке блока датчиков устанавливаются датчики контроля температуры. При проведении измерений одновременно определяется температура стойки датчиков, вычисляется величина температурной составляющей перемещений стойки блока датчиков от изменения температуры стойки, выполняется коррекция измеренной величины перемещения контролируемого трубопровода в зависимости от величины температурной составляющей перемещения.

В состав СКТП входят средства автоматического контроля и диагностирования собственных программно-технических средств (ПТС) с выдачей соответствующей информации на экран монитора оператора о неисправностях для проведения ремонта и восстановления работоспособности системы.

На энергоблоках ВВЭР поколения «Ш+» СКТП обеспечивает контроль перемещения паропроводов острого пара и трубопроводов системы планового и аварийного расхолаживания реакторного отделения.

По сравнению с прежней полностью механической системой контроля перемещения трубопроводов СКТП является системой более сложной конструкции, предъявляет дополнительные требования к местам размещения и работе первичных датчиков. Для обеспечения надёжной работы системы в течение всего периода жизни энергоблока перед вводом СКТП в эксплуатацию, для подтверждения соответствия параметров работы требованиям Технического задания (ТЗ) и проекту, необходимо выполнить ряд наладочных работ:

Автономные испытания СКТП, которые включают в себя:

- предмонтажную проверку поставленного оборудования;

- сопровождение монтажа блоков контроля перемещений, корректировку и указание конкретного места установки БКП в каждой точке контроля;
- проверку полноты и качества выполненного электрического монтажа, нанесение принятой маркировки на элементы системы;
- измерение сопротивления изоляции контрольных и сигнальных кабелей, подтверждение целостности кабелей;
- калибровку измерительных каналов ПТС СКТП с унифицированным сигналом 0-10 В и калибровку каналов измерения температуры;
- калибровку датчиков перемещения с помощью калибровочного устройства;
- установку «0» датчиков перемещений по трем координатам контроля.

Комплексные испытания СКТП, которые включают в себя:

- проверку достоверности выполнения измерения перемещения путем имитации перемещений мишени;
- проверку накопления результатов измерений и вычислений, начиная с периода разогрева/расхолаживания реакторной установки;
- проверку выполнения самоконтроля состояния аппаратуры и программного обеспечения СКТП;
- проверку функций архивирования, вывода на печать, представления информации о состоянии СКТП на автоматизированном рабочем месте (АРМ).

К преимуществам СКТП по отношению к механической системе, помимо осуществления мониторинга перемещения трубопроводов в режиме реального времени, нужно отнести:

- возможность контроля температуры на поверхности трубопровода в различных режимах работы блока;
- возможность быстрого и удобного просмотра архива перемещений трубопроводов как в табличном, так и графическом (временные диаграммы) видах за календарный год;
- возможность выполнения и представления спектрального анализа перемещений (по осям и результирующему вектору).

Измерение перемещений одновременно по трем координатным осям позволяет в полной мере оценить состояние контролируемого трубопровода, что нельзя сказать о прежней механической системе контроля перемещения по реперным точкам.

Увеличение частоты опроса датчиков СКТП позволяет, при необходимости, дополнительно вести виброконтроль трубопровода без модернизации и изменения конфигурации используемой системы.

В процессе проведения пусконаладочных работ был выявлен существенный конструктивный недостаток в проектировании и монтаже датчиков блока контроля перемещений (БКП) СКТП. Была обнаружена недостаточная жёсткость узла крепления мишени, после монтажа на проектные точки контроля блока контроля перемещений согласно заводской документации недопустимы механические воздействия на мишень. При таких воздействиях, как сильная вибрация трубопровода или площадок обслуживания, гидроудары в трубопроводах, передача механического воздействия на строительные конструкции/опоры от работающих строительных механизмов, происходит:

- смещение мишени в пространстве, относительно блока датчиков, без изменения положения контролируемого трубопровода;
- в отдельных случаях деформация мишени, её частичное повреждение.

Смещение, деформация мишени вызывает смещение «нулевого значения» датчика перемещения и, соответственно, показания по данному измерительному каналу нельзя считать достоверными – показания либо будут иметь недопустимую погрешность, либо недостоверные значения.

Учёт и устранение проектантом и конструктором СКТП зафиксированных недостатков приведет к существенно более стабильной и корректной работе системы контроля перемещений трубопроводов в целом.

Литература

1. Эксперт объяснил опасность трещины на атомной станции в Волгодонске // Сетевое издание «RostovGazeta». [Электронный ресурс] URL: <https://rostovgazeta.ru.turbopages.org/rostovgazeta.ru/s/news/incident/02-10-2020/ekspert-ob-yasnil-opasnost-treschiny-na-atomnoy-stantsii-v-volgodonske> (дата обращения: 22.11.2020).

2. НП-089-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок». – Введ. 23.02.2016 г.

3. Веселова И.Н. Система контроля за тепловыми перемещениями трубопроводов / И.Н. Веселова, В.Д. Козырев // Глобальная ядерная безопасность, 2012. – № 4(5). – С. 82-87.

Программное обеспечение SCADA-систем

Таранов Андрей Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, 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 дана общая характеристика SCADA-систем, рассмотрены подходы к использованию языков программирования в SCADA-системах, проанализировано использование методов программирования при создании SCADA-проектов.

Современный уровень развития производственных систем предполагает способы управления технологическими процессами, направленные на снижение влияния человеческого фактора, повышение управляемости и надежности технических систем. Анализ причин возникновения техногенных аварий показывает рост числа аварийных ситуаций, обусловленных именно влиянием человеческого фактора. В связи с этим широкое распространение в энергетике, нефтегазовой и других отраслях промышленности, являющихся потенциально опасными с точки зрения промышленной безопасности, получили SCADA-системы.

SCADA – централизованные системы диспетчерского управления и сбора информации, предназначенные для контроля и управления системой или комплексом систем, расположенных на достаточном удалении друг от друга [1]. По-другому, это программный пакет для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления. SCADA может быть частью АСУ ТП, АСКУЭ, системы мониторинга и т. п. Управление происходит автоматически, в зависимости от алгоритма, который сообщен программе [2].

Развитие SCADA-систем идет в направлении их постоянного усложнения, роста быстродействия и увеличения объема памяти, что обусловлено усложнением объектов, на которых используются системы, необходимостью контроля большого числа параметров [1].

Первоначально развитие SCADA-систем шло по пути создания фирмами-разработчиками собственных SCADA-систем. Основным недостатком таких систем являлась способность взаимодействия систем только с ограниченным классом аппаратуры. В дальнейшем Международной электротехнической комиссией (МЭК) было выдвинуто требование открытости подобных систем, что привело к созданию открытых SCADA-программ. К наиболее популярным SCADA-системам, имеющим поддержку в России относят TRACE MODE (Россия), Master SCADA (Россия), SIMATIC WinCC (Германия), Citect SCADA (Австралия), SCADA система InTouch (США).

SCADA-система содержит ряд подсистем:

- серверы ввода-вывода – программы, обеспечивающие связь SCADA с промышленными контроллерами и устройствами ввода-вывода информации;
- подсистема реального времени – программа, которая обеспечивает обработку данных в пределах заданного промежутка времени с учетом приоритетов;
- человеко-машинный интерфейс (HMI) – это инструмент, представляющий данные о ходе технологического процесса человеку-оператору, что позволяет контролировать и управлять процессом;
- подсистема логического управления – программа, которая обеспечивает выполнение пользовательских программ логического управления в SCADA-системе;
- база данных реального времени – обеспечивает сохранение хода технологического процесса в режиме реального времени;
- подсистема сигнализации – программа, которая обеспечивает автоматический контроль технологических событий, предоставление информации эксплуатационному персоналу об аварийных ситуациях;
- генератор отчетов – это программа, обеспечивающая создание пользовательских отчетов о технологических событиях;
- внешние интерфейсы – интерфейсы обмена данными между SCADA-системами и другими приложениями (OPC, DDE, ODBC, DLL и др.) [3].

SCADA-системы используются в отраслях промышленности, где требуется обеспечивать автоматическое управление технологическими процессами в режиме реального времени. Данное программное обеспечение устанавливается на компьютеры, для связи с объектом управления используются драйверы ввода-вывода или OPC/DDE-серверы. Программный код может быть написан на языке программирования (C++), а также сгенерирован в среде автоматизированного проектирования.

В современных SCADA-системах выделяют два подхода к использованию языков программирования: ориентация на технологов-пользователей и ориентация на системного интегратора. В первом случае используются встроенные функции, не требующие от пользователя навыков программирования. Разработка в этом случае осуществляется «перетаскиванием» элементов проекта и установлением связей за счет встроенных возможностей системы. Подобный подход не позволяет решать нестандартные задачи. Второй подход позволяет проводить разработку дополнительных функций. В этом случае уже необходимо участие профессиональных программистов.

Современные SCADA-системы позволяют проводить программирование не только проекта SCADA, но и программировать контроллеры с открытой архитектурой. Общение ПЛК со SCADA осуществляется с помощью стандартного OPC сервера. В отличие от использования контроллеров с закрытой архитектурой, при использовании открытой архитектуры проект SCADA и контроллера создается в единой среде. Такой подход позволяет автоматически создавать адреса, производить межконтроллерный обмен и обмен с верхним уровнем. Языки программирования для систем автоматизации технологических процессов определены стандартом МЭК 61131-3. Стандарт определяет три графических (LD, FBD, SFC) и два текстовых (ST, IL) языка [4].

LD (Ladder Diagram) – графический язык диаграмм релейной логики.

SFC (Sequential Function Chart) – графический язык последовательных функциональных схем.

FBD (Function Block Diagram) – графический язык функциональных блоковых диаграмм.

ST (Structured Text) – язык структурированного текста.

IL (Instruction List) – язык инструкций.

Современные системы позволяют создавать программы одновременно на всех пяти языках, используя для каждой части программы наиболее наглядный язык.

Так, алгоритмы регулирования наиболее часто реализуются с помощью языка функциональных блоковых диаграмм. Язык блоковых диаграмм FBD позволяет представить программу в виде списка цепей. Выполнение программы осуществляется последовательно. При этом существует возможность использования меток для изменения алгоритма программы. Использование меток позволяет реализовать циклические и условные алгоритмы. Функциональные блоки в такой программе соединены линиями связи, задающими программные переменные. Блоки языка

позволяют реализовывать логические функции. Пример программы с использованием языка FBD представлен на рис. 1.



Рис. 1. Пример программы с использованием языка FBD

Инженерами-электриками для описания логики используются диаграммы релейной логики. Основными элементами языка релейных диаграмм являются переключки (горизонтальные и вертикальные), контакты и обмотки реле. Программа, составленная на языке LD, является аналогом релейной схемы. Основным недостатком таких программ является невозможность их использования для программирования непрерывного управления.

Вычислительные задачи в SCADA-системах решаются с помощью структурированного текста. ST представляет собой мощный язык программирования, аналогичный языку С. Однако функционал языка обычно ограничивается в системах средами программирования. Такие среды, как CoDeSys, позволяют использовать все функциональные возможности языка ST.

Язык инструкций IL относится к языкам низкого уровня и используется для разработки эффективных процедур. По своему строению язык напоминает языки ассемблера. Язык инструкций представляет собой очень быстрый язык, использующий минимальный объем памяти.

Для описания последовательности процессов в системе на этапе проектирования структуры используется графический язык SFC. Он позволяет описать внутреннюю структуру программного компонента схемы. Программа, написанная на языке SFC, представляет собой совокупность шагов и переходов между ними [4]. Пример программы на языке SFC представлен на рис. 2.

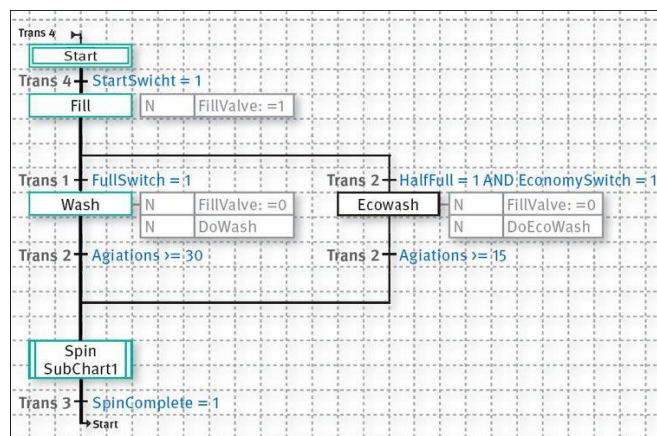


Рис. 2. Пример программы с использованием языка SFC

Кроме языков МЭК 61131-3 для программирования могут быть использованы произвольные языки. Во многих средствах программирования, ориентированных на МЭК 61131-3 широко используется язык C/C++.

Таким образом, все языки программирования SCADA-систем имеют свои достоинства и недостатки, использование конкретного языка определяется особенностями решаемой задачи.

Литература

1. Таранов А.А. Направления развития SCADA-систем / А.А. Таранов, М.А. Фролова // Материалы II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУМИФИ, 2020. – С. 340-344.
2. Максимова Е.А. Использование SCADA-технологий в современных автоматизированных системах управления / Е.А. Максимова, С.Н. Грицюк // Молодой ученый. – 2015. – № 22(102). – С. 45-48.
3. Тугов В.В. Проектирование автоматизированных систем управления / В.В. Тугов, А.И. Сергеев, Н.С. Шаров. – М.: Лань, 2019.
4. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – Введ. 01.04.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 227 с.

Использование лазерного излучения при создании упрочненных композиционных металлокерамических поверхностных слоев

Телегин Сергей Владимирович, ассистент кафедры

«Материаловедение и биомедицинская инженерия»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В статье описываются способы использования лазерного излучения как инструмента технологических процессов изготовления изделий, в том числе модифицирование поверхностных слоев титановых сплавов с образованием композиционных металлокерамических покрытий TiO, TiO₂ и TiN.

В современной промышленности применение различных типов лазеров и видов лазерного воздействия на материалы во многих отраслях машино- и приборостроения, а также в медицине является актуальной тематикой. Преимущества и перспективность их использования за счет прогресса в области технологичности лазеров, но и научно обоснованным выбором оптимальных режимов работы лазеров для достижения поставленной цели в области обработки существующих и создании новых материалов [1-5].

Лазерная обработка широко применяется при резании, сваривании, прошивки отверстий, термической обработки материалов, в том числе тонких металлических и неметаллических пленок. Причем лазер позволяет повысить эффективность и конкурентоспособность готовых изделий по сравнению с другими методами обработки материалов. Что в ряде случаев достигается за счет нанесения или формирования различных по природе покрытий на поверхности готовых изделий [1-5].

При рассмотрении системы «покрытие – поверхность изделия» одной из главных физико-механических характеристик выступает микротвердость слоя и адгезионная прочность сцепления покрытия и материала основы [6]. С целью снижения веса готовых изделий и без потери функциональных характеристик широкое распространение получили титан и сплавы на его основе [1-5]. В качестве материала основы для последующего формирования покрытий предпочтения отдаются технического титану ВТ1-00 и ВТ1-0. В дальнейшем на их поверхности путем различных воздействий наносятся металлокерамические композиционные покрытия, в

том числе электроплазменное напыление, различные виды электрохимического и химического оксидирования [3, 4].

Нами предлагается достичь требуемой морфологии и физико-механических характеристик покрытий титановых изделий по средствам термической лазерно-упрочняющей обработки с одновременным формированием металлокерамических композиционных оксидных покрытий на основе титана.

Принято разделять следующие методы формирования композиционных металлокерамических поверхностных слоев лазерным воздействием: термический, химико-термический, легирование и наплавка. Данное разделение основано на том, что обработка может вестись с оплавлением обрабатываемой поверхности, так и без ее плавления, с внесением легирующего материала и без.

Поверхностное упрочнение деталей лазерным излучением характеризуется рядом преимуществ: обработка осуществляется локально (по ширине и глубине), высокие скорости нагрева и охлаждения материала, обработка труднодоступных полостей и углублений, получение заданных физико-механических и химических свойств, простота автоматизации процесса.

Лазерные методы упрочнения целесообразны при обработке поверхностей сложной конфигурации, деформация которых должна быть сведена к минимуму, при малых размерах поверхности обрабатываемых зон по сравнению с размерами детали.

При импульсной лазерной обработке профиль температурного поля в зоне воздействия имеет гауссовское распределение. Скорость перемещения и расстояние перемещения импульсов в соседнюю зону воздействия задается частотой следования импульсов и их длительностью. Для формирования равномерного по толщине модифицированного слоя выбираем 50 %-ое перекрытие лазерных пятен (рис. 1).

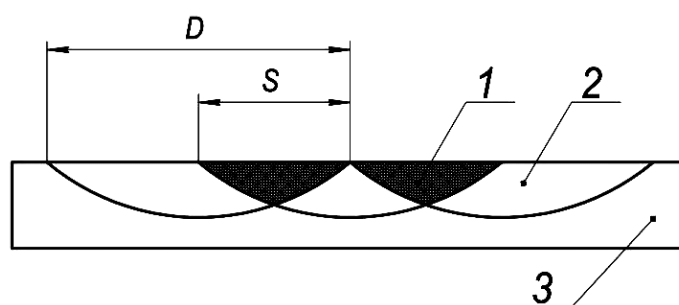


Рис. 1. Схема перекрытия зон термического влияния лазерного излучения:
1 – зона перекрытия пятен; 2 – зона единичного импульса; 3 – материал-основа

Лазерную модификацию поверхностных слоев можно условно разделить на несколько основных стадий:

- поглощение светового потока и передача его энергии тепловым колебаниям решетки твердого тела;
- нагревание материала без его разрушения;
- развитие испарения материала в зоне воздействия лазерного излучения и разлет продуктов лазерной абляции;
- охлаждение материала после окончания лазерного воздействия.

Одновременно с указанными стадиями происходят диффузионные и химические процессы, а также фазово-структурные изменения, оказывающие существенное влияние на характер воздействия лазерного излучения и обрабатываемого материала, которые проявляются в большей степени при обработке с оплавлением поверхностного слоя (рис. 2).

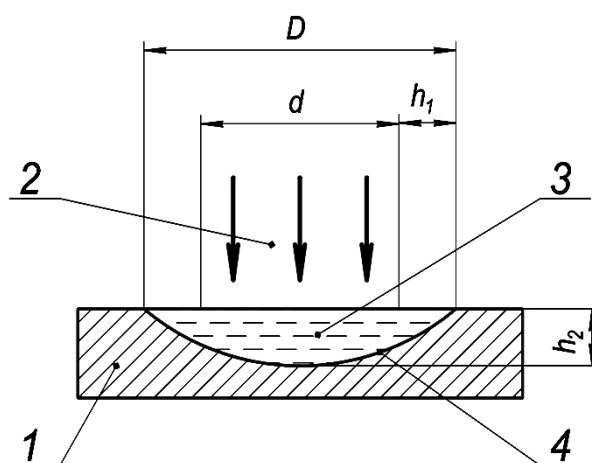
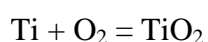


Рис. 2. Схема модели формирования металлокерамических покрытий на поверхности титана в ходе импульсной лазерной обработки:

- 1 – титановая основа; 2 – импульсное лазерное излучение; 3 – жидкая фаза;
4 – граница жидкой фазы и металлической основы*

Количество поглощённой энергии зависит от оптических и теплофизических свойств обрабатываемого материала, что определяет степень нагрева поверхности и как следствие вид обработки. Анализ температуры нагрева помогает определить необходимые энергетические параметры воздействия для формирования упрочненных металлокерамических пленок и покрытий.

При температурах 650 К и выше титановые сплавы активно поглощают кислород с образованием структур внедрения, имеющих высокую прочность, твердость и малую пластичность, который называется альфированным слоем [2]. Кислород стабилизирует α -фазу при его взаимодействии по реакции:



При нагреве до температуры 820 К и выше титан энергично растворяет азот, химически взаимодействует с ним, в результате часто образуются малопластичные фазы внедрения (нитриды):



Азот, находящийся в титане в виде нитридов и элементов внедрения, повышает твердость и снижает его пластичность. Поверхностный слой титана насыщается повышенным количеством кислорода (альфированный слой) и азота.

Экспериментально установлена возможность формирования металлокерамических покрытий, таких как TiO, TiO₂ и TiN на поверхности титановых сплавов при обработке на воздухе. При этом происходит насыщение α фазы при одновременном мартенситном превращении, что обеспечивает получение в поверхностном слое требуемого высокого уровня механических свойств. Импульсная лазерная обработка поверхности титана проводилась при плотности энергии $0,3 \times 10^7$ Дж/м² до $3,03 \times 10^7$ Дж/м². Содержание кислорода в поверхностном слое достигает 50 % при формировании оксидных покрытий TiO, TiO₂, и уменьшается до значения 35 % при одновременном образовании нитрида титана TiN. Толщина модифицированного слоя составляет 50-150 мкм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-5291.2018.4.

Литература

1. Водин Д.В. Лазерная обработка как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента / Д.В. Водин // Материалы III Международной научной конференции «Актуальные вопросы технических наук». – Пермь: Зебра, 2015. – С. 95-97.
2. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для ВУЗов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
3. Захарова Л.В. Анодно-оксидное покрытие – защита титановых сплавов от горячесолевого коррозии / Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. – 2015. – № 10. – С. 8-15.
4. Климков Ю.М. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учеб. пособие / Ю.М. Климков, В.С. Майоров, М.В. Хорошев. – М.: МИИГАиК, 2014. – 108 с.

5. Технология обработки поверхности изделий технического и медицинского назначения высокоэнергетическими потоками для восстановления их геометрических размеров и увеличения срока эксплуатации. / Ю.Р. Колобов [и др.] // Технология машиностроения. – 2006. – № 4. – С. 39-44.

6. Лясников В.Н. Плазмонапылённые материалы и покрытия. Свойства, технология, оборудование и применение: учеб. пособие / В.Н. Лясников, Н.В. Протасова, К.С. Толмачёв. – М-во образования и науки Рос. Федерации. Саратов. Гос. техн. ун-т. – Саратов, 2012. – 489 с.

УДК 621.785.545

Моделирование модификации поверхности титана лазерным излучением

Телегин Сергей Владимирович, ассистент кафедры
«Материаловедение и биомедицинская инженерия»

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

Статья посвящена числовому моделированию импульсного лазерного воздействия на поверхность титана методом конечных элементов в программе FlexPDE с целью получения качественной и количественной картины процесса нагрева обрабатываемой поверхности, складывающейся из температуры на поверхности и в объеме материала.

При использовании лазерного излучения как технологического инструмента основным управляемым фактором выступает процесс нагрева поверхности обрабатываемого материала до достижения требуемого результата. При этом температура в зоне воздействия складывается из температурного поля на поверхности и в объеме материала, которые определяются теоретико-экспериментальными способами [1, 2]. Общее тепловое воздействие на подложку определяется энергетическими и технологическими факторами импульсной лазерной обработки (ИЛО): мощностью и энергией излучения, их плотностями, которые зависят от диаметра пятна лазера, длительностью и частотой следования импульсов, теплофизических характеристик обрабатываемого материала [3, 4].

Моделирование процесса ИЛО поверхности титанового сплава ВТ1-00 методом конечных элементов проводилось в конструкторе моделей конечных элементов для

дифференциальных уравнений в частных производных FlexPDE. Результатом моделирования является распределение температурных полей в зоне лазерного воздействия и расчета температур в различных частях материала. При расчетах используются следующие физические величины обрабатываемого материала:

- плотность $\rho = 4,54 \text{ г/см}^3$;
- температура плавления $T_{\text{пл}} = 1943 \text{ К}$;
- теплопроводность $\lambda = 21,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- температуропроводность $\alpha = 1,19 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

По результатам проведенного численного моделирования распределения температурных полей в обрабатываемом материале при ИЛО с различными энергетическими параметрами можно сделать вывод, что с увеличением энергетических параметров лазерного воздействия происходит увеличение температуры на поверхности в объеме обрабатываемого титана (рис. 1).

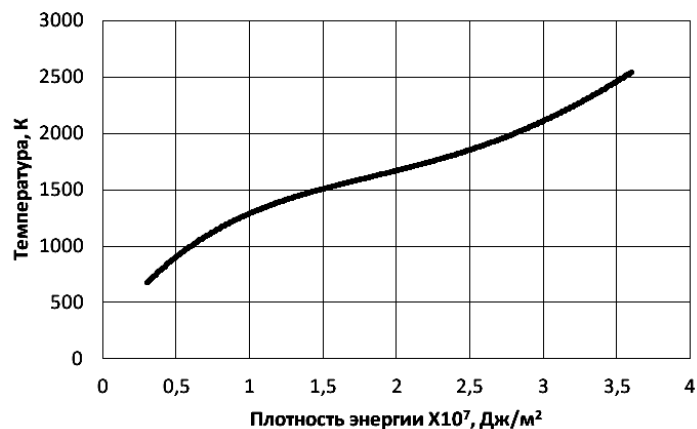


Рис. 1. Изменение температуры поверхности при взаимодействии импульсного лазерного излучения с разными энергетическими параметрами

Наименьшая расчетная температура на поверхности материала составляет $T=650 \text{ К}$ при использовании лазерного излучения с плотностью энергии $Q=0,3 \times 10^7 \text{ Дж/м}^2$ (рис. 2). Максимальная температура достигает 2450 К при использовании $Q=3,3 \times 10^7 \text{ Дж/м}^2$. Использование большей Q и T не целесообразно, так как при таких температурах будет проходить процесс лазерной абляции и покрытия формироваться не будут.

Для формирования металлокерамических оксидных и нитридных соединений на основе титана необходимые интервалы температур выбираются исходя из диаграмм фазово-структурного состояния титан–кислород и титан–азот. Для формирования оксидов титана фазы рутил используется температурный диапазон $1200\text{-}1800 \text{ К}$ при использовании контролируемой среды с 50% кислорода [4, 5], что достигается

обработкой плотности энергии лазерного излучения от $0,62 \times 10^7$ Дж/м² до $2,53 \times 10^7$ Дж/м².

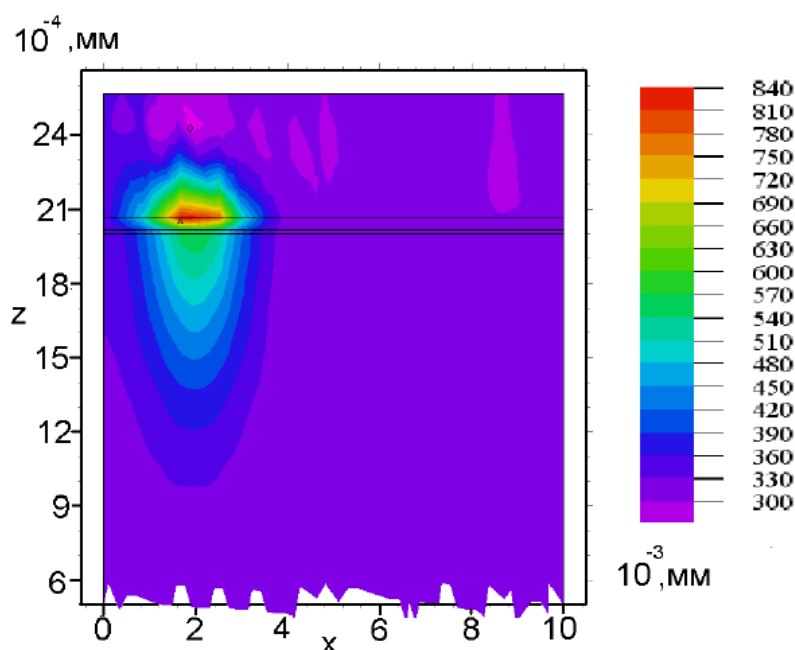


Рис. 2. Распределение теплового поля от одиночного лазерного импульса в обрабатываемом образце при $Q=0,3 \times 10^7$ Дж/м²

Так как модификация осуществляется при температуре ниже $T_{пл}$ титана, следовательно можно предположить, что будет происходить рост оксидного покрытия без оплавления материала основы. Для формирования нитридной фазы необходимы температуры 1300-2350 К, которые обеспечиваются плотностями энергии $1,2 \times 10^7$ Дж/м² - $3,0 \times 10^7$ Дж/м².

Исходя из того, что требуется получить металлокерамические покрытия на поверхности титана с оксидными и нитридными фазовыми составляющими, то рекомендуемыми диапазонами изменения энергетических параметров лазерной обработки для формирования данных покрытий являются мощность от 3 до 10 Вт, энергия от 25 до 95 Дж, плотность мощности от $0,1 \times 10^7$ до $0,5 \times 10^7$ Вт/м², плотности энергии от $0,8 \times 10^7$ Дж/м² до $3,0 \times 10^7$ Дж/м². Данные величины обеспечиваются при изменении технологических параметров лазерной модификации: напряжение лампы накачки 310 - 400 В, длительность импульсов 3,3-8 мс, частоту следования импульсов 1-2 Гц.

При обработке свыше $3,0 \times 10^7$ Дж/м² будет происходить разрушение поверхностного слоя за счет процессов лазерной абляции и частичное коробление изделий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-5291.2018.4.

Литература

1. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Раздел: Введение в лазерные технологии / В.П. Вейко, А.А. Петров // СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
2. Бекренев Н.В. Высокоэффективные процессы обработки материалов и нанесение покрытий концентрированными потоками энергии (теоретические основы): учеб. пособие / Н.В. Бекренев, А.В. Лясникова, Д.В. Трофимов; под ред. В.Н. Лясникова. – Ч. 2. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2004. – 117 с.
3. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для ВУЗов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
4. Климков Ю.М. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учеб. пособие / Ю.М. Климков, В.С. Майоров, М.В. Хорошев. – М.: МИИГАиК, 2014. – 108 с.
5. Муратов В.С. Изменение физико-механических свойств поверхностных слоев титана под воздействием лазерного излучения / В.С. Муратов, А.П. Морозов // Материалы Международной научно-технической конференции «Высокие технологии в машиностроении». – Самара: Изд-во СамГТУ, 2005. – С. 198-199.

УДК 004.94

Моделирование конвергентной системы синхронизации времени

Троценко Семён Александрович, студент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

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

В данной статье исследуются основные подходы синхронизации времени в промышленных и локальных вычислительных сетях. Произведено моделирование работы трёхслойной конвергентной системы синхронизации времени, работающей по протоколу NTP.

Синхронизация времени в промышленных и локальных вычислительных сетях необходима для согласования режимов работ приложений, устройств

функционирующих в режиме реального времени, с разной степенью точности, в зависимости от выполняемых задач. Применяются односторонний и двусторонний методы синхронизации времени. При одностороннем методе применяется симплексная передача сигнала точного времени, от ведущего компьютера ведомому, при двустороннем методе используется дуплексный обмен данными, что необходимо для определения задержки при передаче пакетов по сети и определения необходимой поправки. Также при синхронизации времени применяют следующие основные варианты сетевой инфраструктуры, – выделенная и конвергентная сети [1] (рис. 1). В выделенной сети для синхронизации времени используют выделенную линию передачи данных. В такой сети используют методы синхронизации времени PPS и IRIG-B. Этот вид инфраструктуры в основном применяется в промышленных сетях, где необходима высокая точность.

В конвергентной сети синхронизация времени происходит по тем же каналам, по которым передается весь остальной трафик системы. Для подобных систем используют протоколы синхронизации времени NTP, SNTP и PTP.

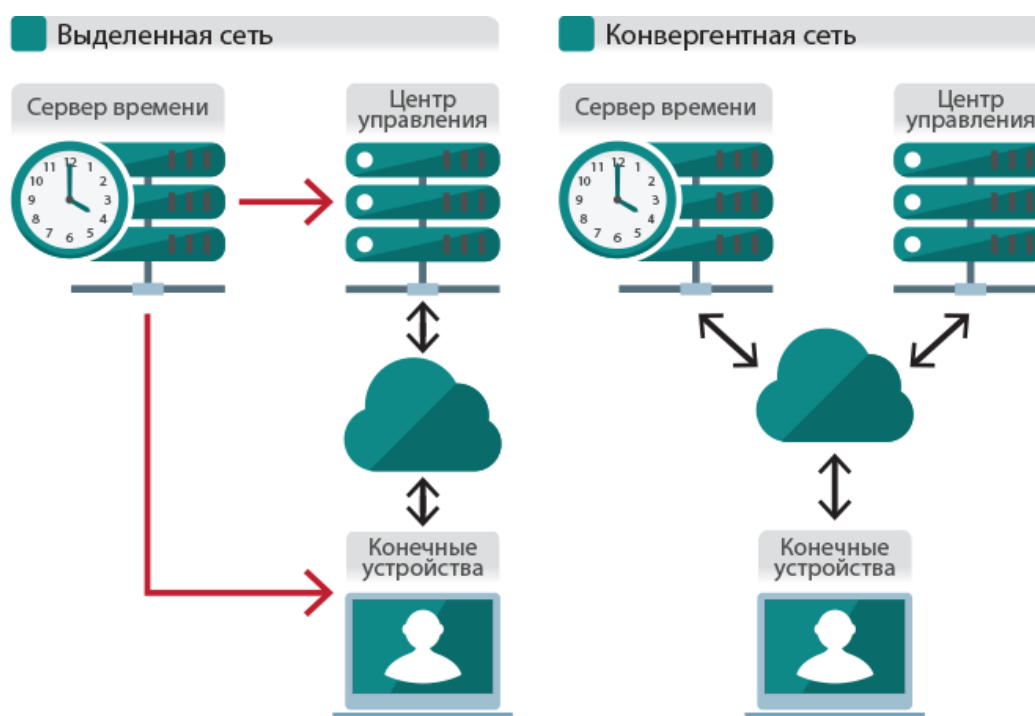


Рис. 1. Выделенная и Конвергентная сети

Наиболее широко в корпоративных и небольших ЛВС (локальная вычислительная сеть) используется протокол NTP – протокол, который работает поверх UDP и используется для синхронизации локальных часов с часами на сервере точного времени. При работе в интернете точность синхронизации составляет до 10 мс,

а в локальных сетях – до 0,2 мс. При этом протокол NTP нечувствителен к задержкам канала [2].

Цель работы: моделирования инфраструктуры синхронизации времени с помощью протокола NTP, в WAN, при помощи программы Cisco Packet Tracer.

Методология. В исследовании использовалось программное обеспечение Cisco Packet Tracer 7. Создана тестовая локальная сеть (рис. 2), включающая в себя роутеры (R1, R2), сетевой коммутатор (Switch0), сетевой концентратор (Hub0), сервер (N1), ноутбуки (Laptop0, Laptop1).

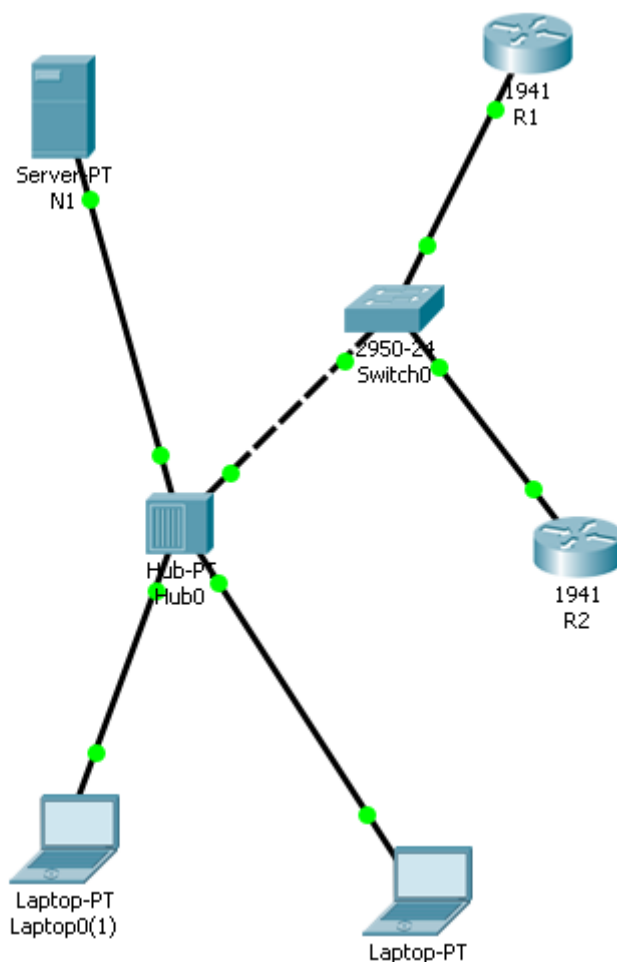


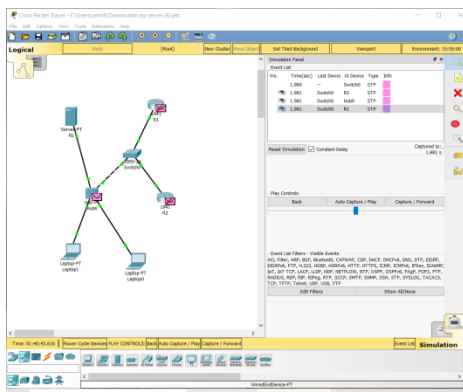
Рис. 2. Схема исследуемой сети

На N1 запущены роли AD, NTP и DHCP, на R1 и R2 командой `ntp server` [3, 4] задан приоритетный сервер синхронизации времени – N1. Исследование прохождения пакетов между хостами происходило в режиме симуляции.

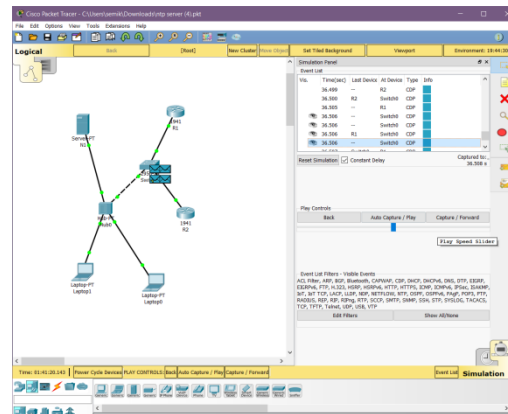
Структура соединений сформирована для удобного распределения пакетов данных между устройствами. STP пакеты (рис. 3а) исходят из Switch0, отправляясь всем устройствам, подключенным напрямую. Затем проходят через Hub0 и отправляются следующим устройствам.

Следующим этапом отправляется CDP (рис. 3б) из R2 и успешно принимается Switch0. То же самое выполняется из R1.

Следующим шагом отправляется пакет NTP(рис. 3в) из R1 и R2 в Switch0. Дойдя до N1, направляется обратно в R1 и R2 поочередно (рис. 3г). R1 и R2 выступают в роли вспомогательных серверов времени для своих сегментов сети, обеспечивая согласование работы устройств и приложений, осуществляющих обработку данных в режиме реального времени.



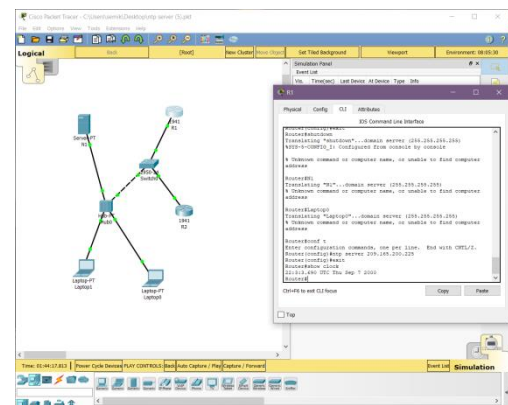
а



б

0	1	2	3
LI	VN	Mode	Stratum
		Poll	Precision
Root Delay			
Root Dispersion			
Reference Identifier			
Reference Timestamp (64)			
Originate Timestamp (64)			
Receive Timestamp (64)			
Transmit Timestamp (64)			
Key Identifier (optional) (32)			
Message Digest (optional) (128)			

в



г

Рис. 3. Моделирование работы системы синхронизации времени где: а – прохождение STP пакетов; б – прохождение CDP пакетов; в – структура NTP пакета; г – проверка работоспособности третьего слоя синхронизации

Выводы: произведено моделирование трёхслойной системы синхронизации времени через NTP протокол. Построение тестовой модели в симуляторе Cisco Packet Tracer позволило определить, какие необходимо внести изменения в рабочую

конфигурацию маршрутизаторов. Подготовлены комплекты стартовой конфигурации активного сетевого оборудования.

Литература

1. Синхронизация точного времени. Стандарт IEEE 1588. [Электронный ресурс] URL: https://moxa.ru/tehnologii/power_systems/sinhronizaciya-tochnogo-vremeni-standart-ieee-1588 (дата обращения: 15.12.2020).

2. RFC 1305: Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis. [Электронный ресурс] URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc1305> (дата обращения: 15.12.2020).

3. Настройка времени на Cisco. [Электронный ресурс] URL: <https://wiki.merionet.ru/seti/13/nastrojka-vremeni-na-cisco-ntp-i-rukami/> (дата обращения: 15.12.2020).

4. Packet Tracer – Configure and Verify NTP Cisco. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ccna7.com/10-2-1-4-packet-tracer-configure-and-verify-ntp/> (дата обращения: 15.12.2020).

УДК 621.438.9

Исследование работы макета турбины Tesla

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»

Турбина Tesla представляет собой дисковую турбину с гладкой поверхностью дисков. Работает за счет трения между потоком газа и поверхность диска. Отличается простотой конструкции и надежностью в работе. Для изготовления не требует высокой точности и чистоты обработки рабочих дисков. Рассмотрена возможность применения турбины Tesla в газопроводах вместо редуктора давления.

Турбина Tesla разработана автором в 1913 году для собственного электроснабжения без приобретения дорогостоящих паровых или газовых турбин. Автор сделал упор на конструкцию без применения дорогих лопаточных турбин. Предложенная турбина не содержала указанных элементов, выполнялась из

параллельно установленных, с небольшим зазором дисков. Во вращение диски приводились силами трения от движущегося вдоль поверхности потока газа. Материалоемкость турбины больше, чем у лопаточной, но конструктивно намного проще, и дешевле в производстве, и надежнее в эксплуатации.

Так как кинетическая энергия газа при передаче ее части вращающемуся устройству уменьшается, скорость газа должна снижаться. При этом скорость вращения ротора снижаться не может. Тесла организовал направление движения потока газа от периферии к центру вращения диска по спирали, При этом участки потока газа по мере уменьшения их скорости контактировали с поверхностью диска, также имеющей малую линейную скорость, при том, что угловая скорость всех участков диска одинаковая.

Чем такая турбина привлекательна сегодня? В первую очередь простотой изготовления на малую мощность. Диски вырубаются из листа без последующей обработки. При этом, чем хуже чистота поверхности диска, тем лучше сцепление потока газа с поверхностью и выше КПД преобразования. Т. е. можно использовать листы от отслуживших срок резервуаров. Речь идет о турбинах малой мощности, которые можно изготавливать в рамках рацпредложений на предприятиях при возможности утилизации отбросных потоков газа или есть возможность получения потоков газа за счет сжигания отходов горючих материалов.

Дополнительно такие турбины можно изготавливать для замены ими редукторов, предназначенных для снижения давления газа при переходе из одного газопровода в другой или перед оборудованием, если требуется по условиям эксплуатации снижать перед ним давление. Турбина в таком случае может быть дешевле редуктора давления газа. И параллельно будет использована для выработки электроэнергии для местных нужд.

Удобной такая микротурбина будет для туристов, рыбаков и охотников, при наличии рядом расположенного водоема. В костре или на его углях располагается котел, заправленный водой. Пар проходит через турбину и возвращается в водоем для последующей конденсации. Турбина Тесла при этом становится влажнопаровой. Наличие капель воды не критично для турбины Тесла как для энергетических турбин. Более того полезно, т. к. увеличивает сцепление пара с дисками. Работы по проектированию и испытанию маломощных турбин Тесла проводятся энтузиастами, подтверждающими целесообразность их применения [1, 2].

С целью проверки, насколько просто изготовить работоспособную конструкцию и для оценки технических характеристик турбины, в лаборатории «Альтернативная

энергетика» БИТИ НИЯУ МИФИ изготовлен опытный образец. Габаритные размеры турбины: диаметр 75 мм и ширина 40 мм. На расстоянии 2 мм друг от друга на валу размещено 9 дисков из картона, с толщиной каждого диска 1,5 мм. Турбина предназначена для утилизации сбросов воздуха из оборудования. Единственным приемом повышения сцепления потока воздуха с поверхностью диска являлось нанесение на его поверхность клея с последующим нанесением речного песка.

Воздух на привод турбины подавался от бытового пылесоса. Расход воздуха измерялся ротаметром РМ-40Г, с верхним пределом измерения 40 м³/час. Расход воздуха через турбину регулировался сбросом излишков воздуха через кран. Давление перед турбиной измерялось манометром с верхним пределом измерения 3 кгс/см². Нагрузкой турбины являлся двигатель постоянного тока от компьютера, который, в свою очередь нагружался лампой накаливания от новогодней гирлянды с максимальным рабочим напряжением 7 вольт.

Напряжение на нагрузке измерялось вольтметром DT 9208A, а ток миллиамперметром постоянного тока с максимальным значением шкалы 100 мА. Частоту вращения ротора измерить на данном этапе не представилось возможным. Максимальный расход воздуха, который был получен от пылесоса, составил 14 м³/час.

В табл. 1 приведены результаты испытания.

Итоговый КПД системы турбина-электрогенератор определялся из выражения:

$$\eta = U \cdot I / N_{\Gamma}, \quad (1)$$

где: η – итоговый КПД системы; U – напряжение на нагрузке; I – ток нагрузки; N_{Γ} – мощность потока газа.

Мощность потока газа определялась из выражения:

$$N_{\Gamma} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2)$$

где: ρ – плотность воздуха, кг/м³; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²; Q – объемный расход воздуха, м³/с; H – напор воздуха перед турбиной, м.

Напор воздуха от компрессора (пылесоса) был измерен перед испытанием турбины манометром на давление 1МПа. Давление воздуха составило 0,02 МПа, что не позволило в дальнейшем измерять фактический напор при различных расходах воздуха через турбину.

При плотности воздуха 1,25 кг/м³ (уточнения плотности воздуха по температуре и давлению не имеют смысла из-за низкой точности измерения напора) мощность потока воздуха представлена в табл. 1.

Результаты измерения параметров работы турбины Тесла

Расход воздуха – Q, м ³ /ч	12	14
Напряжение на нагрузке – V, вольт	0,94	1,44
Ток в нагрузке – I, мА	20	30
Электрическая мощность на нагрузке – N _э , мВт	18,8	43,2
Мощность воздушного потока – N _в , Вт	0,082	0,095
КПД турбины, %	23	45,3

Несмотря на то, что опытный образец был изготовлен из подручных материалов, КПД турбины можно считать высоким. Ветро двигатели с аналогичным значением КПД требуют тщательного изготовления элементов. Следовательно, турбина Тесла, может применяться в устройствах, в которых необходимо редуцировать давление по технологическим соображениям с попутной выработкой электроэнергии. Уступая в эффективности современным детандерам, турбина Тесла имеет преимущество в простоте ее изготовления.

Литература

1. Давыдов А.Б. Экспериментальное исследование дисковой микротурбины / А.Б. Давыдов, А.Н. Шерстюк, А.В. Наумов // Вестник машиностроения. – 1980. – № 8. – С. 52-57.
2. Наталевич А.С. Воздушные микротурбины. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.С. Наталевич. – М.: Машиностроение, 1979. – 192 с.

УДК 621.311.21

Портативная складная гидроэлектростанция

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»

Портативные гидроэлектростанции представляют интерес для туристов. С увеличением их размера и мощности могут быть полезными для фермерских хозяйств.

Мобильные конструкции, занимающие мало места при транспортировании, которые можно в считанные минуты привести в рабочее состояние, могут быть полезными для служб ЧС.

Мобильная альтернативная энергетика малой мощности востребована соответствующими потребителями, при отсутствии возможности получить готовую электроэнергию. Обеспечивается различными источниками, наиболее экономически выгодными в каждом случае.

При возможности извлечения электроэнергии из воды интерес могут представлять мобильные гидроэлектростанции. Причем обеспечивающие легкость как транспортирования, так и приведения в рабочее (или транспортное) состояние.

В лаборатории «Альтернативная энергетика» БИТИ НИЯУ МИФИ изготовлена действующая микроэлектростанция складного типа. Приведение в рабочее состояние или наоборот осуществляется за несколько секунд. Ее основное назначение – зарядка аккумуляторов носимых устройств или непосредственное освещение в темное время суток.

За основу взята конструкция мобильной гидроэлектростанции для туристов и военных – Bourne Energy BPP ГЭС [1]. Длина этого аппарата составляет 0,9 м, вес – примерно 13 кг, а номинальная мощность – 500 ватт (при течении 2,3 м/с). В её торпедообразном корпусе поместились, собственно, генератор, управляющая электроника с датчиками и система охлаждения. Для монтажа такой микро-ГЭС достаточно участка реки или ручья с глубиной более 1,2 метра. Кроме того, как сообщают разработчики, эти агрегаты приспособлены для соединения в сеть мощностью в десятки киловатт. Разработчики утверждают, что время для приведения в рабочее состояние из походного и наоборот составляет несколько минут.

На этой основе разработана складная гидроэлектростанция, конструкция которой защищена патентом на полезную модель Донцовой Марии Андреевны, ученицы гимназии № 2 г. Балаково [2]. Данная разработка была отмечена дипломом лауреата конференции Научно Технического Творчества Молодежи, проводимой в рамках Московского международного салона образования (ММСО-2016).

Техническое решение реализовано в виде опытного макета, не содержащего электронную часть, предназначенную для контроля зарядки аккумуляторов, но способного вырабатывать электрическую энергию постоянного тока (рис. 1).

Габаритные размеры в транспортном положении составляют 200x160x85 мм. В рабочем состоянии 200x160x260 мм.

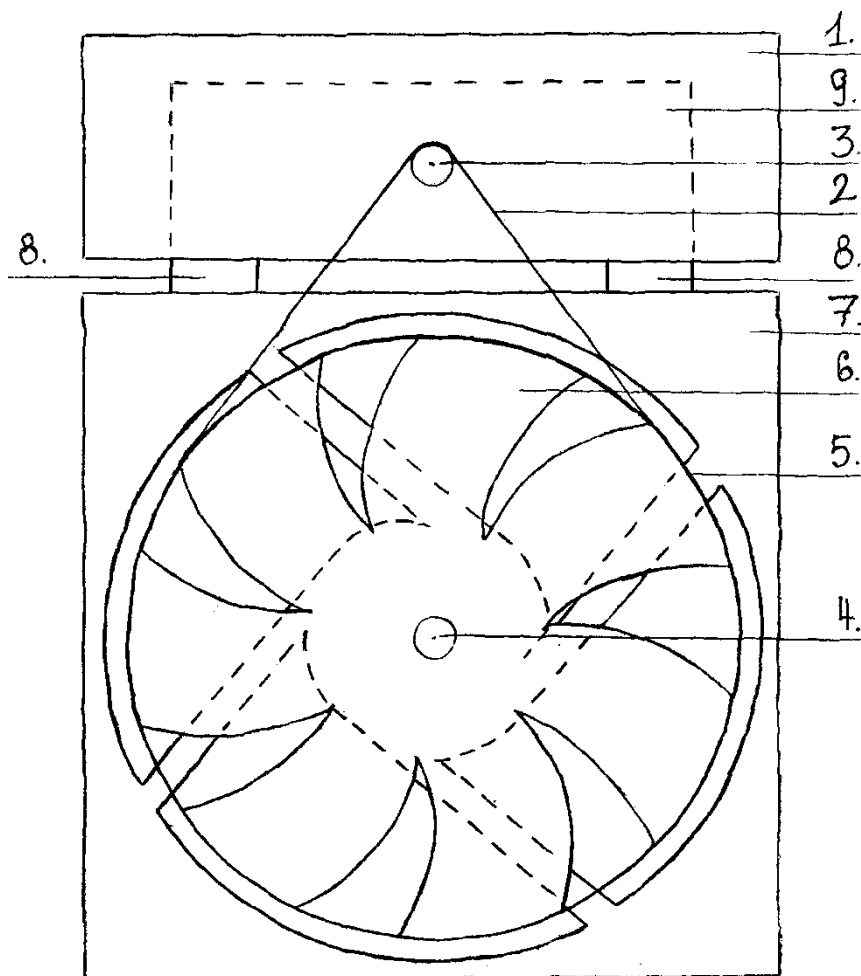


Рис. 1. Конструкция:

*1 – корпус; 7 – откидная рама; 6 – водяное колесо пропеллерного типа;
3 – электрогенератор; 5 – шкив; 2 – ремень; 8 – шарниры; 9 – отсек для
электрогенератора, преобразователя напряжения в стандартное значение и
аккумулятора*

Получение характеристик гидроэлектростанции проводилось измерением напряжения, силы тока через нагрузку, вычислением мощности при различных скоростях потока воды. Скорость потока оценивалась по времени прохождения поплавка на мерном участке в 1 метр.

Учитывая, что на такой длине потока характер течения изменялся, что было видно «на глаз», точность определения скорости потока невысока. Окончательной оценкой работоспособности на данном потоке являлись данные по вырабатываемой мощности электрогенератором.

Напряжение на нагрузке измерялось мультиметром DT 9208 А, а ток миллиамперметром постоянного тока с максимальным значением шкалы 500 мА.

В табл. 1 представлены результаты испытания.

Итоговый КПД системы турбина-электрогенератор определялся из выражения:

$$\eta = U \cdot I / N_r, \quad (1)$$

где: η – итоговый КПД системы; U – напряжение на нагрузке; I – ток нагрузки; N_r – мощность потока.

Мощность потока определялась из выражения:

$$N_r = \rho \cdot F \cdot v^3 / 2, \quad (2)$$

где: ρ – плотность воды, кг/м³; F – площадь колеса; v – скорость потока, м/с.

Таблица 1

Результаты измерения параметров работы микрогидротурбины

Скорость воды – v , м/с	0,4	0,8	1,2
Напряжение на нагрузке – V , вольт	1,0	1,8	3,1
Ток в нагрузке – I , мА	40	130	220
Электрическая мощность на нагрузке – N_n , Вт	0,04	0,23	0,68
Мощность потока – N_b , Вт	0,3	2,4	6,27
КПД микрогидростанции, %	13,3	9,8	10,9

Результаты эксперимента не дают полной картины эффективности турбины, но позволяют сделать следующие выводы:

- КПД микрогидротурбины незначительный, т. к. в качестве гидроколеса применялась крыльчатка от вентилятора блока питания компьютера, рассчитанная для перемещения воздуха и при другом скоростном режиме;

- заметное увеличение КПД на малой скорости, вероятно, обусловлено тем, что при работе с малой скоростью вращения эффект «перелопачивания» потока не такой существенный, что отмечалось внешне как более спокойное прохождение потока через крыльчатку;

- конструкция работоспособна и может быть использована в походных условиях, например, для освещения палатки светодиодным фонарем, при увеличении габаритов или использовании в потоке с большей, чем при испытаниях скорости движения воды может быть использована для зарядки сотового телефона.

Литература

1. Мобильная электростанция для туристов и военных – Bourne Energy ВРР ГЭС. [Электронный ресурс] URL: https://gizmod.ru/2010/03/04/mobilnaja_gidroelektrostantsija (дата обращения: 12.11.2020).

2. Пат. 164781 Российская Федерация, ПМК F03B 17/06 (2006.01) Складная микрогэс / М.А. Донцова; заявитель и патентообладатель М.А. Донцова № 2016112038/06; заявл. 30.03.2016; опубл. 20.09.2016.

УДК 62-519

Разработка робота-балансира, управляемого жестами

Ушакова Ольга Валерьевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»;

Ефанова Мария Владимировна, магистрант кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»;

Райлян Никита Владимирович, магистрант кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»;

Яценко Сергей Алексеевич, магистрант кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Данная работа посвящена актуальной проблеме разработки мобильной робототехнической платформы, управляемой жестами. Такой вид управления базируется на основе принятия, обработки и передачи сигнала элемента управления к исполнительному устройству.

Объектом разработки и исследования является механическая система и устройство управления. В качестве первого выступает двухколесная тележка с обратным маятником на оси. Подсистема, реализующая управление, представляет собой перчатку, с помощью которой формируется сигнал стабилизации и движения.

Возможность управления неустойчивыми системами рассматривалась с давних времён, однако практическая значимость такого управления отчетливо проявилась лишь в недавнее время. Оказалось, что неустойчивые управляемые объекты при правильном управлении обладают рядом уникальных качеств. Например, таким объектом может являться космический корабль на этапе взлета или термоядерный реактор, а также многие другие объекты.

В настоящее время весьма актуальной проблемой является разработка не только робототехнических платформ повышенной проходимости, но и платформ с максимальной манёвренностью на дистанционном управлении. Данный параметр

критичен для систем, работающих в ограниченном пространстве, например, на территориях складских помещений или пересечённых участков местности небольшой ширины. Исправить данную проблему сможет платформа, обладающая компактными размерами и управляемая с помощью жестов. Среди наиболее оптимальных вариантов выделяется балансирующая двухколёсная конструкция.

Одним из простейших образцов выступает классический обратный маятник. Данный вид маятника представляет собой маятник, который имеет центр масс выше своей точки опоры, закреплённый на конце жёсткого стержня. Часто точка опоры закрепляется на тележке, которая может перемещаться вдоль горизонтальной плоскости. Принцип работы нормального маятника подразумевает, что он устойчиво висит вниз, обратный маятник, наоборот, по своей природе неустойчивый и должен постоянно находить точку баланса, чтобы оставаться в вертикальном положении. Подобное достигается с помощью применения крутящего момента к опорной точке или при перемещении точки опоры по горизонтали, как части обратной связи системы.

Обратный маятник является тривиальной проблемой динамики и теории управления. Подобного рода устройства употребляются в качестве эталона для тестирования алгоритмов управления (ПИД-регуляторов, нейронных сетей, нечёткого управления и т. д.).

С одной стороны, проблема стабилизации обратного маятника относительно простая и наглядная, с другой, она имеет возможность найти практическое применение в процессе создания моделей существ, использующих при передвижении ноги, в частности две, а также антропоморфных устройств, перемещающихся на двух опорах. В последнее время набирают популярность исследования, посвященные задачам стабилизации обратного маятника, связанного с движущейся двухколесной платформой. Эти исследования позволяют реализовать многие практические сценарии использования во многих отраслях, таких как мобильные робототехнические системы и машиностроение, в связи с удобством эксплуатации, компактной конструкцией, высокой маневренностью и низким расходом энергии таких устройств. Хотя данная задача еще далека от полного решения. Известно, что многие технические системы обладают как положительными, так и отрицательными свойствами работы. Характерным примером может послужить сегвей. Изобретение Дина Кеймена базируется на идее электрического самобалансирующегося самоката с двумя колёсами, расположенными соосно по обе стороны от водителя. Сегвей автоматически балансируется при изменении положения основания относительно поверхности. Для этой цели используется система индикаторной стабилизации. Разработки в области

управления колебательными механическими системами имеют существенный теоретический интерес и большое прикладное значение.

Основной акцент в данной работе был сделан на управлении роботом балансиром дистанционно, что расширяет его применение, а также позволяет провести исследование систем дистанционного управления на основе принятия, обработки и передачи сигнала исполняемому устройству.

В представленной работе рассматривается механическая система, состоящая из двухколесной тележки, на оси которой располагается обратный маятник и перчатки управления. В процессе работы системы формируется такое управляющее воздействие, которое, с одной стороны, обеспечивает заданный закон движения механического средства, а с другой, стабилизирует неустойчивое положение маятника. При этом берутся во внимание гистерезисные свойства в управляющем контуре рассматриваемой системы.

В данном проекте используются технология цифровой обработки сигналов, фильтрация и отсечение паразитных сигналов с перчатки управления, для формирования точного сигнала воздействия с микроконтроллера на шаговые двигатели.

Для формирования точного сигнала воздействия на шаговые двигатели также следует учитывать не только сигнал с перчатки управления, но и сигнал с собственного гироскопа в обратном маятнике. Реализация данного технологического процесса требует разработки технологии системы автоматического управления.

Реализуемый обратный маятник состоит из нескольких узлов. Это сам нестабильный маятник (рис. 3а) и перчатка для управления им. Маятник построен на основе шаговых двигателей с управлением через драйвер микроконтроллером. Микроконтроллер на базе Arduino Mega 2560. Система балансировки построена на основе гироскопа MPU-6050, который передает на микроконтроллер собственный угол наклона относительно поверхности [2]. Также реализована система передачи информации между микроконтроллером и перчаткой управления [3], на основе двух bluetooth модулей семейства HC-05. Система балансировки и воздействие перчатки вместе реализуют управление с помощью жестов (рис. 1).

Перчатка для управления (рис. 3б) построена на базе Arduino Nano и гироскопа MPU-6050 с узлом обмена информацией на основе модуля HC-05. В гироскопе формируется угол наклона руки и передается в микроконтроллер для формирования сигнала управления [1]. В микроконтроллере реализуется система фильтрации определенных углов, на который должен реагировать микроконтроллер в обратном

маятнике. Все вышеперечисленное формирует алгоритм управления с помощью жестов (рис. 2).

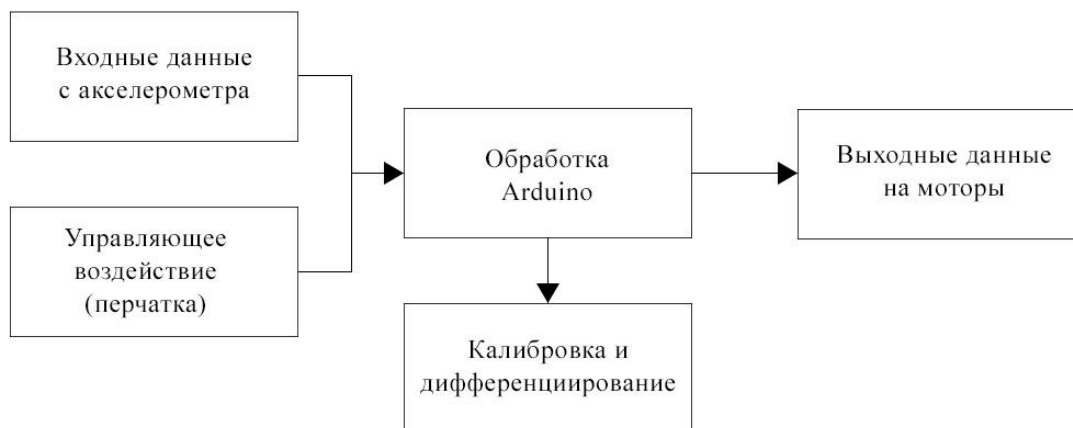


Рис. 1. Схема моделирования управления с помощью жестов



Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления с помощью жестов



*Рис. 3. Компоненты дистанционно управляемой мобильной платформы:
а – робот-балансир; б – управляющая перчатка*

Вывод. Таким образом, в ходе проделанных исследований и разработок была сформирована система дистанционного управления жестами роботом-балансиром. В состав системы вошли двухколесная робототехническая платформа с обратным маятником на оси и подсистема, реализующая управление жестами.

В дальнейшем планируется продолжить исследования и разработать систему диагностики робототехнического устройства, с выявлением неисправностей и возможностью коррекции ошибок.

Литература

1. Chetan Bulla. Gesture Control Robot / Chetan Bulla, Ranjana Shebani, Bhoomika Balegar, Deepa Nandihalli, Kalagouda Patil // IJRECE – 2019. – Vol. 7 Issue 2. – ISSN: 2348-2281.
2. Gilbert Tang. The Design and Evaluation of an Ergonomic Contactless Gesture Control System for Industrial Robots / Gilbert Tang, Phil Webb // Hindawi – 2018. – Vol. 2018, Article ID 9791286. – 10 p.
3. Prem Kumar. Gesture Control Robot with Arduino / Prem Kumar, Salumari Madhu // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2018. – 455 012106.

**Исследование процесса плазменного напыления гидроксиапатита
на титановую подложку**

Федоров Андрей Дмитриевич, студент кафедры
«Системотехника и управление в технических системах»;
Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры
«Системотехника и управление в технических системах»

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

В работе проведены исследования нанопокровтий порошка гидроксиапатита на титан. Построенная корреляционная матрица позволила определить силу взаимосвязи между параметрами напыления и характеристиками полученных покрытий.

Цель работы: исследование способов повышения качества покрытия, получаемого путем плазменного напыления порошков гидроксиапатита (ГА).

Методология исследований. Морфология плазмонапыленных образцов ГА исследовалась на образцах из титана марки ВТ1-0, представляющих собой цилиндры диаметром 6.5 мм и высотой 1.5 мм, адгезию напыленных образцов исследовали на плоских образцах титана размером 10×30×2 мм.

Перед напылением ГА проводилась абразивно-струйная обработка поверхности образцов порошком электрокорунда Белэкт № 25 (ТУ 9391-094-45814830-2003) дисперсностью 150-350 мкм при давлении 0,2-0,5 МПа в течение 5 мин. Очистка от технологических загрязнений проводилась в водных растворах ПАВ и этилового спирта с применением УЗ ванны «УЗУМИ-2».

Процесс плазменного порошкового напыления проводился на установке «УПН-28». Дистанция напыления составляла 50-180 мм, дисперсность порошкового материала составляла 30-100 мкм, сила тока дуги 300-550 А (табл. 1).

Пористость покрытий определялась согласно известной методике на анализаторе изображений микроструктур АГПМ-6М. Адгезионно-когезионную прочность плазмонапыленного покрытия определяли методом сдвига на испытательной универсальной машине ИР 5082-100. Образцы склеивали напыленными поверхностями при помощи эпоксидного клея Henkel Loctite EA 3425 (выдерживает удельные нагрузки на разрыв до 40 МПа) и оставляли под грузом до полного высыхания [1-4]. Результаты полученного покрытия анализировались в программе Matlab 2019b.

Основные характеристики полученного покрытия порошка ГА на титан

№ опыта	Ток дуги, А	Дистанция, мм	Дисперсность, мкм	Адгезия, МПа	Поверхностная пористость, %
1	300	50	30	8,7	30
2	310	60	30	9,0	37
3	320	60	30	9,5	39
4	330	70	40	10,0	43
5	340	70	40	10,3	45
6	350	80	40	10,5	53
7	360	90	50	10,7	55
8	380	100	50	11,1	60
9	400	110	60	11,0	56
10	405	110	60	10,9	55
11	410	120	70	10,3	51
12	420	120	70	10,1	50
13	425	130	80	9,7	45
14	435	130	80	9,6	40
15	440	140	90	9,6	35
16	450	150	90	9,5	32
17	460	150	100	9,4	31
18	500	160	90	9,3	30
19	480	160	110	9,2	30
20	500	170	90	9,0	29
21	525	170	100	8,7	28
22	550	180	100	8,5	27

Корреляционные коэффициенты получены методом $R=\text{corrcoef}(A,B)$, возвращающим матрицу коэффициентов корреляции (табл. 2).

Уравнения регрессии (1-6) получены при помощи программы:

$p=\text{polyfit}(x,y,3)$ – вызов кубического соответствия

$y\text{fit}=\text{polyval}(p,x)$ – предсказание результата по коэффициентам p

$y\text{resid}=y-y\text{fit}$ – вычисление остаточных значений

$S\text{Sresid}=\text{sum}(y\text{resid}.^2)$ – вычисление остаточной суммы квадратов

$S\text{stotal}=(\text{length}(y)-1)*\text{var}(y)$ – вычисление полной суммы квадратов

$\text{rsq}=1-S\text{Sresid}/S\text{stotal}$ – вычисление процента надёжности.

Матрица коэффициентов корреляции

	Дисперсность (D)			
Пористость (S)	1	-0.5184	-0.5184	1
Адгезия (A)	1	-0.3961	-0.3961	1
	Ток дуги (I)			
Пористость (S)	1	-0.4954	-0.4954	1
Адгезия (A)	1	-0.4035	-0.4035	1
	Расстояние (L)			
Пористость (S)	1	-0.4775	-0.4775	1
Адгезия (A)	1	-0.3703	-0.3703	1

По результатам работы программы построены уравнения полученных зависимостей.

Зависимость S от D описывается выражением:

$$S(D) = 33,9708D^8 + 49,9480D^7 + 56,1030D^6 + 54,9730D^5 + 49,0955D^4 + 41,0074D^3 + 33,2462D^2 + 28,3491D + 33,2462; R^2 = 91.24\% \quad (1)$$

Влияние D A описывается уравнением:

$$A(D) = 9,0428D^8 + 10,3402D^7 + 10,8518D^6 + 10,7869D^5 + 10,3553D^4 + 9,7662D^3 + 9,2294D^2 + 9,1502D + 9,2294; R^2 = 88.5\% \quad (2)$$

Влияние I на S описывается выражением:

$$S(I) = 27.2154I^5 + 52,8403I^4 + 54,4753I^3 + 38,0829I^2 + 26,0833I + 29,9248; R^2 = 88,6\% \quad (3)$$

Взаимосвязь I и A:

$$A(I) = 8,5933I^5 + 10,5001I^4 + 10,6999I^3 + 9,8931I^2 + 8,6154I + 8,7771; R^2 = 87,84\% \quad (4)$$

Зависимость S от L:

$$S(L) = 25,1559L^7 + 38,8598L^6 + 53,5614L^5 + 55,7427L^4 + 48,7084L^3 + 38,6209L^2 + 29,7375L + 27,2266; R^2 = 93,77\% \quad (5)$$

Взаимосвязь L и A:

$$A = 8,4718L^7 + 9,4513L^6 + 10,5508L^5 + 10,7566L^4 + 10,3719L^3 + 9,6996L^2 + 9,04L + 8,704; R^2 = 89,93\% \quad (6)$$

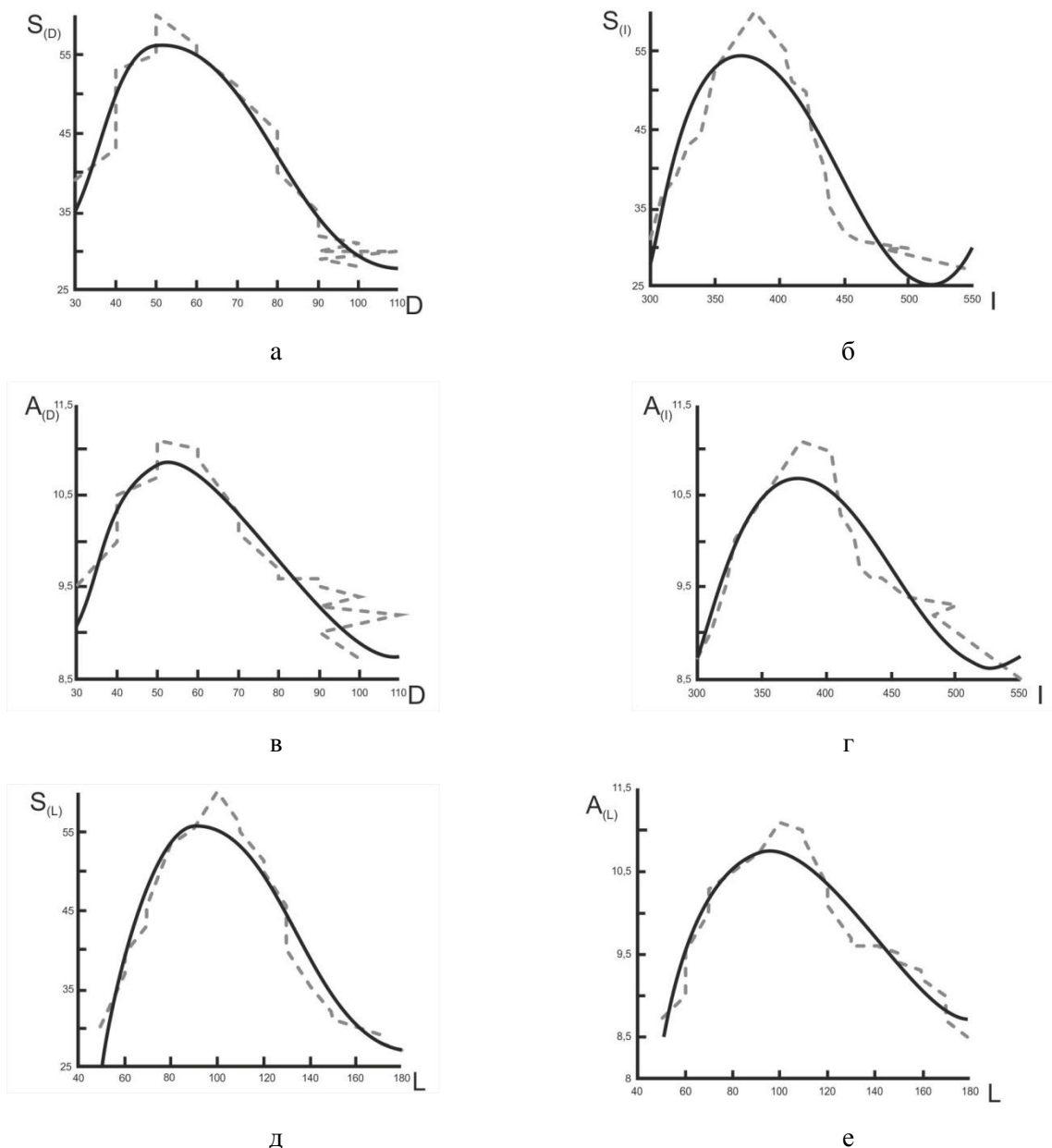


Рис. 1. Графическое представление уравнений регрессии (сплошная линия), наложенные на графики экспериментальных данных (пунктирная линия), где:
 а – зависимость $S(D)$; б – зависимость $S(I)$; в – зависимость $A(D)$;
 г – зависимость $A(I)$; д – зависимость $S(L)$; е – зависимость $A(L)$

Таким образом, видно, что S имеет относительно сильную взаимосвязь с D и меньшую с I и L , A имеет слабую взаимосвязь с D , I , L , следовательно, изменение параметров дисперсности, тока дуги и расстояния напыления влияют в большей степени на пористость, в меньшей степени на адгезию [5]. Согласно рис. 1 зависимость S и A гидроксиапатитных покрытий от D , I , L носит нелинейный характер.

Выводы.

Согласно анализу экспериментальных данных, оптимальным сочетанием пористости и адгезии являются покрытия, нанесённые при токе дуги 390...440 А, дистанции напыления 90...140 мм и дисперсности гидроксиапатита 40...90 мкм.

Построенная матрица корреляционных коэффициентов показала, что пористость и адгезия нанесённых покрытий имеют взаимосвязь с параметрами дисперсности, тока дуги и дистанции напыления.

Литература

1. DATA MINING в научных исследованиях / В.С. Абриков [и др.] // Труды II Всероссийской научной конференции «Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики 3-го поколения». – Чебоксары: типография «Полиграфика», 2014. – С. 15-21.
2. Баринов С.М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С.М. Баринов, В.С. Комлев. – М.: Наука, 2005. – 204 с.
3. МДО-покрытия в электролите-суспензии / А.А. Василенко [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2016. – С. 23-24.
4. Данильченко С.Н. Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения (обзор) / С.Н. Данильченко // Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка. – 2007. – № 2. – С. 33-59.
5. Солиман Мохамед Насеф Биомеханическое моделирование функционирования стремени и имплантат среднего уха человека / Солиман Мохамед Насеф, Н.А. Сидоров, С.Я. Пичхидзе // Сборник научных трудов 10-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные инновации в науке и технике» (15-16 апреля 2020 года) / редкол.: Разумов М.С. (отв. ред.). – Курск: ЮЗГУ, 2020. – С. 355-306.

УДК 621.436.-232.001.5

Преимущество металлообработки деталей на станках с числовым программным управлением

Хайкова Яна Дмитриевна, 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 данной статье рассматривается влияние различных факторов и степени автоматизации на экономическую составляющую процесса механической обработки детали на станках с ЧПУ и выгоды со стороны производства в целом. Описываются

отличительные черты станков данного типа, их преимущество перед другими станками, используемыми для тех же целей.

Современная инженерия развивается крайне стремительно, генерируя спрос на рынке и требуя от производителей постоянного наращивания производственных мощностей. В наше время большинство заводов и предприятий переходят на автоматизированное производство, с целью уменьшения длительности производственного цикла и сокращения издержек производства, а следовательно и увеличения масштабов производства.

Главным и основным направлением автоматизации процесса механической обработки заготовок и деталей, производимых компаниями, является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ – это высокотехнологичное оборудование, в котором приводы (исполнительные устройства) управляются автоматически по определенной заданной заранее программе и приводят в действие рабочий элемент станка (рис. 1). Главным преимуществом станков с числовым программным управлением является то, что они совмещают в себе гибкость и многофункциональность, присущую универсальным станкам, производительность и точность, присущую станкам автоматическим [4].

Обеспечение технологичности обработки детали или заготовки является важнейшим фактором повышения эффективности механической обработки на станках с ЧПУ еще на стадии проектирования. Для этого конструктор предусматривает унификацию элементов (сокращение перечня допустимых элементов детали и приведение их к однотипности) с целью сокращения излишнего многообразия и уменьшения количества необходимого инструмента и трудоемкости программирования управляющей программы (УП). Также усматривается возможность полной обработки деталей, при наименьшем числе переустановок, минимальная деформация при закреплении и процессе обработки. И возможность групповой обработки деталей, что значительно сокращает затраты на инструмент, оснастку и подготовку к обработке деталей, сокращает время на переналадку станка на 50-60 %. Основные затруднения в этой области связаны с отсутствием научной методики проектирования оптимального технологического процесса (ТП) [1].

Задачей проектирования ТП является подробное описание процесса изготовления изделия, используя необходимые технико-экономические расчеты и давая обоснование принятому варианту.

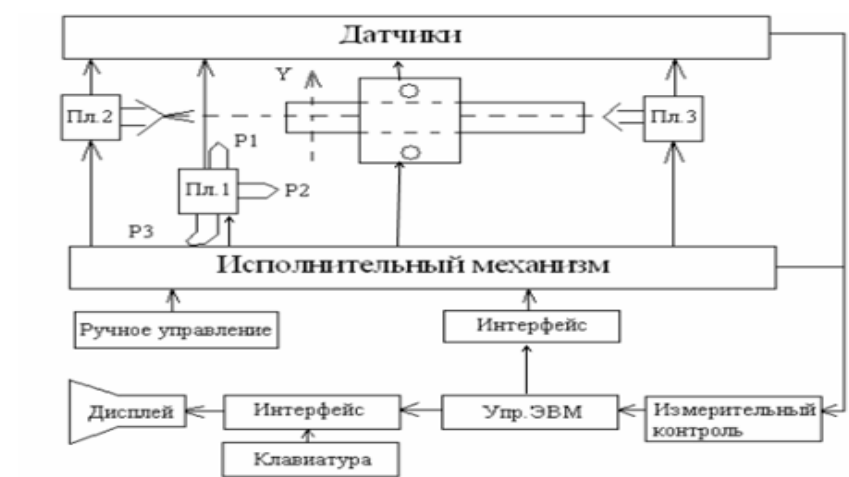


Рис. 1. Структурная схема токарного станка с ЧПУ

Для задачи проектирования технологических процессов характерна разнообразность решений даже в случае сравнительно простых деталей. Более сложную задачу, проблему для автоматизации современных информационных технологий (ИТ), представляет собой проектирование оптимального маршрута геометрической обработки детали полностью.

Алгоритм построения технологического маршрута обработки детали зависит от множества разнообразных факторов: производственных, технологических и конструктивных особенностей детали и предъявляемых технических требований. Для выбора оптимального ТП необходимо сопоставить немалое количество вариантов [2].

Для автоматизации и расширения технологических возможностей обработки деталей на станках с числовым программным управлением необходима обширная база данных, а также информационно-поисковая подсистема, которые должны располагать качественной, классифицированной и отсортированной информацией о типовых и групповых технологических процессах обработки, оснастке, оборудовании, деталях, инструменте и другими сведениями производственно-технологического характера.

Также перспективным направлением является машинное проектирование ТП на основе теории автоматического распознавания чертежей компьютером. Сочетание системы распознавания чертежа по существующим испытанным технологическим процессам обработки на станках с числовым программным обеспечением является прекрасной основой для разработки системы полной автоматизации программирования ТП обработки [3].

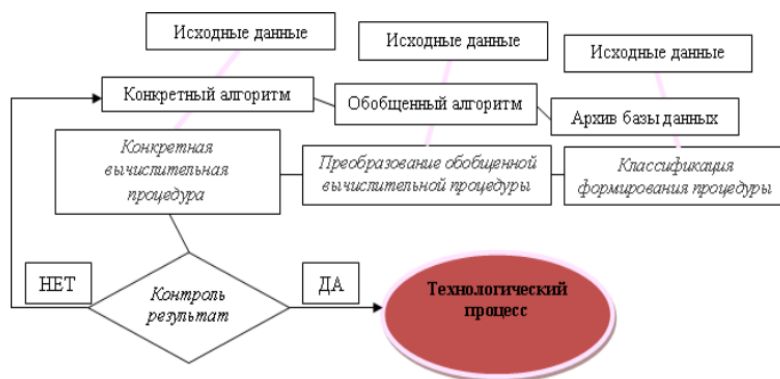


Рис. 2. Схема автоматизированного проектирования ТП при подготовке к обработке детали на станке с числовым программным управлением

Использование баз данных и информационно-поисковых подсистем технологической подготовки производства, располагающих необходимой информацией о групповых и типовых технологических процессах обработки деталей, оборудования, оснастке, инструменте, деталях и другие сведения производственно-технологического характера для автоматизации и расширения технологических возможностей обработки деталей на станках с числовым программным обеспечением, в пять раз повышает эффективность вычислительного процесса [5].



Рис. 3. Преимущества использования станков с ЧПУ

С учетом всего вышеперечисленного, становится ясно, что станки с числовым программным управлением реализуют заложенную в них программу работы, осуществляя переналадку автоматически и совершая требуемые операции. Функции, которые позволяют изменять и вводить необходимые параметры работы станка (размеры, точность) и переключаться на нужные режимы работы – все это открывает невероятные возможности при обработке деталей. Станки с числовым программным управлением сочетают в себе простоту в использовании, скорость работы, высокую точность, надежность и гибкость, что делает их незаменимыми в мелкосерийном и

среднесерийном производстве. Это позволяет компаниям на рынке увеличивать объемы производств, тем самым удовлетворяя рыночный спрос и помогая эффективно развиваться машиностроению в целом, затрачивая при этом меньше ресурсов.

Литература

1. Гжиров Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 592 с.
2. Гузеев В.И. Режимы обработки для токарных и сверлильно-фрезернорасточных станков с числовым программным управлением: справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – СПб.: Машиностроение, 2007. – 368 с.
3. Солнышкин Н.П. Технологические процессы в машиностроении. / Н.П. Солнышкин, А.Б. Чижевский, С.И. Дмитриев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 344 с.
4. Сидорчик Е.В. Расширение технологических возможностей обработки деталей на станках с числовым программным управлением в промышленности / Е.В. Сидорчик. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 4(98). – С. 82-83.
5. Кудашева И.О. Сравнительный анализ норм времени при механической обработке деталей на универсальных станках и станках с ЧПУ / И.О. Кудашева, А.В. Романова / Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИНИЯУ МИФИ, 2020. – С. 129-135.

УДК 621.0

Адронный коллайдер нового поколения: от бозона Хиггса к полю Хиггса

Чернова Наталья Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Киреева Ольга Владимировна, 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 особое внимание уделяется бозону Хиггса. Рассмотрены основные принципы и метод открытия бозона, предположения о его массе, которая определяет

представление человечества об общей картине мира. Уделено внимание проблемам и перспективам развития кольцевых коллайдеров.

Большой адронный коллайдер (БАК) был построен Европейской организацией ядерных исследований (CERN) в 2008 году в сотрудничестве с более чем 10 000 ученых и сотнями университетов и лабораторий из более чем 100 стран мира. Более 20 лет было потрачено на разработку этого уникального аппарата стоимостью 5 млн фунтов. Находится коллайдер на границе Франции и Швейцарии, недалеко от города Женевы. Это гигантский замкнутый туннель, построенный под землей. Он имеет длину 27 километров и уходит на глубину от 50 до 175 метров [1]. Максимальная энергия столкновений была достигнута в 2013 году – 6,5 ТэВ на пучок. В конце 2018 года он вошел в двухлетний период остановки для дальнейших обновлений.

Предполагалось, что БАК откроет тайны бытия и начала вселенной. Главной целью создания БАК являлось получение «частицы Бога» – бозона Хиггса, которому предназначалась миссия стать финальным элементом пазла под названием «Стандартная модель».

Возможно, наше представление об общей картине мира совершенно ошибочно. С одной стороны мы продолжаем выбранное 400 лет назад направление к совершенной красоте, простоте, симметрии, ведь оно не раз дарило понимание того, как работает мир. С другой стороны не исключение, что существует мультивселенная, которая рисует картину далекую от симметрии красоты и порядка – картину фундаментального хаоса в необразимо огромных масштабах. Эксперименты на коллайдере должны были подтолкнуть ученых к решению данного глобального вопроса [3].

Протоны в БАК запускают пучками по 30 см – банчами в бустер, который разгоняет их до 91 % от скорости света, потом в синхротрон, где они разгоняются до 99.9 % от скорости света. Затем суперсинхротрон разгоняет их еще сильнее и, наконец, банчи выпускают в большое кольцо длиной 27 км. Пучки в трубе летят в противоположные стороны, некоторое время циркулируя параллельно, после этого преграда убирается и пучки сталкиваются в 4 точках БАК.

7 августа 2011 года является знаменательным днем для коллайдера. В конце июля впервые было опубликовано довольно много данных. Некоторые данные указывали на то, что, возможно, зафиксирован бозон Хиггса, но не было точных данных о его массе.

Согласно теории суперсимметрии ученые выдвигали следующие предположения: «Чем легче бозон Хиггса, тем лучше, но все же он должен быть в 115 раз тяжелее протона, т. е. 115 ГэВ. Если масса окажется равна 140 ГэВ, что составляет

140 масс протона, то это будет подтверждать теорию, которая опирается на идею «мультивселенной» [4].

Если бозон Хиггса окажется легким, равным 115 ГэВ, то значит, что верна теория суперсимметрии. Суперсимметрия – это не обычная симметрия правого и левого, это симметрия материи и взаимодействия. В суперсимметричном мире все еще раз переворачивается. У каждой частицы Стандартной модели появляется суперсимметричная частица: у фотона – фотино; кварка – скварк; у бозона Хиггса – хиггсино и т. д. [6].

Но если бозон Хиггса окажется тяжелым, равным 140 ГэВ, значит, верна другая теория – теория мультивселенной. Мультивселенных много и на них может происходить все что угодно. По этому поводу знаменитый Стивен Хоккинг сказал следующие слова: «Где-то там Хиллари Клинтон – президент, и я – мировой рекордсмен в марафоне» [3]. Трудности теории с мультивселенной в том что, бозон может оказаться последней открытой частицей. Если не будет последующих открытий новых частиц, то не будет объяснений темной материи, и тому, как сам бозон Хиггса обрел массу.

Со временем информация о том, что масса бозона 140 ГэВ исчезла. Новые полученные данные не увеличили пик энергии, значит, масса бозона не может быть 140 ГэВ. Тогда наиболее вероятная масса бозона Хиггса равняется 115 ГэВ, следовательно, можно обнаружить новые частицы, к примеру, суперсимметричные. В противном случае вселенная не стабильна и она не могла бы просуществовать так долго [7].

4 июля 2012 года произошло самое главное событие физики элементарных частиц – объявление его массы. Теория, которую 50 лет назад создал Питтер Хиггс, оказалась верна. Масса бозона Хиггса $125,09 \pm 0,21$ ГэВ [12]. Бозон Хиггса является центральным звеном базовой модели (рис. 1), поэтому он является «создателем» и «разрушителем» [5].

Открытие бозона Хиггса не дало ожидаемого представления об общей картине мира. На данный момент ученые не могут дать ответа на вопрос «Как бозон Хиггса может быть полезен человечеству?». По этому поводу один ученый высказал следующее мнение: «Есть электрон, а есть электроника. Люди знали, что такое электроника, но не знали об электроне. Сейчас у нас есть бозон, а скоро может быть бозоника» [9].

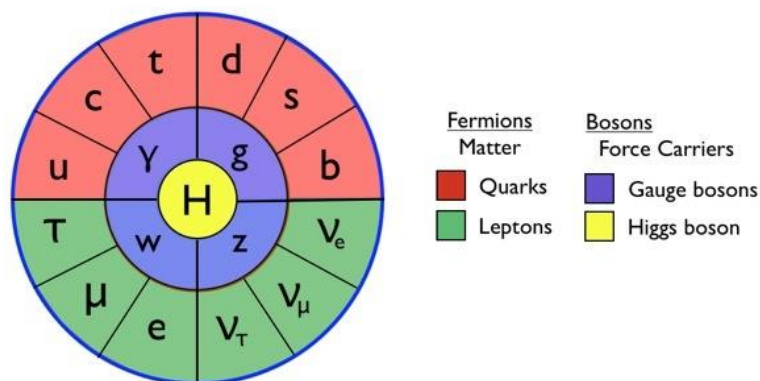


Рис. 1. Стандартная модель частиц

Пока разум человека не смог понять, как использовать поле Хиггса в своих целях, но рано или поздно мы это поймем. Возможно, мы сможем научиться отключать массу. Это можно использовать как оружие, например, остановить комету, летящую на планету, отключив для нее поле Хиггса [7].

С декабря 2018 года БАК и весь ускорительный комплекс ЦЕРН остановлены на обслуживание и модернизацию. В 2021 году БАК готовят снова для запуска частиц, только на более высоких энергиях и с более точными детекторами, данные из которых будет обрабатывать искусственный интеллект.

Однако все чаще раздаются мнения об опасности, которые несет в себе коллайдер. Например, Мартин Рис, британский космолог заявил о том, что вероятность уничтожения Земли все же есть и на то есть несколько причин [10].

Первая причина заключается в ускорителях. Еще в 2001 г. появились расчеты, которые показали, что столкновения частиц высоких энергий способны производить черные дыры, такой же точки зрения придерживался и Стивен Хокинг, утверждая при этом, что дыра должна немедленно рассеяться, выпустив множество элементарных частиц [2].

Вторая возможная причина кроется в странной материи. Эксперименты с высокими энергиями могут спровоцировать цепную реакцию, в результате которой наша обычная материя превратится в так называемую «странную»: плотную и сотканную из стрепелек. Реакция, начавшаяся в БАК, может привести к тому, что все вещество Земли станет странным, и наша планета превратится в плотный шар диаметром в 100 м.

Еще одна из угроз – антиматерия. Частицы антиматерии являются двойниками нормальных частиц, но с противоположным зарядом. А если частицы вещества и антивещества вступят в контакт друг с другом, то произойдет взаимное уничтожение.

Поэтому есть опасение, что если антивещество появится в коллайдере, то оно начнет постепенно уничтожать все вокруг.

Подобных сценариев уничтожения Земли из-за экспериментов, производимых в БАК, существует достаточно много. Несмотря на все эти страшные сценарии, уже сейчас разрабатывается новый проект будущего кольцевого коллайдера, который должен быть почти в 10 раз мощнее БАК, а значит и опасений становится больше.

Европейский совет ядерных исследований (CERN) представил предварительный концепт проекта адронного коллайдера нового поколения – Future Circular Collider (FCC, Будущий кольцевой коллайдер), общий вид которого и предполагаемое место размещения представлены на рис. 2 [12].

Новая версия ускорителя частиц будет почти в 4 раза крупнее нынешнего Большого адронного коллайдера. Если нынешний БАК имеет длину «всего» 27 км, то длина кольца FCC составит уже 100 км. При этом мощность нового ускорителя частиц окажется в 6 раз больше, чем у сегодняшнего БАК, планируется достижение энергии до 100 ТэВ для столкновения протонов и тяжелых ионов.

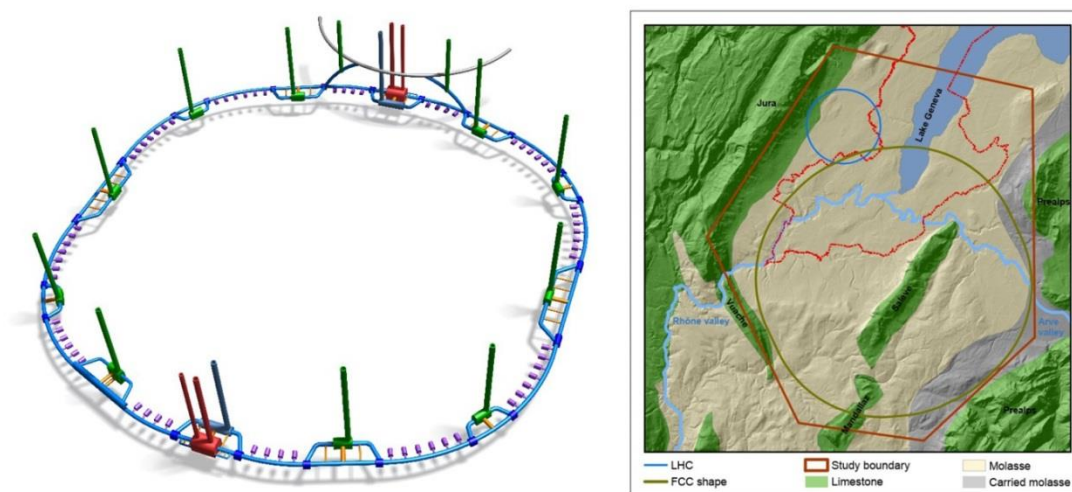


Рис. 2. Схематичный общий вид 98-километрового туннеля FCC

Глава теоретического отдела CERN Джан Франческо Джудис пояснил, что новый проект – это огромный прорыв по сравнению с БАК, это «как планирование путешествия не на Марс, а на Уран». БАК не обнаружил никаких новых частиц со времен бозона Хиггса. Приверженцы идеи создания FCC надеются, что более мощные столкновения в новом ускорителе помогут преодолеть образовавшийся застой. По мнению Джудиса, новый мощный коллайдер позволит «раскрыть некоторые тайны природы на самом фундаментальном уровне».

Создание этого коллайдера обойдется, по прогнозам ученых, в 15 миллиардов евро.

Литература

1. Anton Radevsky. The Large Hadron Collider Pop-Up Book / Anton Radevsky – Emma Sanders, 2013. – Pp. 34-50.
2. Hawking S.-W. Scientific American. January / Hawking S. – W 1977. – Pp. 34–40.
3. Хокинг С. Мир в ореховой скорлупке / С. Хокинг. – М.: URSS, 2008. – С. 123-125.
4. Kemmer N. The charge-dependence of nuclear forces / N Kemmer. – Proc. Camb. Phil. Soc. 1988. – Pp. 354-364.
5. Salam A. Weak and Elementary particle theory / A. Salam. – Theory of weak and elementary particles Proceedings of the Nobel Symposium held in 1968 at Lerum, Sweden ed N Svartholm (Stockholm: Almqvist & Wiksell). – Pp. 367-377.
6. Gell-Mann M. The Eightfold Way: A theory of strong interaction symmetry / Gell-Mann M. California Institute of Technology Synchrotron Laboratory Report, CTSL-20, 1961. – 3 p.
7. Азимов А. Загадки микрокосмоса. От атома до галактики / А. Азимов. – М.: Центрполиграф, 2004. – С. 175-230.
8. Спонтанное нарушение симметрии / Л.М. Браун [и др.] // Рождение Стандартной модели: Физика элементарных частиц в 60-е и 70-е годы; под ред. Л. Ходдисон. – Кембридж: Кембридж Юниверсити Пресс, 1997. – С. 508. (L.M. Brown et al.) Spontaneous Breaking of Symmetry // Lillian Hoddeson et al., eds. The Rise of the Standard Model: Particle Physics in the 1960s and 1970s. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. – 508 p.).
9. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. – М.: URSS, 2008. – С. 158-162.
10. Мартин Рис Всего шесть чисел: Главные силы, формирующие Вселенную (Martin Rees. Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape The Universe); Перевод с английского В. Краснянской, научный редактор д-р физ.-мат. наук С. Попов. – Изд-во: «Альпина нон-фикшн», 2018. – 220 с.
11. Новиков И.Д. Черные дыры и Вселенная / И.Д. Новиков. – М.: Молодая гвардия, 1985. – С. 59-52.
12. Элементы большой науки. Раздел: Большой адронный коллайдер. [Электронный ресурс] URL: <https://elementy.ru/LHC> (дата обращения: 17.12.2020).

Исследование надежности общестанционного резервирования собственных нужд АЭС на основе системы теплового аккумулирования, включающей маломощную паровую турбину

Юрин Валерий Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
отдела энергетических проблем

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Саратовский научный
центр Российской академии наук, г. Саратов

Комбинирование атомных станций с системой теплового аккумулирования позволит обеспечить эффективное участие АЭС в регулировании неравномерностей графика электрических нагрузок. Использование маломощной ПТУ позволит избежать дорогостоящей модернизации основной турбины и обеспечит возможность расхолаживания реакторов АЭС с использованием только энергии остаточного тепловыделения реакторов, избыток которой может быть запасен в аккумуляторе и также использован при необходимости. В работе исследуется надежность общестанционного резервирования собственных нужд АЭС на основе разработанной системы.

Растущие требования к безопасности атомных электростанций приводят к их значительному удорожанию за счет установки систем пассивного теплоотвода активной зоны реактора. При этом, в Единой энергосистеме России прослеживается дефицит маневренных мощностей. Использование маневренных установок, работающих на органическом топливе, приводит к загрязнению окружающей среды. Одним из путей решения этих на первый взгляд несвязанных между собой проблем может стать комбинирование АЭС с многофункциональными установками, позволяющими аккумулировать энергию. Ранее была показана возможность расхолаживания реакторов ВВЭР-1000 при использовании дополнительной маломощной ПТУ и только энергии остаточного тепловыделения одного из реакторов [1]. В штатном режиме маломощные ПТУ могут работать в составе систем аккумулирования, например, в комплексе с аккумулятором фазового перехода (АФП) [1].

Отличительной особенностью предлагаемого способа является использование системы теплового аккумулирования, включающей дополнительную ПТУ, в качестве активного резерва собственных нужд АЭС. При этом, как показали исследования, такие системы полностью окупаются за счет штатной выработки электроэнергии в энергосистему в штатном режиме [1]. Структурная схема типового энергокомплекса, разработанная автором, приведена на рис. 1.

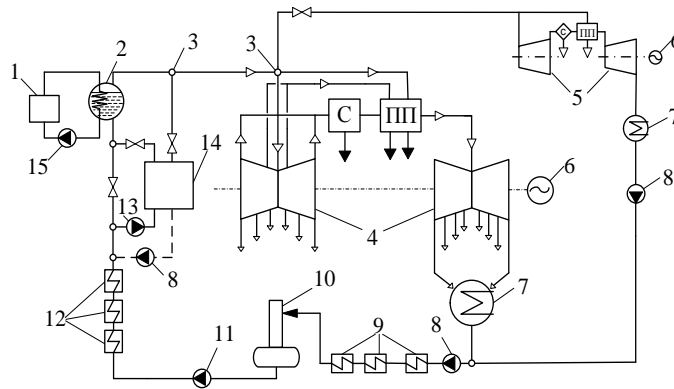


Рис. 1. Система повышения маневренности двухконтурной АЭС:

1 – реактор; 2 – парогенераторы; 3 – устройство парораспределения; 4 – основная ПТУ; 5 – дополнительная ПТУ; 6 – электрический генератор; 7 – конденсатор; 8 – конденсатный насос; 9 – подогреватели низкого давления; 10 – деаэрактор; 11 – питательный насос; 12 – подогреватели высокого давления; 13 – дожимной насос питательной воды; 14 – АФП; 15 – главные циркуляционные насосы; С – сепаратор; ПП – промежуточный перегреватель

Принцип работы предлагаемой системы заключается в следующем: в эксплуатационном режиме зарядка аккумулятора 14 осуществляется свежим паром из парогенераторов 2. Дополнительная ПТУ 5 в это время работает в режиме холостого хода посредством отбора малой части свежего пара. В режиме пиковых нагрузок часть питательной воды после подогревателей высокого давления 12 поступает в АФП 14 и, после подогрева, вновь соединяется с основным трактом питательной воды. За счет повышения температуры питательной воды при той же мощности реактора генерируется избыток свежего пара, направляемый на дополнительную ПТУ 5. Для заданных условий работы оптимальным является использование гигроскопичной соли LiNO_3 в качестве теплоаккумулирующего материала. Выбранный материал обладает значительным запасом скрытой теплоты фазового перехода и подходящей для поставленных условий эксплуатации температурой плавления [2-4].

Система может быть использована для резервирования собственных нужд АЭС на случай полного обесточивания станции. Ранее было проведено исследование, показывающее, что при использовании энергии остаточного тепловыделения одного реактора ВВЭР-1000 для генерации пара, направляемого при обесточивании на дополнительную маломощную ПТУ, при поддержании температуры теплоносителя первого контура на уровне $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ остаточного тепловыделения хватит для расхолаживания двух реакторов ВВЭР-1000 в течение 72 ч и более. Для расхолаживания четырёх реакторов это время сократится приблизительно до 10 ч [1].

В работе [5] проведено исследование расхолаживания четырех реакторов ВВЭР-1000 за счет энергии остаточного тепловыделения одного из них при использовании дополнительной ПТУ и АФП. При нехватке энергии остаточного тепловыделения остаточную запасенную энергию АФП можно использовать для подогрева питательной воды, что позволит при той же мощности остаточного тепловыделения генерировать больше пара и увеличить таким образом время, которое дополнительная турбина сможет обеспечить необходимой энергией собственные нужды четырёх энергоблоков с ВВЭР-1000. Избыток энергии остаточного тепловыделения в первые часы после аварии может быть дополнительно саккумулирован в АФП и после полезно использован. На основе результатов, проведенных в работе [5] расчетов, можно сделать вывод, что при использовании энергии разряженного АФП и аккумуляции в первые часы расхолаживания избытка энергии остаточного тепловыделения время расхолаживания четырех энергоблоков на основе энергии остаточного тепловыделения одного из них посредством дополнительной маломощной ПТУ может быть увеличено с 10 ч до: 72 ч без разгерметизации; 41 ч при разгерметизации первого контура на одном из энергоблоков.

Ранее автором было проведено укрупненное исследование надежности систем аварийного электроснабжения (САЭ) энергоблоков АЭС, в том числе с использованием дополнительной паровой турбины и энергии остаточного тепловыделения реактора [6]. Для этого была разработана методика предварительного анализа надежности систем резервирования собственных нужд АЭС [6]. Как показали расчеты на примере 3-х канальной САЭ с дизель-генераторами (ДГ) при принятии одного процента незапуска ДГ согласно требованиям, предъявляемым к ним [7], интенсивность отказа составила $7,37 \cdot 10^{-5}$ 1/реакт.·год, что соответствует с погрешностью 11 % заявленному риску повреждения активной зоны (ПАЗ) согласно ВАБ $8,29 \cdot 10^{-5}$ 1/реакт.·год [8].

В настоящей работе приведен граф состояний для трехканальной САЭ АЭС, при совместном функционировании с дополнительной многофункциональной паровой турбиной (рис. 2). Интенсивность отказа системы отвода тепла с последующим ПАЗ, согласно расчету, составила $7,1 \cdot 10^{-7}$ 1/реакт.·год [6].

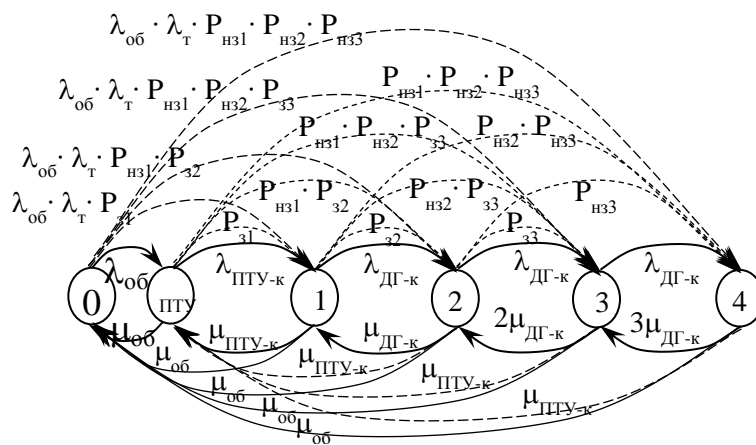


Рис. 2. Граф состояний трехканальной САЭ АЭС, включающей дополнительную ПТУ.
 Состояния: 0 – отсутствие нарушения электроснабжения СН АЭС; 1 – выполнение функций одним из трех каналов САЭ с ДГ; 2 – выполнение функций 2-м каналом САЭ с ДГ; 3 – выполнение функций 3-м каналом САЭ с ДГ; 4 – отказ всех резервных каналов с потерей электроснабжения и последующим ПАЗ; $P_{з1..3}$, $P_{нз1..3}$ – вероятности запуска (99 % - паспортные данные) и незапуска (1 %) 1-го, 2-го, 3-го ДГ соответственно; ПТУ – выполнение функций ПТУ; λ_m – интенсивность потери теплоносителя 1-го контура;
 $\lambda_{ПТУ-к}$ – общая интенсивность отказов дополнительной ПТУ и канала; $\mu_{ПТУ-к}$ – интенсивность восстановления электроснабжения посредством дополнительной ПТУ

Для многофункциональной системы резервирования собственных нужд АЭС на базе дополнительной турбоустановки и аккумулятора фазового перехода необходимо также учесть надежность основного оборудования системы теплового аккумулирования. Ресурс АФП принят равным нормативному ресурсу теплообменных аппаратов, который составляет порядка 30 лет [9]. Таким образом, интенсивность отказа АФП составит $4,8 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Нарботка на отказ теплообменных трубок не учитывалась, т. к. при расхолаживании используются лишь отдельные секции с трубками из-за низкого расхода рабочего тела. Соответственно при отказе находящейся в работе теплообменной трубки, можно перекрыть действующую секцию и пустить рабочее тепло через другую [9].

С соответствующими изменениями посчитана система уравнений, описывающая граф состояний системы многофункционального резервирования на базе дополнительной турбоустановки (рис. 2), и на основе результатов ее решения получена средняя итоговая интенсивность отказа системы многофункционального резервирования на базе дополнительной ПТУ и трехканальной САЭ с ДГ с последующим ПАЗ при комбинировании с АФП – $8,8 \cdot 10^{-7}$ 1/реакт.год [6].

Таким образом, предлагаемая система многофункционального общестанционного резервирования собственных нужд АЭС позволяет на несколько порядков повысить надежность аварийного электроснабжения по сравнению с базовой

системой с дизель-генераторами и удовлетворяет целевому показателю, установленному для АЭС с ВВЭР нового поколения, т. е. не превышает $1,0 \cdot 10^{-6}$ 1/ректор-год [10]. При этом обеспечивается эффективная работа системы аккумулирования в штатном режиме эксплуатации. Полученные результаты могут быть использованы для научного обоснования и дальнейшего развития технологий экологически чистого производства электроэнергии на базе комбинирования систем теплового аккумулирования и АЭС.

Литература

1. Аминов Р.З. Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками / Р.З. Аминов, В.Е. Юрин, А.Н. Егоров – М.: Наука, 2018. – 240 с.

2. Phase Change Materials, by Raoux, Simone, Wuttig, Matthias (Eds.), Springer Science and Business Media, LLC 2009.

3. Phase Transitions in Materials, by Brent Fultz, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014.

4. Бабаев Б.Д. Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулированием тепла: автореф. дисс. ... докт. техн. наук (05.14.01 – Энергетические системы и комплексы) / Б.Д. Бабаев. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединённый институт высоких температур Российской академии наук. – Москва, 2016. – 213 с.

5. Юрин В.Е. Общестанционное резервирование собственных нужд АЭС на основе системы теплового аккумулирования, включающей маломощную паровую турбину / В.Е. Юрин, М.А. Муртазов // Труды Академэнерго. – 2020. – № 1. – С. 73-83.

6. Юрин В.Е. Разработка научных основ обеспечения безопасности атомных электрических станций на основе комбинирования с многофункциональными энергогенерирующими установками: автореф. дис. ... докт. техн. наук (05.14.01 – Энергетические системы и комплексы) / В.Е. Юрин. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». – Саратов, 2020. – 328 с.

7. Токмачев Г.В. Требования к системам аварийного электроснабжения АЭС на базе дизель-генераторов / Г.В. Токмачев // Энергетическое строительство. – 1990. – № 3. – С. 67-69.

8. Беркович В.М. Создание энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР нового поколения / В.М. Беркович, А.Б. Малышев, Ю.В. Швыряев // Теплоэнергетика. – 2003. – № 11. – С. 2-9.

9. Yurin V.E. Structural and operational optimization of the phase transition accumulator during operation as part of a nuclear power plant based on long-term durability / V.E. Yurin, A.B. Moskalenko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020 Vol. 791. № 012020. – Pp. 1-9. Doi:10.1088/1757-899X/791/1/012020.

10. Токмачев Г.В. Подход к применению ВАБ при проектировании АЭС с реакторами ВВЭР нового поколения / Г.В. Токмачев // Известия ВУЗов. Ядерная энергетика. – 2007. – Т. 3. – № 4. – С. 44-53.

СЕКЦИЯ 2
«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

УДК 004.9

**Реализация метода обработки экспертных оценок
на основе информационных технологий**

¹Бузык Татьяна Федоровна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационные технологии»;

²Искандарова Севиль Шахиновна, специалист

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

²Обособленное подразделение акционерного общества «Гринатом» Сервисный центр,
г. Дмитровград

Раскрываются теоретические и прикладные аспекты реализации метода обработки экспертных оценок на основе информационных технологий. Использование информационных технологий для автоматизации метода обработки экспертных оценок актуально, т. к. это обеспечивает качественный подход к организации процесса обработки не поддающихся количественному анализу данных и выбору варианта решения по критериям с оценкой их предпочтительности или степени значимости. Рассматривается алгоритм реализации автоматизированного метода обработки экспертных оценок в виде программы.

На современном этапе актуально применение исследователями и специалистами методов экспертной оценки в качестве научного инструмента при выборе наилучших вариантов решения сложных научных, технических и социально-экономических задач, которые не поддаются количественному анализу [1]. С позиции повышения качества и эффективности принимаемых управленческих решений метод экспертной оценки может быть использован не только при формировании стратегических направлений развития технологий предприятия или подразделений, но и при решении многих частных задач, связанных с определением показателей эффективности, рациональности и коммерческой привлекательности технологических продуктов интеллектуальной собственности [2].

Практика показывает, что в процессе использования технологии экспертной оценки специалисты при поиске наилучшего варианта решения в процессе обработки экспертной информации в виде экспертных суждений сталкиваются с трудоемкостью её обработки. Применение информационных технологий при реализации метода обработки экспертных оценок представляет качественно новый способ организации процессов разработки и принятия решений и является одной из научных областей, связанной с расширением интеллектуальных возможностей человека в области управления [1-3]. В связи с этим предметом данного исследования обозначена программная реализация метода обработки экспертных оценок при принятии решений на основе метода ранжирования.

На рис. 1 приведен алгоритм реализации автоматизированного метода обработки экспертных оценок, который включает: ввод информации об экспертизе, экспертах, экспертных оценках; обработку экспертной информации; вывод результирующих значений; представление результата расчета в графической форме; хранение информации об экспертизе.

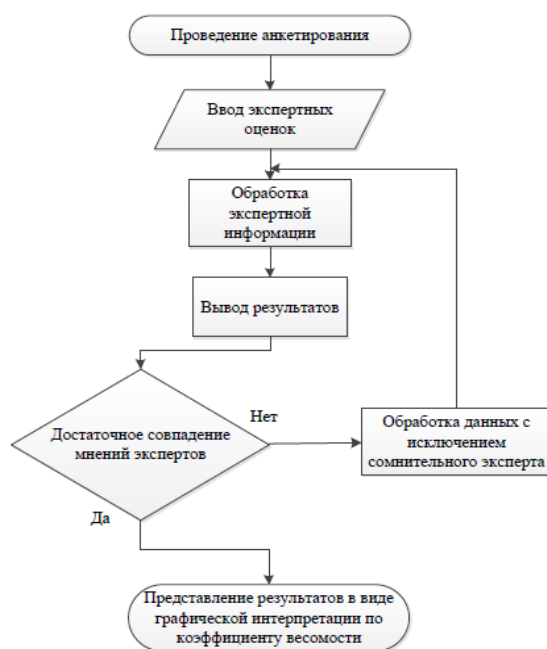


Рис. 1. Алгоритм реализации автоматизированного метода обработки экспертных оценок

Результатом проведения экспертного оценивания является разработка анкеты и ранжирование группой экспертов критериев оценки по значимости. После проведения опроса экспертов осуществляется обработка результатов с применением компьютерной программы. Общий принцип работы программы заключается в следующем: ввести все входные данные, необходимые для выполнения расчетов при обработке экспертных оценок; выполнить расчеты, результат которых в виде коэффициентов весомости будет

использован для выбора варианта принимаемого решения по предпочтительности или по степени значимости; вывести полученные результаты на экран; сохранить информацию в базе данных. В связи с этим экспертные оценки сводятся в форму в виде матрицы, удобной для дальнейшей автоматизированной обработки данных с помощью программы. Автоматизируются трудоемкие операции вычисления: расчёт сумм оценок для каждого показателя, вычисление средней суммы, определение отклонения и квадрата отклонения суммы оценок каждого показателя от средней суммы, расчёт коэффициентов конкордации и Пирсона. Мерой согласованности мнений группы экспертов является коэффициент конкордации, который рассчитывается для заданного числа экспертов и количества показателей. Если полученное значение коэффициента конкордации считается величиной случайной (расчетное значение критерия Пирсона меньше табличного значения), то необходимо провести опрос экспертов повторно, о чем предупреждает программа. Предполагается два варианта достижения согласованности мнения экспертов, если коэффициент конкордации меньше 0,6 (при условии, что считается величиной не случайной): проведение экспертизы повторно (изменение анкеты, увеличение количества экспертов) или исключение сомнительного эксперта в проводимой экспертизе. Программа предусматривает выполнение функции исключения сомнительного эксперта.

Результат обработки данных представляется в виде коэффициентов весомости для оцениваемых критериев объекта при наличии согласованности мнений экспертов, что позволит осуществить выбор варианта принимаемого решения по критериям с оценкой их предпочтительности или степени значимости. Программа выполняет вывод результатов расчета в виде графической интерпретации степени значимости (весомости) рассматриваемых экспертами критериев объекта.

Выбор средств и методов разработки является важным этапом проектирования программного продукта. Разработанное приложение содержит базу данных и клиентскую часть. База данных реализована с помощью СУБД Microsoft SQL Server 2012. Написана программа в среде разработки Visual Studio 2017 на языке C# под платформу Microsoft Windows [5], что позволило реализовать следующие принципы работы программы: имеет удобный графический интерфейс; все действия пользователя автоматически отражаются на ее работе; сообщения, получаемые от пользователя, сразу же обрабатываются и преобразуются в данные, которыми оперирует программа. В качестве языка программирования использован язык C#, т. к. в результате сопоставительного анализа установлено, что он широко применяется в коммерческой разработке и регулярно обновляется корпорацией Microsoft [4]. Кроме того, данный

выбор обусловлен возможностью использования интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio, позволяющей без применения дополнительного программного обеспечения проектировать графический интерфейс, отлаживать программу и производить компиляцию и сборку проекта в различных конфигурациях. Необходимо отметить, что связка C# и Visual Studio упрощает работу со сторонними библиотеками посредством использования пакетного менеджера NuGet [4].

На основе анализа предметной области были определены сущности БД: экспертиза, эксперты, показатели, оценки экспертов. Таблица «экспертиза» содержит информацию о названии экспертизы и количестве показателей (критериев), таблица «показатели» имеет информацию о названии показателей (критериев), таблица «эксперты» хранит информацию о личных данных эксперта, а таблица «оценки экспертов» содержит информацию об оценках экспертов по каждому критерию.

Практическая значимость работы заключается в том, что программная реализация метода обработки экспертных оценок при принятии решений позволяет достигнуть: повышения оперативности процесса подготовки и принятия рационального решения при экспертной оценке; снижения трудоемкости обработки данных при участии большого количества специалистов; повышения точности и надежности получаемых результатов; предоставления результатов обработки экспертных оценок в удобной и наглядной для анализа форме. Разработанный программный продукт может использоваться в различных сферах деятельности, где применяются экспертные оценки при формировании решений по различным не формализуемым задачам.

Литература

1. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок. / Т.Я. Данелян // Статистика и экономика. – 2015. – № 1. – С.183-187. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formalnye-metody-ekspertnyh-otsenok> (дата обращения: 18.12.2020).

2. Курицына В.В. Автоматизированная система обработки экспертных оценок при принятии технологических решений. / В.В. Курицына, Д.Е. Косов, Д.Н. Курицын // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – № 4. – Т. 8. – С. 44-55. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-obrabotki-ekspertnyh-otsenok-tehnologicheskikh-resheniy> (дата обращения: 18.12.2020).

3. Нигматуллин Р.А. Автоматизация принятия управленческих решений на основе экспертных оценок / Р.А. Нигматуллин // Российское предпринимательство. – 2011. – № 7-1. – С. 34-39. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-prinyatiya-upravlh-na-osnove-ekspertnyh-otsenok> (дата обращения: 15.12.2020).

4. Рихтер Джеффри. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.0 на языке C# / Джеффри Рихтер. – М.: Питер, 2013. – 928 с.

5. SQL Server. [Электронный ресурс] URL: <https://www.lankey.ru/kis/sql-server/> (дата обращения: 18.12.2020).

УДК 004.4

Приложение для самопланирования учебной деятельностью студента

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Бобров Вадим Антонович, 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

Для самопланирования своей учебной деятельности студенту необходимо приложение, позволяющее хранить информацию и планировать свое рабочее время и время для отдыха. Для этого разработано приложение для планирования учебной деятельности студента, включая время для отдыха, описание предстоящих видов работы, что значительно повысит эффективность самостоятельной работы студентов.

Цифровые технологии получают приоритетное развитие во всех сферах общества, что указано в документе «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1]. Цифровизация образования – базовое направление с точки зрения модернизации образовательной среды. Цифровое образование открывает новые возможности для обучения, поскольку студенты участвуют в обучении, используя современные цифровые технологии: онлайн-занятия, загрузки заданий самостоятельной работы, студенческие чаты, форумы. В электронном виде хранятся файлы обучающихся и преподавателей, а также

их профили, рейтинги и оценки [2].

Учебные занятия и занятия по самообразованию являются неотъемлемой частью каждого человека. При этом информации и запланированных дел бывает достаточно много, поэтому возникает насущная потребность планирования своей деятельности, то есть требуется самопланирование своей учебной деятельностью, что включает умение грамотно управлять своим рабочим временем [3-5].

Время – это ресурс, который следует правильно распределять, поэтому очень важно иметь средство для его оперативного управления. С этим поможет созданное приложение, имеющее ряд операций для работы с информацией.

Для чего следует составлять список дел на день, вести разного вида деловые записи, своевременно корректируя их? Для решения этой задачи по самопланированию учебной деятельностью разработано приложение, которое учитывает такие параметры, как режим рабочего дня, так и время для отдыха, который плодотворно влияет на повышение эффективности деятельности.

При запуске программы пользователя встречает главная страница, которая является приветствующей и информационной. На странице представлена кнопка, при нажатии на которую происходит открытие вкладки для создания режима дня. На рис. 1 представлена данная страница.

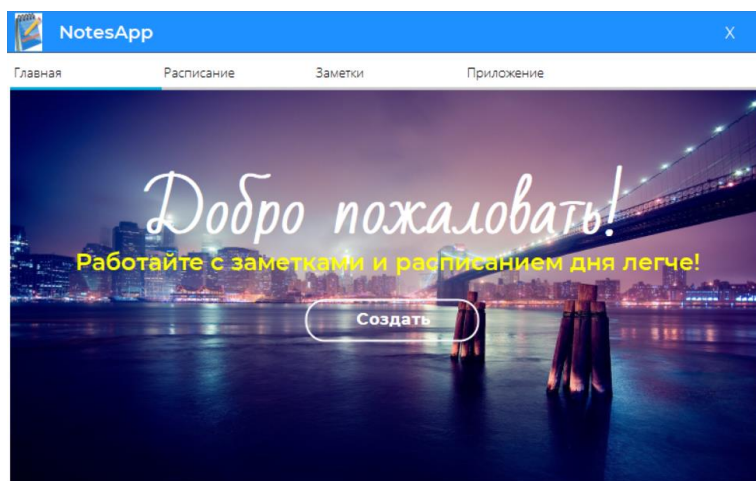


Рис. 1. Главная страница приложения

Следующая вкладка, которая является главной частью приложения – это расписание, представленная на рис. 2. Данное окно предоставляет пользователю возможность выбора даты для записи определенного задания на выбранный день. Для заполнения списка дел имеется отдельное поле для ввода с подсказкой. Если требуется сохранить введенный пункт, то следует нажать на кнопку «Принять», в случае если хочется стереть написанный пункт, то требуется нажать на кнопку «Очистить». Для более удобного восприятия информации и работы с ней, можно выбрать файл с датой,

нажав на кнопку «Открыть» и в отдельной области отобразится список всех введенных дел на данный день. При выполнении какого-либо пункта возможно удалить его, пометив галочкой и нажав на кнопку «Обновить».

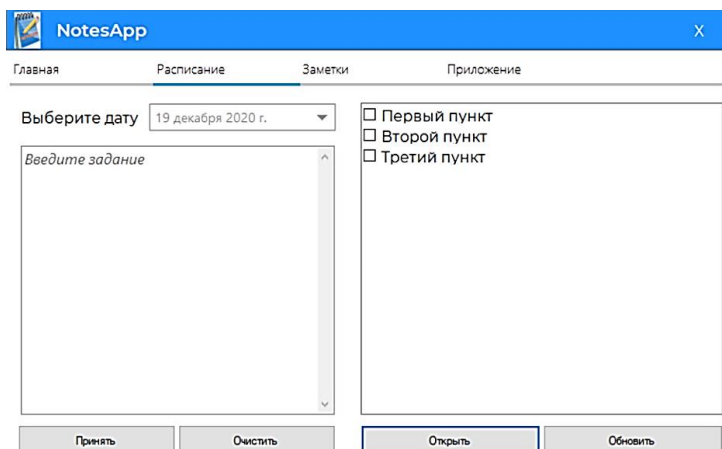


Рис. 2. Вкладка «Расписание»

В приложении также реализована не менее важная функция – это ведение заметок, которые являются важным компонентом управления делами. Если требуется запомнить и использовать описание для какого-либо дела, а оно является достаточно большим, которое сложно запомнить и воспроизвести его в точности, то для этого создана вкладка «Заметки». В этой вкладке имеется поле ввода текста для заметки, кнопка «Создать новый файл», что обеспечивает создание нового файла, а также предусмотрено сохранение последней введенной заметки. Для получения файла с заметками предусмотрена кнопка «Открыть файл». На рис. 3 изображена вкладка «Заметки».

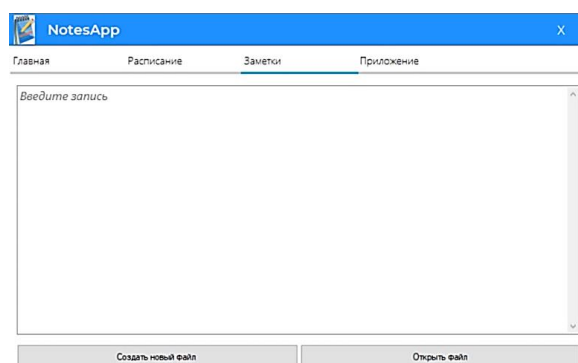


Рис. 3. Вкладка «Заметки»

Последняя вкладка предоставляет пользователю информацию о приложении. На рис. 4 приведена данная вкладка.

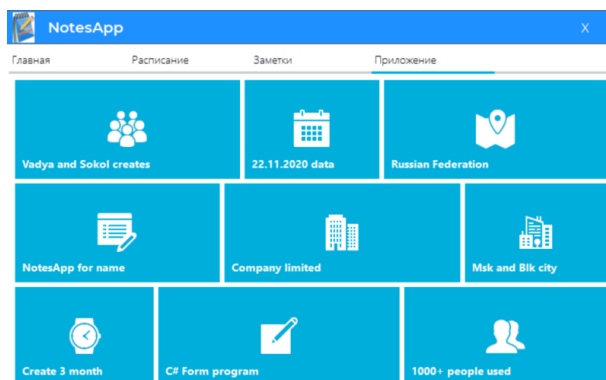


Рис. 4. Вкладка «Приложение»

При реализации программы был выполнен анализ языков программирования. C# – это простой, современный, объектно-ориентированный язык программирования общего назначения, разработанный Microsoft в рамках инициативы NET под руководством Андерса Хейлсберга.

C # разработан для Common Language Infrastructure (CLI). Состоит из исполняемого кода и среды выполнения, позволяющих использовать различные языки высокого уровня на разных компьютерных платформах и архитектурах [6].

Следующие причины делают C # широко используемым профессиональным языком:

- это современный язык программирования общего назначения;
- он объектно-ориентированный;
- он компонентно-ориентированный;
- простой для восприятия;
- это структурированный язык;
- он производит эффективные программы;
- его можно скомпилировать на различных компьютерных платформах;
- это часть .net framework.

Хотя конструкции C # тесно связаны с традиционными языками высокого уровня, C и C ++ и являются объектно-ориентированным языком программирования. Он очень похож на Java, в нем есть множество сильных программных функций, которые делают его привлекательным для ряда программистов по всему миру [6]:

- логические условия;
- автоматический сбор мусора;
- стандартная библиотека;
- управление версиями сборки;
- свойства и события;
- делегаты и организация мероприятий;

- простые в использовании дженерики;
- индекаторы;
- условная компиляция;
- простая многопоточность;
- LINQ и лямбда-выражения;
- интеграция с Windows.

В C# имеется встроенная работа с Windows Forms. Windows Forms – это библиотека классов графического интерфейса пользователя (GUI), которая входит в состав .Net Framework. Его основная цель – предоставить более простой интерфейс для разработки приложений для настольных компьютеров, планшетов и ПК. Его также называют WinForms. Приложения, разработанные с помощью Windows Forms или WinForms, известны как приложения Windows Forms, которые выполняются на настольном компьютере. WinForms можно использовать только для разработки приложений Windows Forms, но не веб-приложений. Приложения WinForms могут содержать различные типы элементов управления, такие как метки, списки, всплывающие подсказки и так далее.

В заключение следует отметить, что данное приложение позволяет студенту, который им пользуется;

- развить дисциплину и организованность;
- повысить эффективность работы и учебы;
- выделить время для общения с друзьями и родными, заняться своим хобби;
- распланировать полезный и познавательный отдых;
- сократить трату времени на пустые занятия;
- сократить трату времени организации списка дел;
- удобный и приятный интерфейс;
- организация записи заметок;
- начать заботиться о собственном здоровье.

Кроме того данное приложение может использоваться любым человеком без ограничений для формирования своего графика деятельности, так как достаточно простое в эксплуатации.

Литература

1. Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». [Электронный ресурс] URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/57425> (дата обращения: 14.12.2020).

2. Образование XXI века: гуманизация, поливариативность, цифровизация: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием / под ред. Н.В. Феединой. – Липецк: Липецкий ГПУ, 2019. – 375 с.

3. Виштак О.В. Система планирования самостоятельной работы студентов / О.В. Виштак, С.В. Оржинская. – Научные исследования в образовании. – 2010. – № 2. – С. 13-17.

4. Виштак О.В. Проектирование системы планирования самостоятельной учебной деятельности студентов по информатике / О.В. Виштак, С.В. Оржинская. – Информатика и образование. – 2008. – № 2. – С. 117-118.

5. Виштак О.В. Система планирования учебной деятельности студентов по информатике / О.В. Виштак, С.В. Оржинская. – Педагогическая информатика. – 2007. – № 4. – С. 44-46.

6. Язык программирования С#. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/> (дата обращения: 18.12.2020).

УДК 004.4

Области применения SMART-технологий в образовании

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Ковалёв Андрей Алексеевич, 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

Статья посвящена такому понятию в мире информационных технологий, как «Цифровизация образования». Особое внимание было уделено изучению анализа перспективности и актуальности развития технологий в сфере образования. В данной исследовательской работе практическая значимость использования передовых информационных технологий рассмотрена с точки зрения применения информационных технологий в образовании. На основе результатов исследования были сделаны выводы касательно актуальности использования технологий в образовании.

Современное образование не стоит на месте: динамично разрабатываются новые технологии, методики и подходы, появляются свежие исследования, благодаря которым достижения научно-технического прогресса становятся основным компонентом обучения. Поэтому опираться на парадигму образования начала 20-го

века, когда знания усваивались раз и навсегда, а сам набор знаний был твёрдо фиксирован, бессмысленно – она устарела [2]. Технологии позволяют объединить и применить современные подходы к обучению на основе всесторонней цифровизации образования. Цифровизацию рассматриваем как внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства, включая образование [1].

Как приоритетное направление развития образования на основе цифровизации становятся SMART-технологии, которые применительно к сфере образования рассматриваются в следующих аспектах:

- использование различных электронных гаджетов (смартфонов, планшетов и иных аналогичных устройств) для доставки знаний обучающимся;
- как инструмент формирования интегрированной интеллектуальной виртуальной среды обучения, благодаря которой можно учиться дистанционно, а также поэтапно получать информацию из определённых курсов и программ.

Одна из самых популярных SMART-технологий, используемых в образовании, – искусственный интеллект (ИИ). Технология ИИ является эффективной при организации обучения, включая такие направления как оценка знаний обучающихся, составление индивидуальных планов на обучение, организация обратной связи для преподавателей, организация персонализированного и адаптивного обучения [3-5].

Примером успешного применения технологии ИИ являются стартапы для системы образования [6]. Так, например, китайский стартап Yuanfudao. Компания предлагает различные онлайн-курсы для обучающихся, на текущий момент у проекта более 200 млн пользователей. Приложение для помощи с домашними заданиями, разработанное на основе искусственного интеллекта, сканирует задание, распознаёт проблему и предлагает наиболее подходящее решение.

Российский образовательный стартап MyBuddy.ai создал виртуального репетитора английского языка с искусственным интеллектом. Приложение помогает детям практиковать разговорную речь, общаясь с виртуальным персонажем, точно так же, как ребёнок общается с репетитором.

Интеграцию искусственного интеллекта и машинного обучения активно применяет языковой сервис Duolingo. Это позволяет персонифицировать весь образовательный процесс от предварительного тестирования до адаптации уроков под индивидуальный прогресс и динамику развития отдельных языковых навыков. Искусственный интеллект используют не только языковые школы, его внедряют во всех сегментах онлайн-образования. Университет Джорджии применяет построенный

на ИИ-алгоритмах чатбот, который сообщает абитуриентам о зачислении, учебных программах, финансовых вопросах.

MATHiaU от Carnegie Learning используют искусственный интеллект, чтобы неуспевающие по математике студенты могли отработать свои «пробелы», что существенно помогает преподавателю в адаптации учебных занятий под потребности студента. Технологии автоматического распознавания речи, обработки естественного языка и адаптивного обучения (Adaptive Learning Systems) широко используются в языковых онлайн-школах. В частности, их успешно применяет китайский проект Liulishuo – приложение для изучения английского языка. Упор делается на развитие разговорной речи и понимания на слух.

Технические средства в SMART-технологиях включают электронные гаджеты, такие как: телефон, планшет, компьютер, ноутбук, видеокамеры, микрофоны и многое другое. Благодаря современным телефонам, в которых есть доступ к сети интернет, обучающиеся и преподаватели могут работать друг с другом дистанционно. Такой способ общения оптимален для обучающихся, имеющих особенности развития или проблемы со здоровьем, а также в период самоизоляции. Также телефон является и справочником, и словарём, и способом общения с другими учащимися. Благодаря телефону можно быстро найти интересующую информацию по разной тематике. Стоит не забывать о том, что благодаря телефону можно в кратчайшие сроки найти книгу или учебник. Существует много электронных библиотек, в которых представлен огромный список литературы, которая может быть интересна учащимся.

К техническим устройствам смарт-технологий относят и видео камеры, которые обеспечивают визуальный контакт между учащимися и преподавателями. Также видеокамеры используются в области искусственного интеллекта. Благодаря видеокамерам происходит захват лица человека и можно наделить ИИ мимикой и жестами, что используется среди обучающихся с особенностями зрения или слуха. Видеокамеры используют и в проверке знаний учеников. Данный способ используется в проведении единого государственного экзамена. Благодаря камерам исключается списывание, то есть для сдачи экзаменов требуется очень серьезная подготовка.

Интерактивная доска – это удобный современный инструмент для эффективного проведения совещаний, деловых презентаций, семинаров и учебных занятий. Интерактивные доски не только совмещают в себе преимущества большого экрана для проектора и маркерной доски, но и позволяют сохранять все пометки и изменения, сделанные во время обсуждения и даже управлять компьютерными приложениями, не отходя от доски и не прерывая выступления [7].

Электронные книги – это специализированные устройства, предназначенные для воспроизведения информации цифрового формата – текстовые файлы [8]. Файлы для чтения загружаются с сайтов-производителей, или с собственного компьютера, посредством USB-кабеля.

Персональные компьютеры и ноутбуки. Данные девайсы помогают преподавателями проводить прямые трансляции, показывать презентации и выдавать задания учащимся. На персональных компьютерах и ноутбуках можно проводить показы рабочего стола, выполнять интерактивные задания преподавателей, а также с помощью микрофона и видекамеры общаться с преподавателями и обучающимися группы.

Для обучающихся с особенностями, для индивидуальных занятий и для создания конференций разработаны специальные программные платформы, такие как Microsoft Lync Web App, Zoom и многие другие. Microsoft Lync Web App обеспечивает виртуальную связь между обучающимися и преподавателями, обеспечивая общение, общий доступ к рабочему столу и приложениям, а также ведение совместной работы в реальном времени, не отходя от компьютера.

В Microsoft Lync Web App обучение происходит по следующему регламенту [9]:

- преподаватель ведёт трансляцию либо рабочего стола, либо показывает презентацию, либо рассказывает и даёт время на запись материала;
- ученики могут использовать также возможности данной площадки. При ответе практических заданий студент или ученик может включить показ рабочего стола и продемонстрировать выполненную работу;
- также есть возможность использовать виртуальные доски, на которых можно рисовать в самой площадке.

Данная электронная площадка удобна тем, что студент или ученик может выполнить задание под наблюдением преподавателя.

Программа Zoom – это платформа для проведения конференций, тренингов и семинаров. В режиме самоизоляции приложение позволило участникам образовательного процесса продолжить обучение. Конференц-клиент работает на ПК с Windows, mac OS, Linux и телефонах с iOS и Android.

Как преимущества Zoom для образовательного процесса следует отметить:

- стабильную работу, несмотря на большую нагрузку из-за большого количества пользователей;

– управление всеми инструментами у организатора занятий, который может включать и выключать микрофон, а также запрашивать включение видео у всех участников или выключать видео;

– организатор также может оставлять заметки, использовать интерактивные элементы для вовлечения участников;

– администратор может назначить «помощника» – соадминистратора. У него также будут возможности включать и выключать микрофоны, переименовывать видеочаты, делить их на «комнаты»;

– можно проводить запись видеоконференции и в нужные моменты ставить ее на паузу. Потом это видео можно рассылать коллегам или ученикам, которые опоздали на видеовстречу либо не могли присутствовать.

Как недостатки Zoom следует отметить:

– сложный интерфейс. Многие пользователи, в том числе и преподаватели отмечали этот недостаток;

– хакерские атаки. Злоумышленники используют поддельные домены Zoom для распространения вредоносного ПО и получения доступа к чужим видеоконференциям.

Очевидно, что сейчас преимущества цифровизации используются в первую очередь корпорациями, промышленными предприятиями, медицинскими учреждениями. Однако с каждым годом появляется всё больше и больше IT-разработок в области образования, как школьного, так и профессионального, высшего и дополнительного, что позволяет организовывать образовательный процесс эффективно и адаптировать под образовательные программы и целевую аудиторию.

Литература

1. Что такое цифровизация. [Электронный ресурс] URL: <https://center2m.ru/digitalization-technologies> (дата обращения: 14.12.2020).

2. Виштак О.В. Дидактические основы построения информационных комплексов для самостоятельной учебной деятельности студентов, изучающих информатику: автореф. дисс. д. пед. наук / Московский государственный открытый педагогический университет им. М.А. Шолохова. – Москва, 2005.

3. Пырнова О.А. Технологии искусственного интеллекта в образовании / О.А. Пырнова, Р.С. Зарипова // Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. – № 3. – Т. 10. – С. 41-44.

4. Виштак О.В. Программные средства разработки виртуальных обучающих систем / О.В. Виштак, И.Р. Абушаев // 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. 145-149.

5. Рябенков Р.А. Искусственный интеллект и его потенциал / Р.А. Рябенков, И.В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2020. – С. 229-233.

6. Дылевская А.И. Проблемы и перспективы стартап-компаний. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-startap-kompaniy> (дата обращения: 14.12.2020).

7. Что такое интерактивная доска? [Электронный ресурс] URL: <https://pandia.ru/text/79/164/73968.php> (дата обращения: 16.12.2020).

8. Электронные книги. [Электронный ресурс] URL: <https://vash.market/elektronika/portativnaya-tehnika/elektronnye-knigi-kak-bumaga.html> (дата обращения: 17.12.2020).

9. Microsoft Lync. [Электронный ресурс] URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/видео-что-такое-microsoft-lync-2010-c3d11a03-6308-4cf7-8ac6-dbdb34e7785e> (дата обращения: 18.12.2020).

**Виртуальные машины в преподавании информатики
на операционной системе специального значения «Астра Линукс»**

Горин Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Бухгалтерского учета и автоматизации»;

Дмитриев Антон Максимович, курсант отделения Военно-морского флота;

Пестов Владислав Александрович, курсант факультета

«Организация вещевого обеспечения»

Филиал федерального государственного казенного военного образовательного
учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

Рассмотрены необходимость и возможность применения виртуальных машин при преподавании дисциплины информатика на операционной системе специального значения «Астра Линукс».

В настоящее время использование ИКТ в образовательном процессе является необходимой его составляющей.

Компьютеры используются не только для подготовки специалистов информационных и коммуникационных технологий, но и для других направлений подготовки, где используется имитация автоматизации каких-либо процессов, имитирование различных учебных ситуаций: учебные тренажеры, симуляторы, программы для работы с техникой и т. д. Вся эта среда обусловлена наличием персонального компьютера [1].

На сегодняшний день необходимо обучающемуся при использовании компьютера предоставлять наибольший спектр действий на нем. Однако, на практических занятиях обучающийся ограничен учетной записью простого пользователя с ограниченными правами. Это применимо, если обучающийся работает со специальным каким-либо программным обеспечением, например, текстовым редактором Writer или Calc. Однако возникают ситуации, когда при проведении занятия со специальным программным обеспечением необходимо каждый раз удалять отработанные задания с компьютера. Так, очередная учебная группа на занятии при выполнении этих же заданий может воспользоваться ими.

Далее, при изучении процесса установки и администрирования, настройки операционной системы специального назначения (ОССН) Астра Линукс, возникает

множество задач: от создания учетных записей с правами администратора до исправления всего того, что нерачительный (или наоборот, слишком проявляющий интерес) обучающийся сумел сделать. Из-за этого обучение основам работы с компьютером в данный момент ограничивается навыками пользователя, а действия, требующие прав администратора, изучаются исключительно в теории [1].

На сегодняшний день, применение виртуальных технологий расширяет возможности преподавателя. Например, обучающийся, в силу своей неопытности или в силу ненадлежащего выполнения работы при установке и настройке операционной системы с большой вероятностью может испортить предустановленную систему, нанести ей вред и компьютеру в целом. Во избежание этого могут использоваться групповые политики безопасности или ограничение прав, в соответствии с которыми производится настройка рабочей среды в операционной системе Астра Линукс. Но для создания групповых политик необходимы знания сетевого администрирования, а в случае локального использования групповых политик их необходимо будет настраивать на новых компьютерах заново [2].

Поэтому для полноценной безопасной работы обучающегося необходимо иметь компьютер, который предназначен исключительно для практических работ, что очень затруднительно и неоправданно.

Подобные задачи можно решить установкой на компьютер специальных программ, позволяющих создавать виртуальные машины с виртуальным аппаратным обеспечением (процессором, оперативной памятью, жестким диском и другими необходимыми устройствами). Виртуальным устройствам на время работы передается часть реальных ресурсов компьютера. Объем выделенных ресурсов можно регулировать в зависимости от поставленных задач в настройках используемого программного обеспечения [3]. Виртуальная машина полностью эмулирует работу обычного компьютера: дает возможность устанавливать, настраивать и удалять операционную систему Астра Линукс и другие программы, работать с установленным оборудованием. Работа и сбои виртуальной машины никак не влияют на работу основного компьютера, что является неоспоримым преимуществом такого решения.

Обучающийся, в случае применения подобных виртуальных машин, ощущает себя полноценным участником процесса настройки и работы с компьютером. Ведь он участвует в нем с момента первого запуска операционной системы Астра Линукс, настраивает различные службы, устанавливает системное и прикладное программное обеспечение. Все это помогает преподавателю по-другому взглянуть на процесс

обучения информатике, расширяет возможности в предоставлении ранее недоступных знаний [2].

Применение виртуальных машин в учебном процессе позволяет операционной системе реального компьютера отработать более длительное время, так как память компьютера «не засоряется» ненужными файлами.

На виртуальную машину устанавливаются ОССН Астра Линукс уже с правами администратора и определенные приложения. Обучающиеся на практическом занятии при изучении дисциплины информатика запускают виртуальную машину с установленной ОССН Астра Линукс, после чего работают уже непосредственно в виртуальной машине. Все созданные при работе файлы сохраняются уже на виртуальной машине, что избавляет реальный компьютер от их непосредственного хранения или в случае необходимости они удаляются.

Применение виртуальных машин позволяет снизить трудозатраты на администрировании учебных компьютеров. На сегодняшний день имеется достаточно большой выбор учебного программного обеспечения, которое необходимо иметь на учебных компьютерах. А так как виртуальные машины являются, по большому счету, всего лишь файлами, то их копирование, имеется в виду копирование виртуальных машин на другие компьютеры, дает возможность избежать непосредственной установки на каждый компьютер интересующего программного обеспечения.

В случае падения операционной системы Астра Линукс и дальнейшая ее переустановка на реальном компьютере уже не требуется, поскольку виртуальную машину легко восстановить. Для этого достаточно будет скопировать ранее созданную виртуальную машину (так называемый снимок состояния). Это значительно быстрее того, если бы мы каждый раз переустанавливали операционную систему на реальном компьютере [1].

Вследствие использования виртуальных машин в учебном процессе снимается масса проблем [1]:

- снижается риск от неправильных действий обучающихся;
- доступность и простота восстановления, в случае падения виртуальной машины;
- легкость конфигурирования и использования виртуальных машин [1].

Созданную виртуальную машину можно сохранить и при необходимости скопировать на другие реальные компьютеры. После этого каждый пользователь будет работать с той же виртуальной машиной, но уже на своем компьютере.

Использование виртуальных машин дает множество преимуществ, как для обучающихся в вузах, так и для преподавателей в области информационных технологий. Это и повышенная безопасность работы, и возможность тестирования программ, и возможность обучения, используя виртуальную машину в качестве среды отладки. Использование виртуальных машин определено рядом причин, связанных с развитием информационных технологий, включая возросшую вычислительную мощность персональных компьютеров, а также увеличение ряда задач, решаемых с помощью вычислительной техники [3].

Одной из самых распространенных программ для виртуализации является Virtual Box. Virtual Box (Oracle VM Virtual Box) (рис. 1) – программный продукт виртуализации для операционных систем Microsoft Windows, Linux, Free BSD [5], macOS, Solaris / Open Solaris, React OS, DOS и других.

Для ОССН Астра Линукс также существует возможность установки программы виртуализации VirtualBox. Описание процесса установки можно найти в справочном центре Астра Линукс.

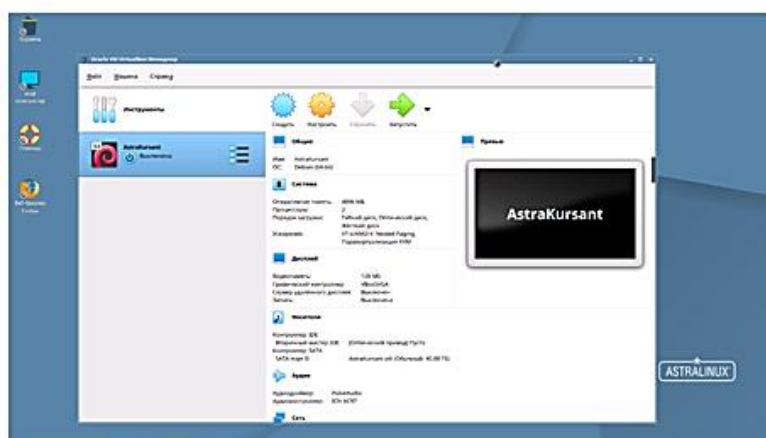


Рис. 1. Программа виртуализации VirtualBox

В ВВИМО на кафедре «Бухгалтерского учета и автоматизации» при преподавании дисциплины информатика внедрено использование программ виртуализации VirtualBox. На ОССН Астра Линукс под учетной записью простого пользователя на реальном компьютере установлен VirtualBox. В виртуальной машине в свою очередь повторно установлена ОССН Астра Линукс, причем с правами администратора. Загрузка виртуальной операционной системы настроена таким образом, что обучающийся при включении реального компьютера сразу начинает работать в виртуальной машине (рис. 2).

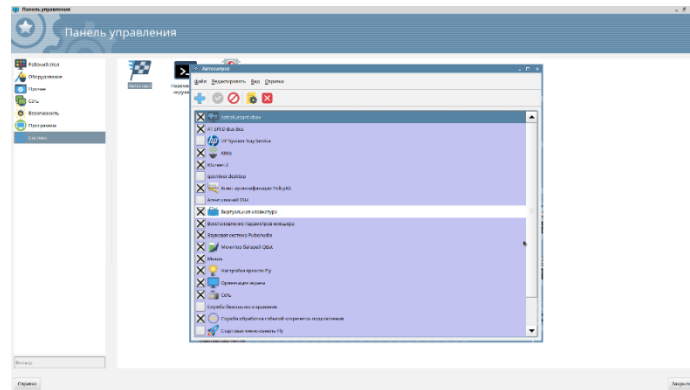
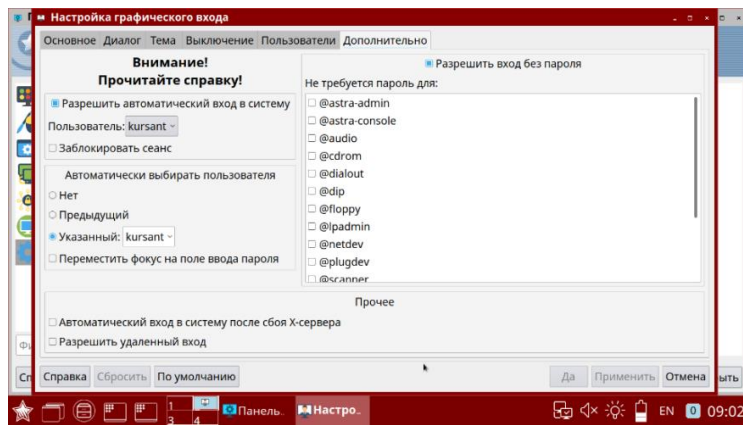


Рис. 2. Настройка автоматической загрузки ОССН Астра Линукс в виртуальной машине

При перезагрузке компьютера все изменения, совершенные пользователем не сохраняются, осуществляется откат до так называемого снимка состояния. Это позволяет проводить изучение ОССН Астра Линукс и ее настройку, используя системные приложения и команды без боязни, что неправильные действия вызовут крах компьютера. Также при большом потоке учебных групп, выполняющих одинаковые задания друг за другом, после перезагрузки компьютера эти задания не сохраняются, что лишает пользователей воспользоваться чужими трудами (рис. 3).

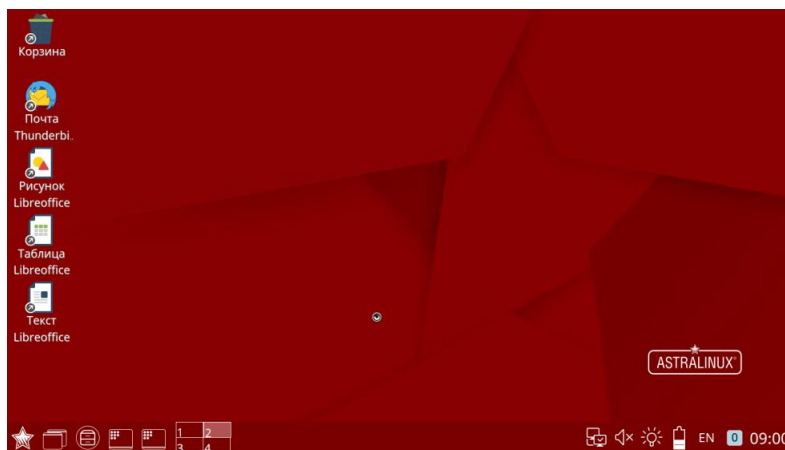


Рис. 3. ОССН Астра Линукс с правами администратора в виртуальной машине

Виртуальные машины позволяют решать практико-ориентированный класс задач, решение которых обеспечивает у обучаемых формирование профессиональной мобильности и определяет их уровень компетентности выпускника.

Литература

1. Гилев В.М. Некоторые аспекты использования виртуальных машин / В.М. Гилев // Материалы VII заочной Международной научно-практической конференции с участием студентов и аспирантов «Молодежь – будущее России». – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2015. – С. 24-26.
2. Усманов Ш.Н. Виртуальные машины в преподавании информатики / Ш.Н. Усманов // Информатика и образование. – 2007. – № 6. – С. 120-121.
3. Еремеев А.П. Модернизация образовательного процесса с помощью современных сетевых технологий и виртуализации ресурсов / А.П. Еремеев, И.Е. Куриленко // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования – ИНФОРИНО». – Издательский дом МЭИ, 2012. – С. 43-46.

УДК 372.8

Использование игровых приложений в дополнительном образовании

Долгачев Владимир Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, профессор

кафедры «Информационные системы и технологии»

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

Игровые технологии активно используются в педагогической практике дополнительного образования. Для развития мышления, концентрации внимания, скорости реакции работы на компьютере используются игровые приложения, которые сориентированы на заинтересованность учащихся, что позволяет превратить рутинный процесс обучения в увлекательную игру. Разработана игра «Лабиринт», с помощью которой учащимся будет гораздо легче запоминать информацию, принимать решения в нестандартных ситуациях, концентрироваться на выбранных задачах.

Современные технологии оказывают большое влияние на организацию обучения в центрах дополнительного образования, которое в первую очередь ориентируется на заинтересованность школьника в получении новых знаний и умений по развивающим программам. Учитывая современные реалии, наиболее действенным является геймификация учебного процесса, что позволяет превратить рутинный процесс в увлекательную игру, в которой школьнику самому захочется участвовать [1-4].

В педагогической практике игра и игровая технология рассматриваются как способ организации воспитания и обучения, как компонент педагогической культуры, изучаются формы и способы оптимизации игровой деятельности современных детей [1, 4]. С помощью игр обучающийся получает бесценный опыт, который позволяет пережить различные ситуации или развить определённые навыки (скорость, ловкость, внимание и др.).

Одной из игр, развивающей все эти навыки является лабиринт. Лабиринт представляет собой нахождения кратчайшего пути из точки А в точку Б. Играя в эту игру, ребенок тренируется удерживать свое внимание для поиска маршрута, учится на своих ошибках при неверно выбранном пути, развивает память при запоминании неверных траекторий, развивает быстроедействие в процессе принятия решений. Если усложнить лабиринт некоторыми дополнительными функциями: отсутствие изначального изображения лабиринта, что соответственно заставит игрока запоминать карту, в которой передвигается, добавление изменений самой карты игроком и возможность создания нестандартных ситуаций.

На первом этапе при разработке лабиринта с дополнительными функциями был проведен анализ языков программирования [6, 7]. Язык С был разработан в 1980 году Деннисом Ритчи. Широко используется для создания операционных систем, баз данных и других сложных программ. Данный язык достаточно сложен и требует тщательности в программировании, однако он совмещает в себе свойство языка высокого уровня, одновременно с эффективной реализацией ресурсов машины. Язык Cobol был создан в 1959 году для работы с финансами. Отличительной особенностью языка была многословность и громоздкость, но у него был существенный плюс: возможность с большим массивом данных [6]. С++ появился в 1983 году. Его применяют для разработки разнообразных платформ и систем. Главная особенность заключается в использовании нового подхода, характеризовавшемся в увеличении производительности и облегчении написания кода. С# был создан в 2000 году и включил в себя лучшие черты других языков. Его главными достоинствами можно считать надежность и похожесть на известные языки С и С++ [7]. JavaScript – язык

программирования, созданный в 1995 году с целью написания скриптов, необходимых для управления элементами веб-документа.

На основании анализа языков программирования был выбран C++, так как данный язык достаточно универсальный, достаточно простой в освоении и очень производительный.

На следующем этапе были определены основные требования [5], которым должно удовлетворять игровое приложение, и соответственно выделены следующие:

- ✓ управление с помощью клавиатуры;
- ✓ возможность добавлять новые уровни пользователями, которые не знакомы с программированием;
- ✓ ограниченная видимость карты;
- ✓ возможность редактирования карты самим игроком во время игры;
- ✓ возможность увеличения видимости при определенных условиях.

При использовании программного игрового модуля сначала пользователю предоставляются правила игры. Далее пользователь выбирает и прописывает имя уровня, который он будет проходить (рис. 1). Следует отметить, что настройки игрового приложения, такие как выбор шрифта, выбор языка, отсутствие курсора реализованы в самом приложении, то есть пользователю не надо их настраивать вручную.

После написания имени уровня идет его проверка, если он не найден, то будет указана ошибка. Так в приложении открывается любой правильно оформленный уровень, то есть, пользователь самостоятельно добавляет свой уровень в игру.

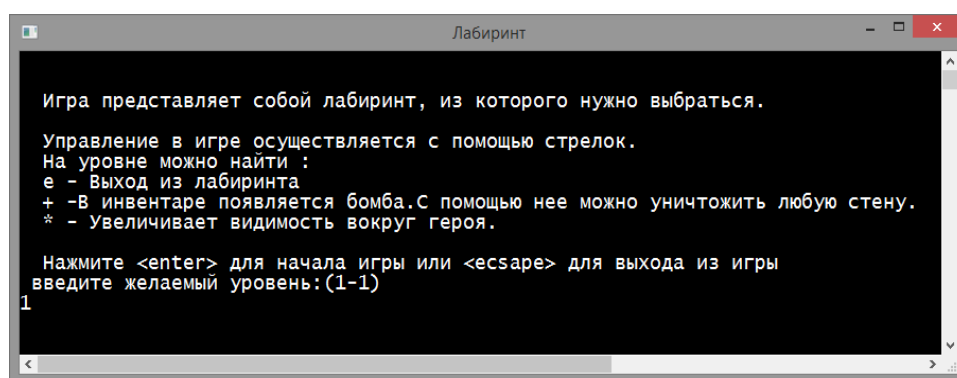


Рис. 1. Окно пояснений работы в игровом приложении

На рис. 2 изображен правильно оформленный уровень.

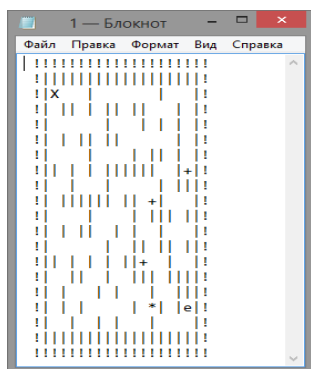


Рис. 2. Карта уровня

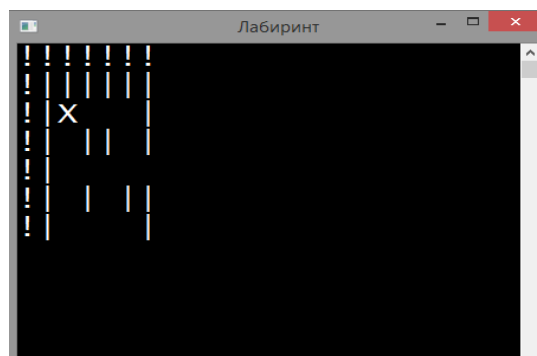


Рис. 3. Начало лабиринта

Если уровень существует, измеряются его параметры, далее копируется в приложение вся карта и первоначальные настройки. На экран выводится часть карты, которую видит пользователь. При перемещении начинают появляться новые объекты и исчезать предыдущие. Управление в игровом приложении происходит с помощью стрелок. При попытке движения в стену ничего не произойдет. На рис. 3, 4 продемонстрированы пути движения по лабиринту.

В приложении предусмотрена система бонусов, которые вносят разнообразие в действия пользователя. Если пользователь оказался на той же клетке, где и бонус, то он зачисляется автоматически. Бонус со знаком «+» означает бомбу, с помощью которой можно добавить новый проход в лабиринте, что позволяет придумать новый путь прохождения, который изначально не был запланирован. Также можно разрушить стены, кроме конца карты (знак «!»).

В игровом предусмотрена видимость пути движения. Это максимальная дальность, на которую пользователь видит лабиринт вокруг себя. Изначально она прописывается при создании уровня и может изменяться с помощью бонусов.

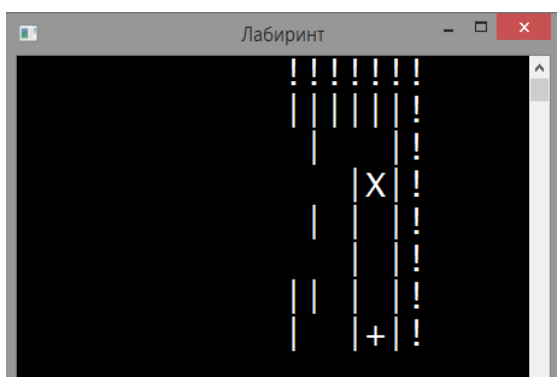


Рис. 4. Перемещение игрока

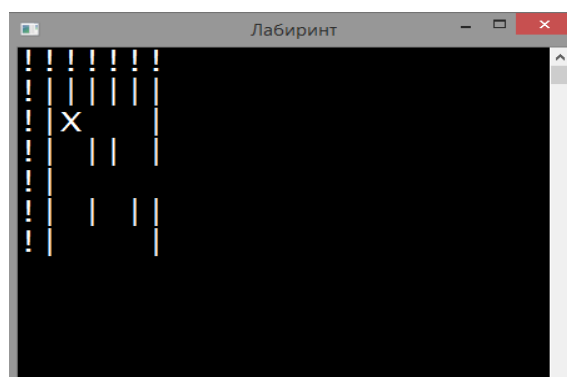


Рис. 5. Режим видимости пути

Есть еще бонус, который дает увеличение видимости на 1 (знак «*»). Для игрока это может быть достаточно важным модификатором игры, ведь он начинает видеть на одну клетку дальше, поэтому сможет заметить новый проход раньше.

Если пользователь долго не может пройти игру, существует более облегченный вариант, в котором отсутствует дальность видимости. При нажатии клавиши «0», игроку будет показан весь лабиринт, тем самым ему не нужно запоминать откуда он пришел, он сможет легко найти выход. На рис. 5 показан данный режим.

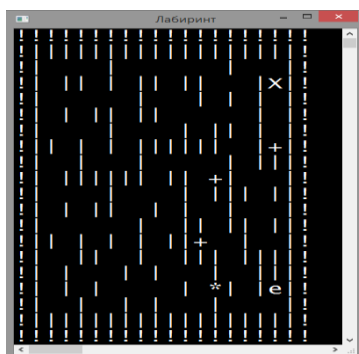


Рис. 5. Режим «простого» пути

Выход из уровня обозначается знаком «e», который показывает, что цель игры достигнута: лабиринт успешно пройден. При переходе на этот знак игра завершается.

В игровом приложении реализовано несколько режимов: включая возможность самостоятельно создавать уровни и характеристики к ним (начальная позиция, количество бомб, видимость и т. д.), что позволяет преподавателю самостоятельно прописывать уровни для обучающихся с учетом их индивидуальных характеристик и навыков. Таким образом, разработанное игровое приложение «Лабиринт» позволяет развивать память, концентрацию внимания, навыки принятия нестандартных решений, а так как для работы с приложением или для создания уровней не требуются навыки программирования, то оно идеально подходит для использования в центрах дополнительного образования.

Литература

1. Жирова М.В. Детская игра или игровая технология, применяемая в дошкольном образовательном учреждении для полноценного развития детей / М.В. Жирова / Сборник материалов V Международной научной конференции «Образование: прошлое, настоящее, будущее». – Краснодар: Новация, 2018. – С. 22-24.
2. Виштак Н.М. Игровые технологии в учебном процессе компьютерной школы / Н.М. Виштак, В.П. Петченко // 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.69-75.

3. Штырова И.А. Особенности использования игровых технологий при обучении информатике / И.А. Штырова, О.И. Панина // В сборнике материалов Всероссийской научно-практической конференции «Формирование профессиональной направленности личности специалистов – путь к инновационному развитию России». – Пенза: Пенз. гос. аграр. ун-т, 2019. – С.157-161.

4. Инновации в образовании: теория и практика / А.В. Антонова [и др.]. – Н.: Издательство: Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга», 2014. – 78 с.

5. Виштак Н.М. Критерии построения компьютерных игровых обучающих систем / Н.М. Виштак, А.А.. Зеленов // 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. 43-48.

6. Лопатин В.М. Информатика для инженеров: учеб. пособие / В.М. Лопатин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 172 с.

7. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. – СПб.: Изд-во Лань, 2018. – 412 с.

УДК 004.057.4

Выбор протокола транспортного уровня для коммуникации в локальных сетях

Дружин Дмитрий Сергеевич, 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

В данной статье рассматриваются преимущества и недостатки каждого из двух протоколов транспортного уровня. Описываются основные принципы сетевого взаимодействия на транспортном уровне. Делаются выводы по выбору предпочтительного протокола для коммуникации в локальных сетях.

При разработке информационных систем, функционирующих в рамках локальной сети организации, одним из основных решаемых вопросов является минимизация возможных информационных рисков [1]. Следовательно, необходимо

осуществить выбор протокола транспортного уровня, обеспечивающего надежную передачу данных.

Рассмотрение обмена сообщениями между двумя машинами в рамках одной сети по большей части соответствует обмену сообщениями в сети Internet, поэтому подход к описанию сети как транспортного средства полностью соответствует концепции сетей TCP/IP. Уровневая модель TCP/IP отличается от модели OSI (табл. 1) и, хотя в модели TCP/IP рассматриваемый уровень можно сопоставить с аналогичным в модели OSI, однако на данном уровне данные модели не имеют одного унифицированного протокола.

Таблица 1

Сравнение уровневых моделей TCP/IP и OSI

Уровневая модель	
OSI	TCP/IP
Прикладной уровень	Прикладной уровень
Уровень представления	
Сеансовый уровень	
Транспортный уровень	Транспортный уровень
Сетевой уровень	Сетевой уровень
Канальный уровень	Канальный уровень
Физический уровень	

Базовой функцией транспортного уровня является обеспечение передачи модуля данных от приложения исходного узла к приложению узла-получателя. Приложение исходного узла генерирует модуль данных и передает его приложению целевого узла без учета маршрута и без учета протоколов сетевого уровня, а также независимо от среды передачи, иными словами, без учета протоколов канального и физического уровней.

Транспортный уровень разделяет большой модуль данных исходного узла на фрагменты, добавляет заголовок и формирует сегменты определенного размера, а также может объединять короткие модули данных в один сегмент. На узле-получателе происходит обратный процесс. Заголовок сегмента содержит номера портов источника и назначения, которые адресуют службы верхнего прикладного уровня для обработки сегмента [3].

Поскольку ни в одной из моделей не предусматривается стандартизированный протокол передачи данных на транспортном уровне, то функции по определению типа данных передаются приложению и при передаче по сети модуль данных, содержащий изображения, не будет отличаться от модуля данных, содержащего текстовые данные. Отличие модулей данных можно обнаружить только при получении адресатом и явном

преобразовании. Данный подход можно сравнить с обычным бинарным потоком, в который идет запись различной информации, которую можно получить, зная заранее тип записанных данных.

Если обратиться к одной из популярных интерпретаций стека TCP/IP (рис. 1), то можно увидеть, что на транспортном уровне существует всего два протокола – это UDP (протокол пользовательских датаграмм) без установления соединения и TCP (протокол управления передачей) с установлением соединения.

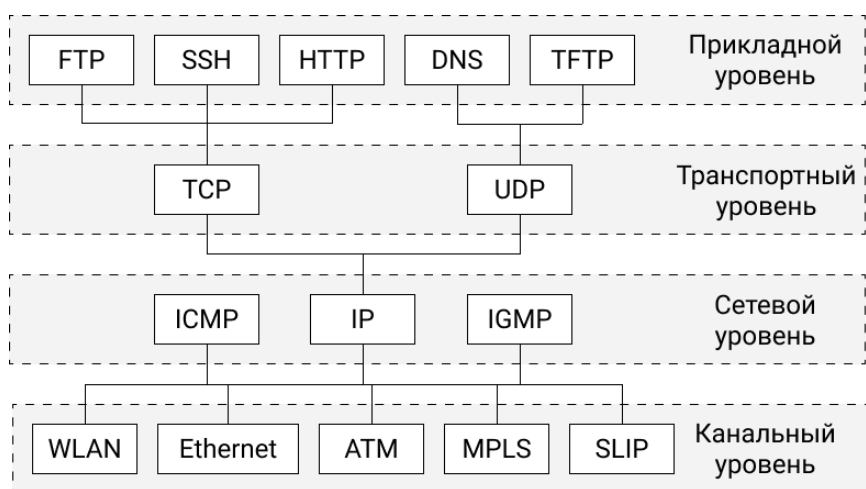


Рис. 1. Стек TCP/IP

Протокол пользовательских датаграмм использует простую модель связи без соединения с минимальным использованием протокольных механизмов. Компьютерные приложения могут посылать модули данных, называемые датаграммами, на другие узлы сети, используя UDP. Формат UDP модулей данных показан на рис. 2. UDP предоставляет контрольные суммы целостности данных и номера портов для адресации различных функций у отправителя и получателя датаграммы. UDP имеет значительно меньшую пропускную способность и задержку. Пакеты могут идти различными путями между отправителем и получателем с помощью UDP, в результате чего некоторые пакеты теряются или принимаются не по адресу назначения.

Заголовок протокола пользовательской датаграммы имеет четыре поля, показанные на рис. 2, каждое из которых имеет размер 2 байта. Это номер порта отправителя, номер порта получателя, длина датаграммы и контрольная сумма [4].

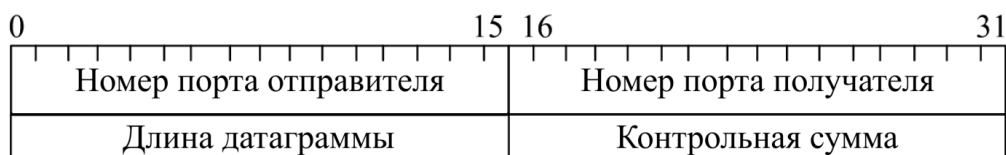


Рис. 2. Заголовок UDP

UDP – идеальный протокол, используемый в сетевых приложениях, таких как игры, голосовая и видеосвязь, потому что эти приложения могут выдержать некоторые потери данных без негативного влияния на воспринимаемое качество. Для улучшения качества звука и видео используются методы коррекции ошибок в прямом направлении. Этот протокол поможет улучшить скорость передачи данных больших файлов по сравнению с TCP.

Протокол TCP реализуется только на терминальных системах и обеспечивает надежную доставку модулей данных, устанавливая канал связи между отправителем и получателем, заголовок протокола приведен на рис. 3.



Рис. 3. Заголовок TCP

TCP использует номера последнего переданного и первого ожидаемого байтов, чтобы гарантировать, что дублирующие данные получателю переданы не будут, а также что данные будут доставлены в правильном порядке. Также заголовок TCP содержит контрольную сумму, чтобы гарантировать корректность данных при доставке. Если получен сегмент с неверной контрольной суммой, он просто отбрасывается. Это означает, что, когда значение таймаута истечет, отправитель повторит передачу сегмента. Немаловажной частью заголовка являются управляющие биты [2]:

- URG – указывает, что сегмент содержит срочные данные;
- ACK – указывает, что сегмент содержит номер подтверждения;
- PSH – указывает, что данные нужно протолкнуть к получающему пользователю;
- RST – сбрасывает соединение;
- SYN – используется для синхронизации порядковых номеров;
- FIN – указывает конец данных.

Протокол TCP предоставляет полноценную транспортную службу, которая обеспечивает обмен потоками данных. При этом он не накладывает ограничений на состав потока, освобождая прикладной процесс от функции структурирования данных. Передача данных протоколу TCP аналогична их записи в неструктурированный файл.

Исходя только из описания протоколов, можно сделать вывод, что UDP является предпочтительным протоколом, однако не стоит забывать про специфику применения. Ведь в рассматриваемой локальной сети может быть запрещено по политике безопасности использование протокола UDP, а значит и всех протоколов, основывающихся на нем, например, QUIC. Поэтому если ведется разработка приложения, работа которого не будет ограничиваться определенной локальной сетью, то стоит выбрать TCP, а не UDP.

Литература

1. Виштак Н.М. Информационные риски при внедрении системы электронного документооборота / Н.М. Виштак, В.А. Жирнов // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации». – Саратов: ООО СПО «Лоди», 2017. – С. 619-622.
2. Дубаков А.А. Сетевое программирование: учеб. пособие / А.А. Дубаков. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 248 с.
3. Сергеев А.Н. Основы локальных компьютерных сетей: учеб. пособие для вузов / А.Н. Сергеев. – СПб: Лань, 2016. – 184 с.
4. Снейдер Й. Эффективное программирование TCP/IP: учеб. пособие / Й. Снейдер. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 320 с.

УДК 004.27

Квантовые компьютеры и квантовая связь

Коновалов Эльдар Наилевич, 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

В данной статье рассмотрены принципы, на которых основана работа квантовых компьютеров и квантовой связи, а также области применения квантовых компьютеров. Квантовые компьютеры обладают производительностью на порядок выше, чем компьютеры цифрового типа. Квантовые компьютеры могут применяться

в области криптографии, искусственного интеллекта, квантовой химии, финансовых вычислений и моделирования, прогнозирования погоды, физики частиц, а также других высокотехнологичных областях. С помощью квантовых компьютеров человечество может сделать качественный скачок в научно-техническом прогрессе.

В 20 веке произошла обозначившая развитие физики «Первая квантовая революция», которая привела к появлению транзисторов, ядерных технологий, мобильной связи и интернета. Технологии, появившиеся в «первой квантовой революции», в настоящее время применяются повсеместно: персональные компьютеры, суперкомпьютеры, смартфоны, сканеры, принтеры, цифровые микроскопы и многие другие устройства [4].

Начало «второй квантовой революции» пришлось на конец 20 века, она может изменить мир ещё сильнее, чем её предшественница. Главное отличие от «первой квантовой революции», в том, что теперь приборы будут строиться не на управлении квантовыми явлениями, а на управлении нетривиальными квантовыми системами на уровне отдельных частиц [4].

Технологии, использующие контроль над отдельными квантовыми частями на столь высоком уровне, называются квантовыми. Сегодня квантовые технологии начинают занимать важное место в таких важных сферах, как информационные технологии, медицина, а также в вопросах национальной безопасности.

На сегодняшний день компьютерные вычисления занимают важное место среди достижений человечества. Следующим этапом совершенствования компьютерных вычислений является использование квантовых компьютеров.

Квантовый компьютер – средство вычислительной техники, основами работы которой являются законы квантовой механики. Квантовые компьютеры принципиально отличаются от традиционного подхода построения компьютера, основанного на применении чипов из кремния [2]. Квантовые компьютеры применяют для вычисления процессов квантовой природы – квантовых алгоритмов, основанных на эффектах квантовой механики.

Фундаментом квантовых вычислений является кубит – система, в которой число частиц аналогично импульсу, а энергетическое состояние – координате. В отличие от обычного бита, используемого в традиционных компьютерах, кубит не ограничен двумя состояниями, а может находиться в суперпозиции этих состояний, то есть одновременно в двух значениях сразу [3]. В действительности кубит может существовать в самых разных комбинациях этих значений, что и позволяет создавать сверхпроизводительные компьютеры. Квантовые компьютеры, основанные на

применении таких кубитов, способны решать задачи, с которыми классические компьютеры справиться не в состоянии.

Для осуществления необходимых вычислений на квантовом компьютере нужно задействовать особым образом ряд кубитов, чтобы они вместе образовали единую квантовую систему. Образованная система должна развиваться по квантовым законам некоторое время, а затем нужно будет проверить, к какому состоянию ей удалось прийти.

Вычислительная мощность квантовой системы напрямую зависит от числа кубитов, задействованных в ней. С ростом числа кубитов вычислительная мощность квантовой системы растёт в экспоненциальном порядке. С теоретической точки зрения это приводит к способности квантового компьютера справляться с вычислениями, которые обычный компьютер проводил бы тысячи лет.

К примеру, алгоритм Шора, суть которого в разложении больших чисел на простые множители. Обычные компьютеры путём перебора всевозможных делителей решают эту задачу, но если число имеет большую длину, то расчёты займут целые десятилетия. Квантовые компьютеры могут решить подобную задачу за небольшое количество минут или даже секунд, если производительность системы очень высока [2].

Компьютеры в наше время уже зачастую не успевают за объёмом ежегодно создаваемых данных. Суперкомпьютеры, в свою очередь, недостаточно быстры для решения задач определённого типа, например, тестирование взаимодействия химических препаратов на молекулярном уровне. Квантовые компьютеры благодаря невероятному уровню вычислительной мощности могут стать решением многих задач и обеспечить качественный рост науки в целом.

В связи с тем, что квантовые компьютеры обладают вычислительной мощностью на порядок больше чем у обычных компьютеров, это позволит активно применять их в криптографии. Квантовый компьютер раскладывает число на простые множители очень быстро, что позволяет расшифровывать сообщения, зашифрованные криптографическим алгоритмом RSA, который сегодня применяется повсеместно. Алгоритм RSA считается довольно надёжным, так как для обычного компьютера задача разложения чисел на простые множители является очень сложной [3].

К примеру, для осуществления попытки получения доступа к банковской карте, компьютеру придётся раскладывать на простые множители числа длиной в сотни цифр, что является практически невыполнимой задачей даже для суперкомпьютеров нашего времени. Благодаря квантовым компьютерам и квантовым алгоритмам вышеописанная

задача уже не является трудновыполнимой. Квантовая криптография уже сейчас активно развивается, разрабатывая теоретическую базу для открытия новых возможностей в области передачи сообщений.

Также квантовые компьютеры могут применяться для работы с искусственным интеллектом. В основе работы искусственного интеллекта лежит принцип накопления опыта в процессе решения задач, в ходе работы искусственный интеллект становится всё точнее и через некоторое время становится способен самостоятельно обучаться решению задач некоторого вида [1]. Работа искусственного интеллекта зависит от расчётов вероятностей для множества возможных исходов, и вычисления квантового типа теоретически очень хорошо для этого подходят. Также квантовые компьютеры обладают возможностями по обработке данных очень больших объёмов и способы моделировать нейронные сети экспоненциального размера [5].

Квантовые компьютеры могут сильно продвинуть человечество в моделировании молекулярных взаимодействий и химических реакций. Вычисления в этой области настолько трудновыполнимы, что с помощью компьютеров цифрового типа удаётся проанализировать молекулы только самого простейшего типа. Химические реакции образуют запутанные квантовые состояния суперпозиции и по своей природе они являются квантовыми [1]. Для квантовых компьютеров расчёт даже настолько сложных процессов будет возможен, что обеспечит прорыв научно-технического прогресса. Это значит, что будет ускорена работа в химической отрасли, что позволит быстрее проводить исследования и разработку лекарственных препаратов.

Еще одной областью применения квантовых компьютеров являются финансовые вычисления и моделирование. Современные рыночные системы являются довольно сложными системами. Для работы с финансами существует множество научных, математических инструментов, но их возможности ограничены, так как нет возможностей проводить эксперименты в контролируемых условиях, как делают во многих других научных областях [0].

Квантовые вычисления могут стать решением этой проблемы, так как случайность, характерная для квантовых компьютеров, может быть использована для финансового моделирования. Например, зачастую требуется проводить оценку распределения результатов при множестве ситуаций, создаваемых случайным образом. Также преимущество, которое предлагают квантовые компьютеры, состоит в том, что для некоторых финансовых операций требуется множество последовательных шагов. Обычные компьютеры не в состоянии просчитать все требуемые шаги, а квантовые компьютеры на такое способны.

Квантовые вычисления могут использоваться для прогнозирования погоды. Способность предсказывать изменение погодных явлений даст человечеству большое преимущество для многих сфер деятельности, например, даст больше времени для восстановления от последствий стихий. Учёные много лет подряд работают над методикой вычисления предсказаний погодных явлений, но уравнения, стоящие за такими явлениями, являются довольно сложным для обычного моделирования [1]. Использование обычного компьютера для анализа зачастую требует столько времени, что погода уже успеет измениться несколько раз. По мнению некоторых учёных, уравнения, описывающие погоду, имеют ещё не выявленную волновую природу, разобраться с уравнениями такого рода можно с помощью квантового компьютера. Создав новые климатические модели с помощью квантовых компьютеров, можно будет более быстро реагировать на надвигающиеся погодные бедствия.

Также квантовые компьютеры могут использоваться в физике частиц. Математические модели элементарных частиц являются достаточно сложными и требуют достаточно много времени и ресурсов для построения. Квантовые вычисления за счёт своей скорости могут помочь расширить работу человечества и в направлении элементарных частиц [1].

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что квантовые технологии являются основой для всех будущих вычислений в наукоёмких отраслях.

Литература

1. HI-news. [Электронный ресурс] URL: <https://hi-news.ru/computers/shest-primerov-kogda-kvantovye-kompyutery-nam-ochen-pomogut.html> (дата обращения: 10.12.2020).
2. TADVISER Государство. IT. Бизнес. [Электронный ресурс] URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Квантовый_компьютер_и_квантовая_связь# (дата обращения: 07.12.2020).
3. Википедия – свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер (дата обращения: 08.12.2020).
4. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Квантовые технологии» [Электронный ресурс] URL: https://www.rvc.ru/upload/doc/selection_road_quant.pdf (дата обращения: 10.12.2020).
5. Рябенков Р.А. Искусственный интеллект и его потенциал / Р.А. Рябенков, И.В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 229-233.

Разработка анимационного ролика функционирования аппарата циркуляции биологической жидкости

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

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

Рассматриваются возможности программы 3ds Max. Описываются этапы создания анимированного ролика, демонстрирующего процесс циркуляции биологической жидкости.

Анимированный ролик реализован в среде 3ds Max, которая является многофункциональным программным продуктом для создания и корректировки трёхмерной графики и анимации.

3ds Max имеет очень обширную базу стандартных средств, которые облегчают моделирование различных специальных эффектов. Также, кроме стандартной базы, существует множество дополнительных плагинов, позволяющих создавать реалистичные эффекты.

MAXScript является встроенным в 3ds Max языком макропрограммирования, позволяющим пользователям реализовывать ряд возможностей, а именно:

1) создание скриптов, основным назначением которых является воспроизведение всех функциональных возможностей 3ds Max, таких как назначение материалов, построение геометрических моделей, установка осветителей, визуализация и анимация объектов;

2) создание собственных свитков для командной панели Utilities (Утилиты) и окон диалога, которые имеют стандартный для программы интерфейс;

3) создание макросов, которые описывают свойства новых кнопок на панелях инструментов;

4) разработка собственных модулей для работы с сетчатыми оболочками;

5) посредством механизма OLE организация обмена данными с другими приложениями Windows;

6) автоматическая запись всех действий, осуществляемых пользователем, в виде набора макрокоманд и другие.

Процесс создания анимированного ролика проводится в 10 этапов. Первым шагом с помощью инструмента Plane создаются вспомогательные плоскости для отображения реальных размеров объекта, таких как ширина или диаметр, высота, расположение отверстий и так далее (рис. 1). В пустой файл импортируется чертеж в формате dwg, если готовый чертеж имеется в наличии.

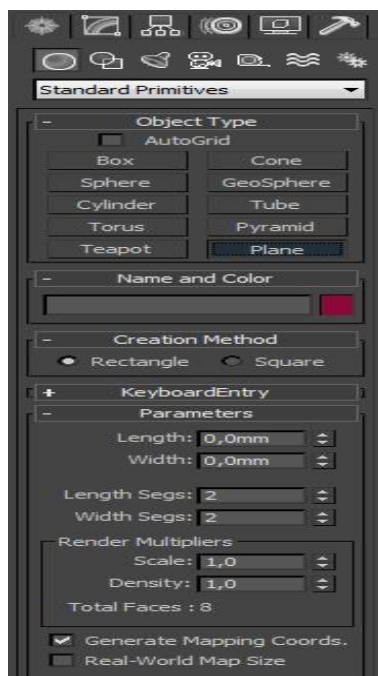


Рис. 1. Инструмент Plane на панели инструментов 3ds Max

Далее с помощью вспомогательной плоскости, привязок и размерной сетки строятся контуры детали, используя инструмент Line (рис. 2).

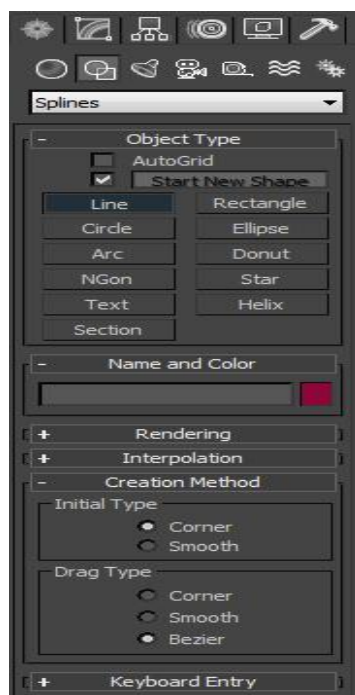


Рис. 2. Инструмент Line на панели инструментов 3ds Max

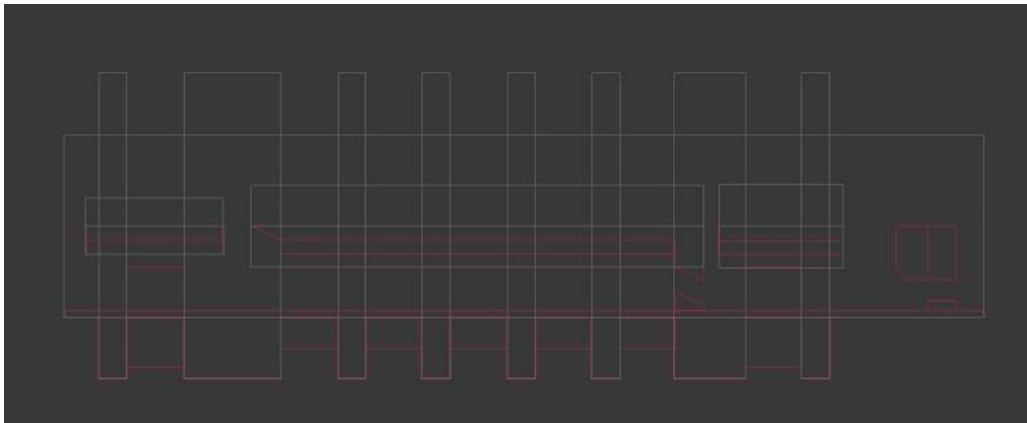


Рис. 3. Контур аппарата циркуляции биологической жидкости

После этого на все контуры накладывается модификатор Lathe из свитка ModifierList с осью оборота в центре объекта. Перед тем, как присвоить параметрическому объекту модификатор, необходимо выделить этот объект. При этом, активными в меню будут только те модификаторы, которые могут быть применены к данному примитиву. В меню Modifiers (Модификаторы) после выделения необходимого модификатора откроется панель, где можно изменять параметры. Вращением сплайнового профиля формируется 3d модель, посредством модификатора Lathe (рис. 4).

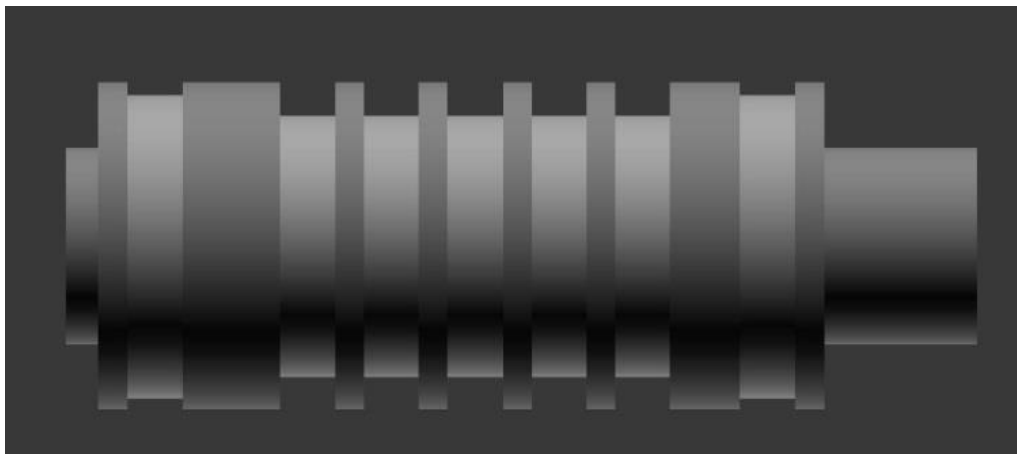


Рис. 4. Вид аппарата циркуляции биологической жидкости в объеме

Для создания разреза объекта используется параметр Degrees, равный 180 градусам (рис. 5).

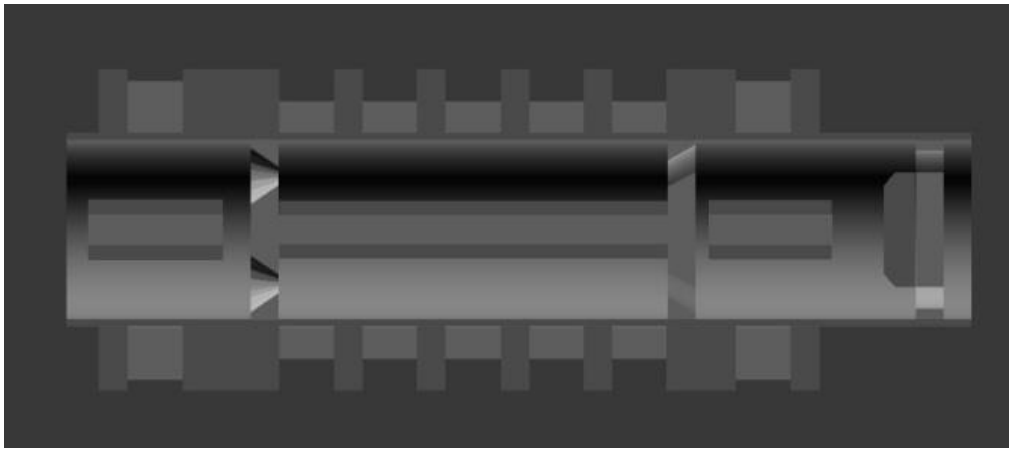


Рис. 5. Вид аппарата в разрезе

На пятом этапе производится операция вычитания конусов нужного диаметра и полученного ранее среза перегородки (рис. 6, 7).

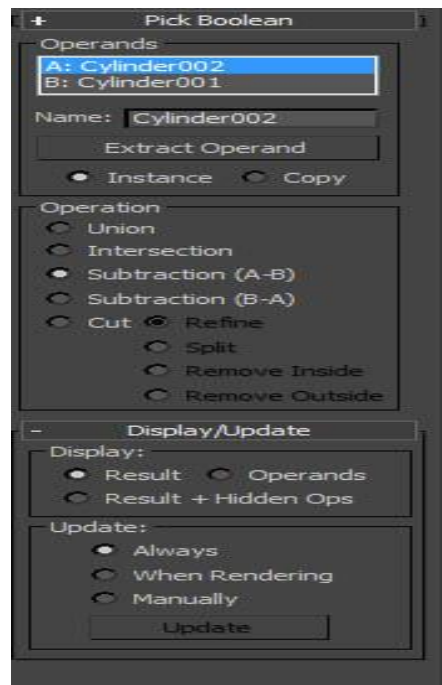


Рис. 6. Операция вычитания конусов

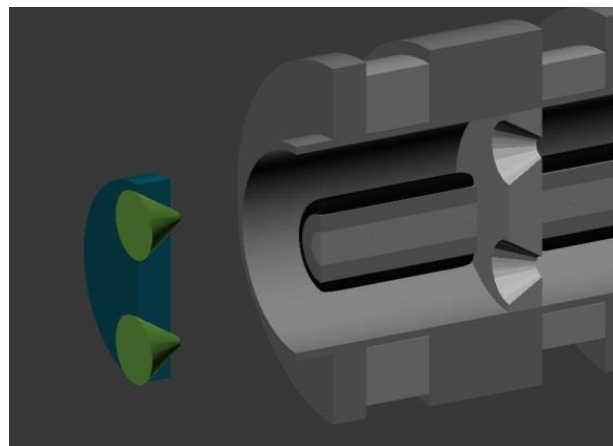


Рис. 7. Формирование входных отверстий аппарата

Шестым этапом высчитывается все остальное по аналогии с описанным выше сечением проточной части аппарата циркуляции биологической жидкости.

Модель конвертируется в EditPoly. К полученному объекту применяется модификатор MeshSmooth, который предназначен для редактирования сетчатых оболочек (рис. 8). К модификаторам этой категории относятся: CapHoles (Накрыть отверстия), DeleteMesh (Удалить поверхность), EditMesh (Редактирование поверхности), EditNormals (Редактирование нормалей), EditPoly (Редактирование полигонов), Extrude (Выдавливание), FaceExtrude (Выдавливание граней), MultiRes (Множественное разрешение), NormalModifier (Модификатор нормалей), Optimize (Оптимизация), Smooth (Сглаживание), STL Check (STL-тест), Symmetry (Симметрия), Tessellate (Разбиение), VertexPaint (Раскраска вершин), VertexWeld (Слияние вершин).

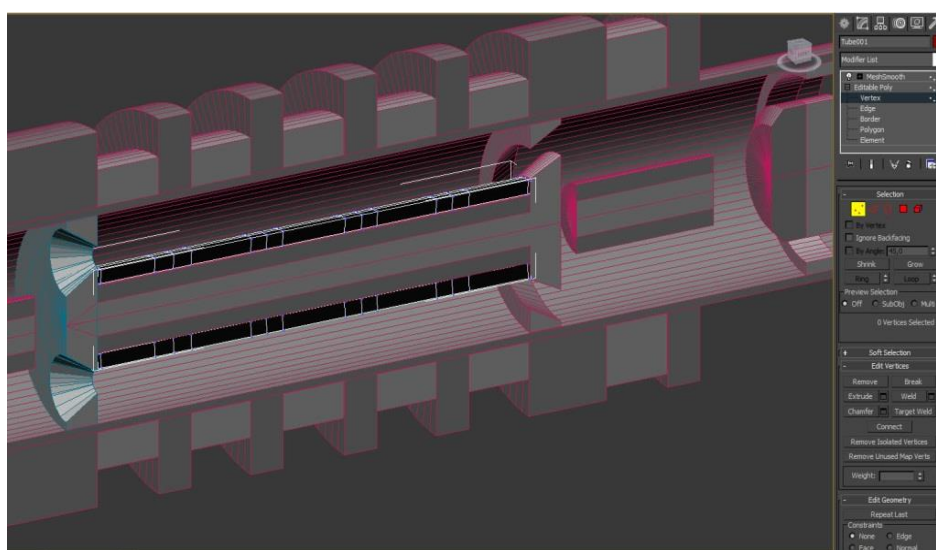


Рис. 8. Модель аппарата с модификатором MeshSmooth

Седьмым этапом в режиме редактирования точек анимируется последовательность движения вершин «волны». Категория Animation (Анимация) содержит 16 модификаторов, применяемых для создания и редактирования анимации, в числе которых: Skin (Оболочка), Morpher (Морфинг), Flex (Гибкость), Melt (Таяние), PatchDeform (Деформация по патчу), PathDeform (Деформация по траектории), SurfDeform (Деформация по поверхности).

В нижней части экрана находится шкала, похожая на линейку, на которой есть деления и цифры от 0 до 300. Каждое деление на этой линейке соответствует одному кадру. Над линейкой расположен ползунок шкалы анимации, который можно по ней перемещать. Слева и справа на ползунке есть две кнопки со стрелками в стороны. Если щелкнуть по одной из этих кнопок, ползунок передвинется на один кадр в соответствующую сторону. На самой шкале текущий кадр выделен желтым.

Производится анимация точек «волны» магнитожидкостного сенсора на каждом участке и каждой секции управляющего элемента аппарата циркуляции биологических жидкостей (рис. 9).

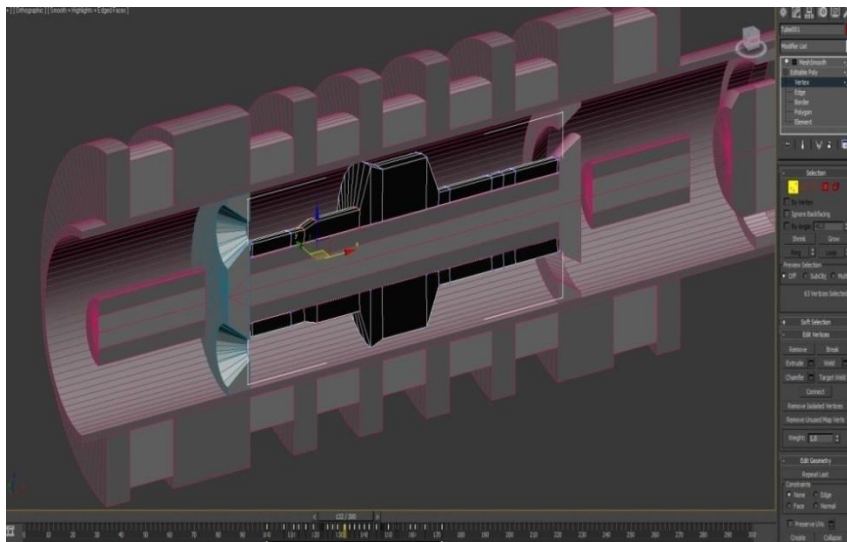


Рис. 9. Анимирование движения вершин

В рамках восьмого этапа – на все части накладываются текстуры (рис. 10).

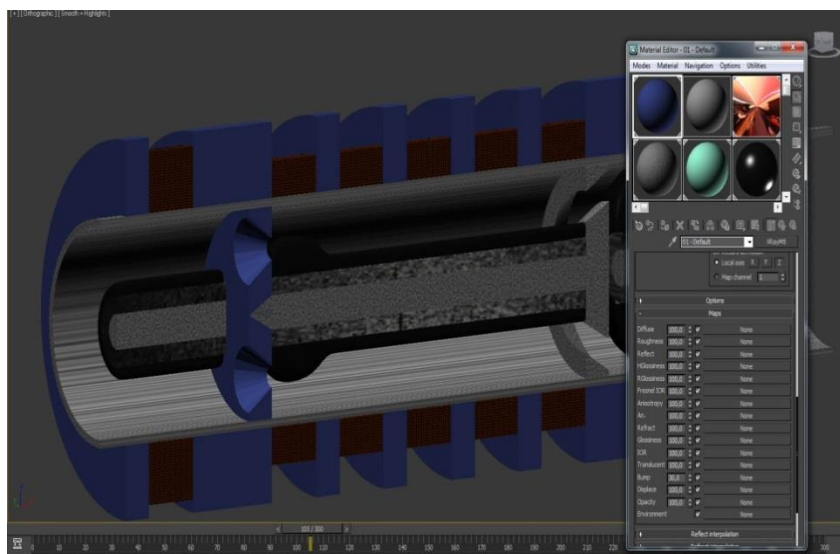


Рис. 10. Модель аппарата с наложенными текстурами

Девятым этапом устанавливаются источники света VrayLight и Камера. Чтобы получить корректные результаты, без использования алгоритмов расчёта непрямого освещения, свет и объект необходимо располагать на линии прямой видимости, к тому же объекты должны быть визуализируемыми.

Расположение камеры определяет композицию финального изображения, как ее видит пользователь, подчёркивая главные и опуская второстепенные детали (рис. 11).

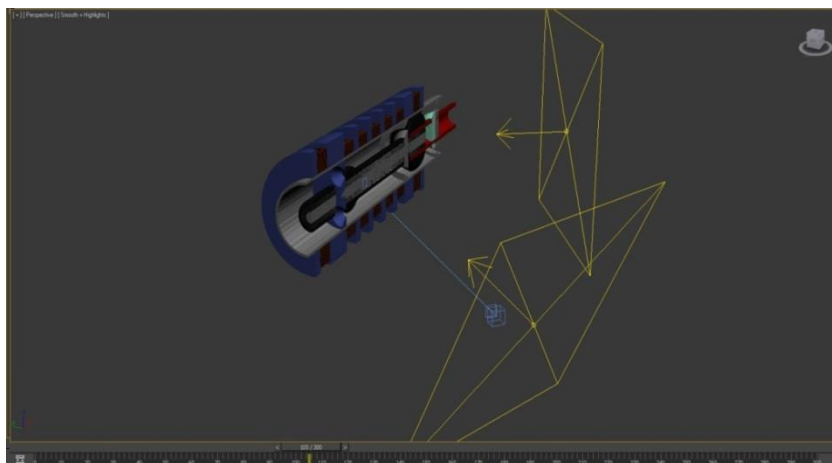


Рис. 11. Установка света и камеры

На заключительном десятом этапе задается слой динамического текстурного изменения течения жидкости (рис. 12).

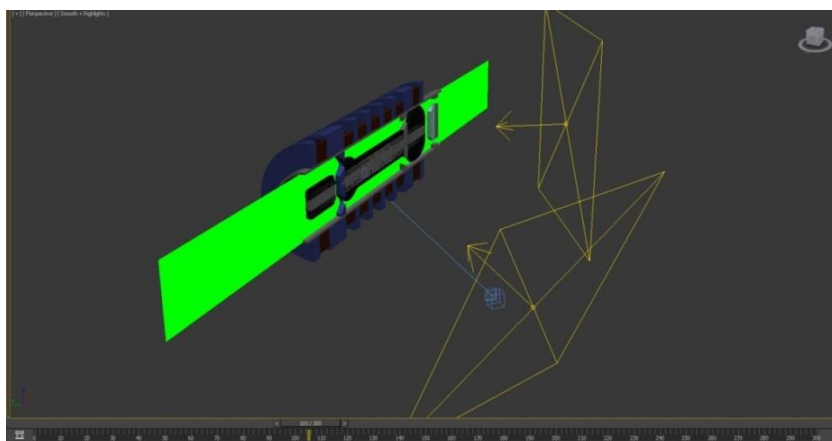


Рис. 12. Установка слоя динамического текстурного изменения течения жидкости

На этом процесс создания анимированного ролика процесса функционирования аппарата циркуляции биологической жидкости завершен.

Литература

1. Бондаренко М.Ю. 3ds Max за 26 уроков / М.Ю. Бондаренко, С.В. Бондаренко. – М.: Высшая школа, 2008. – 304 с.
2. Быков Э.М. 3DMax: художественное моделирование и специальные эффекты / Э.М. Быков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 320 с.
3. Власов А.В. Упругооболочечные магнитожидкостные управляющие и измерительные устройства в гидрофицированном технологическом оборудовании / А.В. Власов // 4-ая Международная молодежная школа-семинар «Бикамп-03», посв. 300-летию Санкт-Петербурга. – СПб: ГУАП., 2003. – 80 с.

Информационное обеспечение деятельности организации

Кузнецов Станислав Николаевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Мотков Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

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

Статья посвящена анализу информационных процессов, протекающих при подготовке выпуска материалов в телеэфир на основе методологии функционального моделирования. Результаты анализа позволили предложить оптимизировать информационные процессы путем внедрения в деятельность телекомпании системы управления базой данных.

Новости – это оперативная информация и сообщения о событиях, которые произошли недавно или происходят в данный момент. В настоящее время информационные потоки постоянно увеличиваются, поэтому для успешного развития телекомпании необходимо динамично использовать новые технологии представления информации, что в свою очередь предполагает систематическое обновление телекоммуникационного и аппаратного обеспечения с переходом на новые стандарты.

Использование систем автоматизации позволяет упростить медиа потоки внутри телекомпании и значительно повысить эффективность работы без увеличения штата сотрудников, а также решить многие проблемы, возникающие при достаточно больших объемах производства, и упростить порядок взаимодействия между подразделениями.

Создание такой системы – цель любой динамично развивающейся компании. Однако на этом пути есть несколько серьезных препятствий. Полная автоматизация производства и переход на цифровые технологии часто связаны с заменой большей части производственного и вещательного тракта, что требует значительных финансовых вложений, которые не каждая телекомпания может себе позволить. Отдельный вопрос – переподготовка кадров. Один из возможных выходов из сложившейся ситуации – постепенный переход на новую технологию с частичным использованием старых элементов производства. Однако возникает вопрос о

совместимости стандартов и оборудования.

Решение проблемы – модульная архитектура.

Решением некоторых вопросов стала модульная архитектура комплексов автоматизации, которая дает возможность развертывать такие решения постепенно и при необходимости оптимально увеличивать их мощность и функциональность [1].

В целом комплексы автоматики состоят из следующих элементов.

- 1) Подсистема импорта видеоматериалов в систему.
- 2) Подсистема службы новостей.
- 3) Подсистема автоматизации вещания.
- 4) Подсистема оперативного графического оформления трансляции.

Разделение организации на функциональные подразделения обусловлено необходимостью специализации и позволяет более эффективно решать задачи распределения и координации работы, рис. 1.

Организационная структура также служит формальным механизмом коммуникации, посредством которого информация передается между организационными единицами [2].

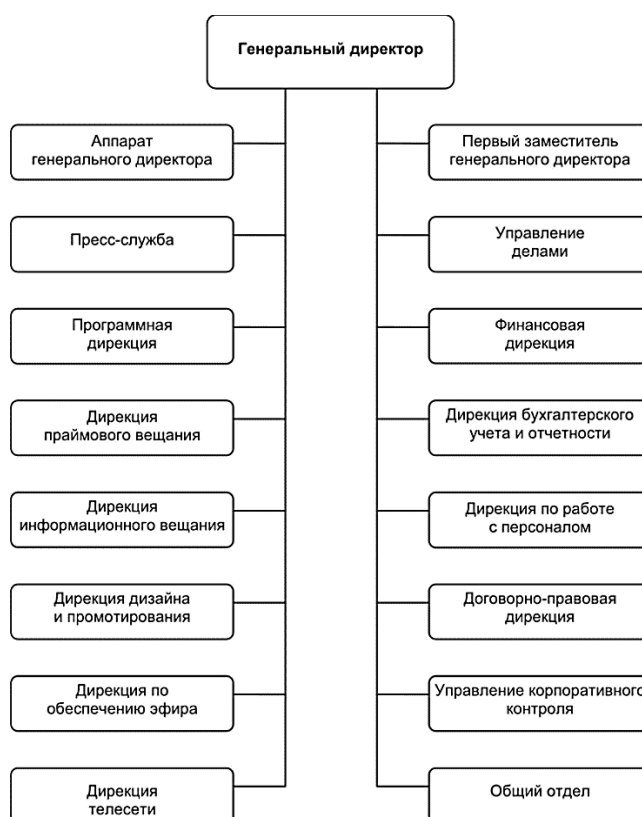


Рис. 1. Структурные подразделения

На процесс проектирования организационной структуры телекомпании влияет ряд факторов, среди которых:

- 1) Тип телекомпании.

- 2) Состав деятельности.
- 3) Объем и тематика трансляции.
- 4) Штатная численность телекомпании.

Таким образом, развитие организации, связанное с расширением ее деятельности, увеличением численности персонала и внесением других организационных изменений, должно сопровождаться анализом организационной структуры, определением необходимости создания новых структурных отделов, и введением дополнительных руководящих должностей, призванных обеспечить более эффективное достижение поставленных целей.

Для создания функций информационной системы новостного эфира будем использовать методологию IDEF0, которая поможет представить систему в виде упорядоченных диаграмм [3-5].

При разработке модели AS-IS первое, что нужно сделать, это создать контекстную диаграмму, которая будет описывать состояние системы и взаимосвязь с внешней средой. Контекстная диаграмма является первым звеном диаграммы IDEF0, связывая систему с объектами внешней среды, рис. 2.

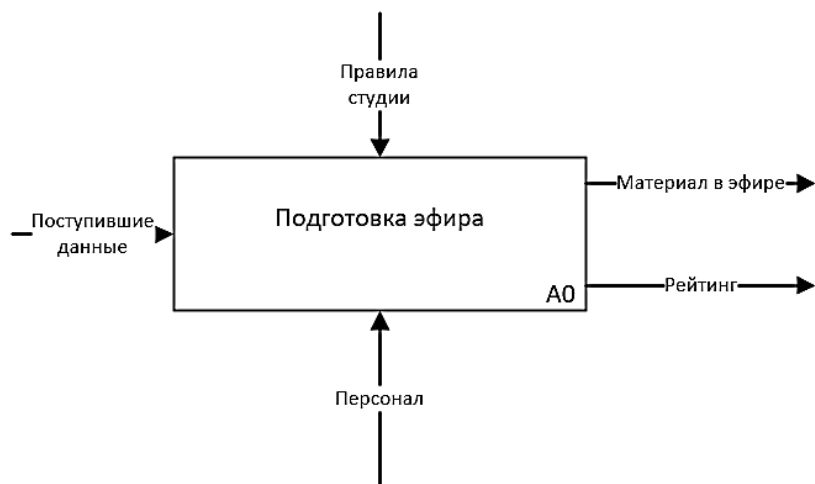


Рис. 2. Контекстная диаграмма процесса «Подготовка эфира»

На контекстной диаграмме представлена схема со стрелками, обозначающими соответственно вход, выход, управление и механизм. На вход системе подаются данные, которые впоследствии будут использованы для первоначального составления заявки. На управление идут правила студии, которые регламентируют производственный процесс. В качестве механизма в системе подготовки новостного эфира представлен персонал студии, ответственный за все этапы производства. На выход поступают готовые материалы для выхода в эфир и предполагаемый рейтинг.

После успешного формирования контекстной диаграммы, следующим шагом

будет проведение декомпозиции процесса «Подготовка эфира», где представлены отдельные стадии информационного процесса (рис. 3).

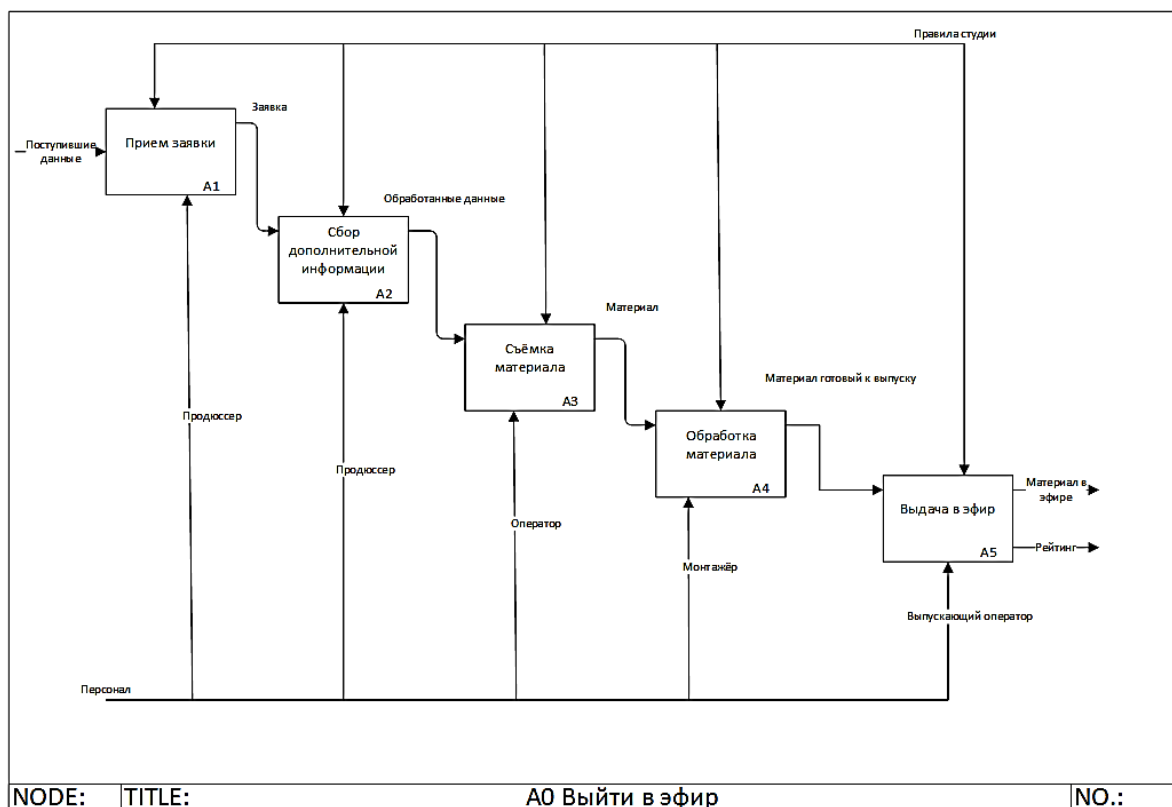


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции процесса «Подготовка эфира»

Схема декомпозиции состоит из следующих блоков:

- 1) Процесс A1 «Приём заявки», при котором системе поступает запрос, далее менеджером фиксируется заявка.
- 2) Процесс A2 «Сбор дополнительной информации», в систему добавляется информация, необходимая для полного обзора заявки.
- 3) Процесс A3 «Съёмка материала», при котором назначается персонал на съёмку, выбирается место съёмки и ведутся комбинированные съёмки.
- 4) Процесс A4 «Обработка материала», блок в котором монтажёр редактирует материалы, производит подстановку музыки и звуков, накладывает закадровый голос и текст.
- 5) Процесс A5 «Выдача в эфир», последний этап при котором из системы берут готовый материал для выдачи в новостной эфир.

Декомпозицию контекстной диаграммы можно представить в виде дерева узлов, рис. 4.

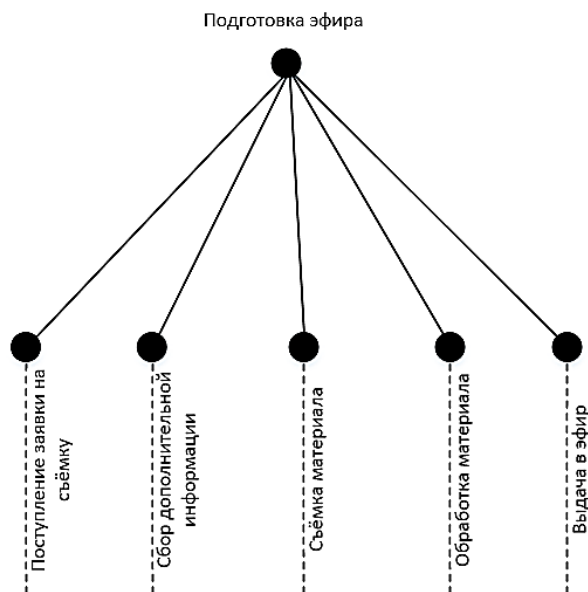


Рис. 4. Дерево узлов

После того как мы разобрали строение системы, можно перейти к следующему этапу, который сможет показать недостатки системы и пути улучшения и исправления.

При переходе от модели AS-IS к модели TO-BE нужно понять, какие элементы системы можно подвергнуть улучшению и автоматизации, для более быстрого и удобного функционирования, повысить эффективность и улучшить безопасность.

При работе с документами и файлами, которые появляются при выполнении этапов производства и выпуска новостей, возникают трудности следующего характера:

- 1) Необходимо пересылать файлы от одного производственного этапа к другому.
- 2) Необходимо согласовывать учёт по времени.
- 3) Необходимо вести учёт выполненных работ.
- 4) Необходимо подтверждать выполнение плана.
- 5) Необходима безопасная пересылка готовых материалов между работниками.

Если не создать внутри студии информационную систему, которая будет отвечать за эти факторы, наилучшей эффективности не добиться.

Для оптимизации информационного обеспечения деятельности студии можно предложить внедрение в информационный процесс системы управления базой данных. Модель TO-BE такой оптимизации представлена на рис. 5.

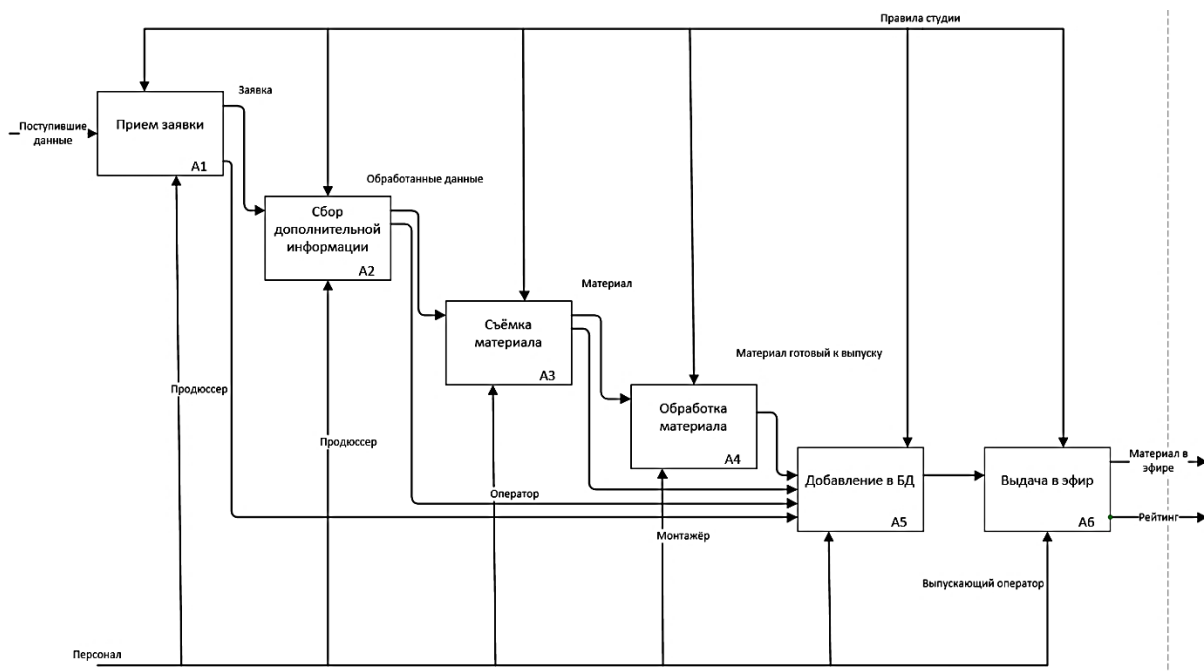


Рис. 5. Модель TO-BE процесса «Подготовка эфира»

Литература

1. Молдабаева М.Н. Автоматизация технологических процессов и производств / М.Н. Молдабаева. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 224 с.
2. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков. – М.: Либроком, Editorial URSS, 2017. – 264 с.
3. Виштак О.В. Архитектура электронного образовательного ресурса нового поколения / О.В. Виштак, В.П. Петченко // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 92-98.
4. Очкур Г.В. Реинжиниринг бизнес-процессов компании / Г.В. Очкур // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2019. – № 1(22). – С. 23-27.
5. Очкур Г.В. Модернизация локального сетевого взаимодействия общеобразовательного учреждения / Г.В. Очкур, Н.М. Акохова // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2018. – № 1(18). – С. 67-70.

Области применения дополненной реальности

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

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

Статья посвящена такому понятию в мире информационных технологий, как дополненная реальность. Особое внимание уделено анализу перспективности и актуальности развития технологий дополненной реальности. Рассмотрена практическая значимость использования передовых информационных технологий с точки зрения применения дополнительной реальности в медицине, образовании, культуре, туризме и других областях.

В настоящее время одним из направлений развития информационных технологий, определяемых федеральным проектом «Цифровые технологии» важными для социального развития и экономического роста страны, является внедрение в различные сферы жизнедеятельности человека технологий виртуальной реальности и строящихся на их базе технологий дополненной реальности [1].

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации [2]. Дополненная реальность представляет собой смешанную реальность, которая создается с помощью применения информационных технологий и, так называемых, «дополненных» элементов воспринимаемой реальности. Реальные объекты с помощью компьютера монтируются в поле восприятия.

Термин «дополненная реальность» в трактовке исследователя Рональда Азума – это система, которая:

- сочетает в себе визуальное и реальное;
- взаимодействует в реальном времени;
- работает в 3D.

Несмотря на приведение нескольких объяснений термину, данная информационная технология все равно кажется каким-то абстрактным туманным явлением в цифровом мире. Однако синонимичные выражения «обогащенная

реальность», «улучшенная реальность», «расширенная реальность» дают уже более точное понимание принципа работы и назначения дополненной реальности. AR является результатом добавления к элементам реального мира мнимых цифровых объектов, которые используются в качестве вспомогательной информации. Стоит отметить, что применение этих терминов справедливо лишь для обозначения определенных форм и аспектов практического применения дополненной реальности.

Учитывая почти безграничные возможности технологии дополненной реальности, можно с полной уверенностью говорить о влиянии AR на все сферы жизнедеятельности человека.

Большую роль в стремительном распространении дополненной реальности сыграли такие обновления, как ARKit и ARCore. Эти инструменты предоставили возможность разработчикам программного обеспечения намного легче не только интегрировать AR в уже существующие сервисы и продукты, но и создавать абсолютно новые разработки с уникальными возможностями AR.

Говоря о дополненной реальности, нельзя не упомянуть про их применение в развлекательной и игровой области. Всеми известная игра PokemonGo тому подтверждение. Многие кафе и рестораны организовывали на своих территориях покестопы.

Эмоциональное воздействие на человека посредством применения технологий дополненной реальности используется для продвижения товаров и услуг. Магазины одежды предлагают виртуальные примерочные, игры «оживляют» персонажей в домах пользователей. Стремительную популярность набирают интерактивные книги, которые позволяют посредством смартфона «оживлять» иллюстрации. Туристические компании предоставляют возможность виртуального путешествия в другие страны.

AR активно применяется в области образования. Например, AR-технологии делают возможным моделирование рабочего места какого-либо специалиста. Таким образом, ученикам будет намного легче определиться с будущей профессией и тем, что им интересно, так как они смогут посмотреть, в каких условиях работают профессионалы.

Технологии дополненной реальности позволяют создавать инструменты, выполняющие информационные и образовательные функции. Яркий пример такого продукта – разработка компанией Air New Zealand трёхмерной карты Новой Зеландии, которая помещена в оболочку захватывающей игры для всей семьи. Данная разработка предоставляет пользователю возможность проникнуться духом настоящих приключений и попутно участвовать в викторинах, посвященных новозеландской

культуре. Такой подход позволяет выполнять образовательные функции наряду с развлекательными. Происходит процесс популяризации науки среди детей и подростков. Внедрение технологий дополненной реальности в образовательный процесс позволяет обеспечить интерактивность обучения, особенно в тех предметных областях, в которых недоступно проведение экспериментов в традиционных форматах [3, 4].

Дополненная реальность выступает удобным инструментом на разнообразных предприятиях, имеющих склады с большим объемом товаров. Технология позволяет в режиме реального времени сканировать товары и заносить их в память системы. Можно сказать, что система намного эффективнее человека будет выполнять данную функцию. Как следствие, повышается эффективность обработки информации и автоматизация ее хранения.

AR-технологии позволяют коллегам поддерживать связь на расстоянии. Удаленное сотрудничество – достаточно популярная практика в крупных компаниях. Нет необходимости откладывать переговоры и решения важных вопросов по причине нахождения сотрудников в разных офисах.

Очень перспективно применение дополненной реальности дизайнерами. Применение AR позволяет специалистам увидеть, как будет смотреться дизайн в реальной жизни. Постепенно уменьшается значение чертежей и схем как способа описания дизайнерского проекта. Точная и подробная визуализация средствами дополненной реальности – вот удобный инструмент представления проекта.

Дополненная реальность обозначает новый этап в развитии средств связи. Специалисты в области AR предсказывают появление трехмерных аватаров, которые обеспечат достаточно реалистичное присутствие собеседника во время разговора.

Одной из самых важных областей, в которой применимы средства дополненной реальности, – медицина. AR-технологии позволяют осуществить доступ к необходимому месту без больших разрезов. Хирургу в таком случае точно известно, где находится проблемная область. Помимо этого, дополненная реальность позволяет моделировать тело пациента на основе КТ и МРТ исследований. Дополненная реальность делает возможным просчет рисков, что особенно важно во избежание неудачных операций.

В области навигации уже давно используется технология вывода всей необходимой информации на лобовое стекло армейских самолетов и вертолетов. Это позволяет летчику постоянно контролировать ситуацию, не отвлекаясь на приборную панель.

Дополненная реальность широко применяется в спасательных операциях. Отечественная разработка шлема для работы в задымленных помещениях – прорыв в области развития AR. Шлем позволяет специалисту определять, где находятся его коллеги, обмениваться с ними изображениями окружающей реальности, что заметно облегчает спасательные и розыскные работы. Система Rescue Assist, разработанная компанией Mercedes, предназначена для спасения пострадавших в ДТП. Разработка определяет, каким способом разрезать транспортное средство, чтобы спасти человека.

AR-технологии очень популярны в сфере культурного просвещения. Самый очевидный способ использования дополненной реальности – внедрение технологии в музеи. Теперь потребность в экскурсоводе или аудиогиде отходит на второй план. Посетителю достаточно навести смартфон на экспонат, и вся необходимая информация появится на экране. Однако, и это не все. Дарвиновский музей пошел еще дальше. В 2014 году он предложил посетителям «оживить» галапагосскую черепаху, льва, антилопу и понаблюдать за их жизнью, погладить и сделать фотографию на память [5].

Технологии дополненной реальности предоставляют разработчикам огромный функционал и почти безграничные возможности для творчества. AR-технологии – наиболее перспективное явление на информационном рынке. В настоящее время технологии дополненной реальности уже не воспринимаются, как развлекательные средства. Выполняя образовательные функции, дополненная реальность выступает популяризатором науки среди молодого поколения, так как в век повсеместной информатизации требуются специальные методы обучения и предоставления информации [6].

Перед разработчиками AR стоит задача встраивать в свои приложения «умные» функции. Одним из самых перспективных направлений таких разработок является компьютерное зрение. Компьютерное зрение позволяет устройствам идентифицировать и маркировать объекты в поле зрения пользователя. Планируется появление алгоритмов машинного обучения, которые сделают эти функции более технологичными.

Фильтры таких популярных приложений, как Snapchat и Instagram, представляют собой смесь технологии искусственного интеллекта и дополненной реальности. С течением времени популярность таких функций только растет.

Актуальным направлением развития дополненной реальности является создание мобильного браузерного AR и его активного внедрения в разнообразные сферы жизни человека. Прежде всего, уклон разработчиков приложений, использующих функции дополненной реальности, в сторону развития именно браузерной AR можно объяснить

с практической точки зрения. Пользователям не придется загружать на устройство новое приложение. Браузерная дополненная реальность предоставляет возможность гораздо большего контроля за маркетингом и распространением продуктов AR-разработчиками.

Дополненная реальность не переносит человека в виртуальный мир. AR позволяет в окружающую действительность перенести что угодно. Дополненная реальность меняет мир в режиме реального времени. Благодаря созданию возможностей для осуществления множества разнообразных функций, AR становится все более популярной и повсеместно применяемой технологией.

Литература

1. Журавлев А.Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение: учебник для вузов / А.Е. Журавлев, А.В. Макшанов, А.В. Иванищев. – СПб.: Лань, 2020. – 392 с.

2. Перспективы AR: зачем дополнять реальность. [Электронный ресурс] URL: https://geekbrains.ru/posts/future_of_ar (дата обращения: 25.11.2020).

3. Виштак Н.М. Возможности визуализации в представлении учебной информации / Н.М. Виштак, Ю.А. Кох // 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. 64-69.

4. Виштак Н.М. Интерактивность как базовая характеристика электронных образовательных ресурсов нового поколения / Н.М. Виштак, Ю.А. Кох // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 72-81.

5. Рябенков Р.А. Искусственный интеллект и его потенциал / Р.А. Рябенков, И.В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 229-233.

6. Виштак О.В. Использование техники дополненной реальности в обучении студентов технических направлений // О.В. Виштак, М.В. Фролов / Сборник трудов научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 58-59.

Моделирование информационных процессов библиотеки вуза

Мураев Ислам Ихсакович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена анализу информационных процессов, протекающих в библиотеке вуза на основе методологии функционального моделирования. Результаты внедрения автоматизированной информационной системы в деятельность библиотеки, представлены в виде диаграммы ТО-ВЕ.

Библиотека – это учреждение, собирающее и осуществляющее хранение множества книг, энциклопедий, журналов и других видов произведений печати.

Несмотря на то, что библиотеки изначально считались местом хранения книг, библиотечные собрания постоянно включали в себя самые разнообразные материалы. Вместе с хранением традиционных материалов происходило и накопление документов новых форматов. Самые первые библиотеки включали в себя глиняные таблички и папирусы. Со временем им на замену пришли рукописи, после создания станка для печати основной формой хранения знаний и информации стали книги. Таким образом, библиотеки постепенно превратились в хранилища печатных изданий, но, тем не менее, первоначальные форматы также продолжают существовать в центральных библиотеках страны. Не смотря на век цифровых технологий, книги продолжают существовать и являются для многих основным способом получения информации [1].

С момента появления библиотек их основными функциями являются сбор, хранение, передача и поиск информации. Существует следующие виды библиотек:

- национальные библиотеки;
- библиотеки высших учебных заведений;
- крупные и крупнейшие универсальные общедоступные библиотеки;
- учебные библиотеки;
- массовые общедоступные библиотеки.

Читатель библиотеки – это лицо, пользующееся библиотекой на основании

официальной записи в установленных документах. Основопологающий смысл этого понятия для библиотековедения состоит в том, что читатель является главным объектом деятельности любой библиотеки. В более широком и юридическом смысле читатель библиотеки – это пользователь библиотеки, то есть физическое или юридическое лицо, пользующееся библиотекой.

Библиотекарь является основой взаимодействия всех элементов библиотеки, реализации их социального содержания. Свои функции организатора взаимодействия, превращения неподвижной, пассивной массы книг в живой организм библиотекарь может эффективно реализовать через изучение читателей и анализ читательского спроса [2]. Взаимодействие библиотекаря с читателем всегда происходит в материальной среде, которая включает в себя помещения, оборудование, мебель.

Работа многих библиотек в настоящее время автоматизирована, то есть автоматизированная информационная система, позволяющая отслеживать библиотечные фонды от их заказа и приобретения до выдачи посетителям библиотек, становится одним из базовых компонентов библиотечной деятельности.

Но библиотеки учебных заведений не достаточно автоматизированы, поэтому для проектирования и разработки автоматизированной информационной системы библиотеки проводим моделирование информационных процессов, протекающих в библиотеке с точки зрения студента в рамках процесса обучения и практического применения автоматизированной библиотечной информационной системы, для чего оптимально применение методологии функционального моделирования IDEF0 [3, 4]. Эта методология позволяет представить процессы в виде иерархии упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм.

Первым этапом разработки модели AS-IS, описывающей текущее состояние системы, является составление контекстной диаграммы. Контекстная диаграмма, находящаяся на вершине иерархии диаграмм IDEF0 и отображающая отношение системы с внешней средой, приведена на рис. 1.

Процесс «Библиотечное обслуживание» сводится к оказанию двух услуг: ведение каталога книг, ведение каталога читателей.

Ведение каталога книг выполняется для книг на основе нормативных документов. Выходом данной работы являются книги, зарегистрированные в библиотеке.

Ведение каталога читателей выполняется на основе нормативных документов. Выходом данной работы являются читатели, зарегистрировавшиеся в библиотеке.

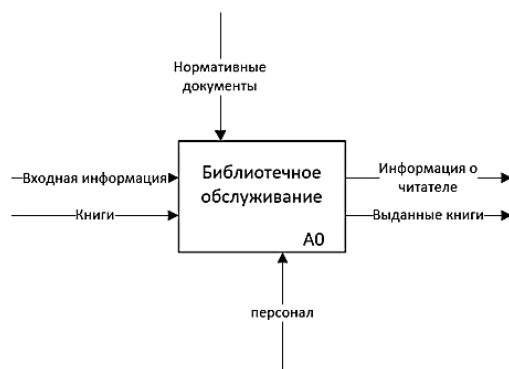


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Библиотечное обслуживание»

Декомпозиция диаграммы производится по процессу ведения каталога читателей, в который входят сбор сведений, проверка сведений, создание учетной записи, принятие запроса на книгу, предоставление книги. Все процессы регламентируются нормативными документами. Выходом данной работы являются выданные книги и информация о читателях (рис. 2).

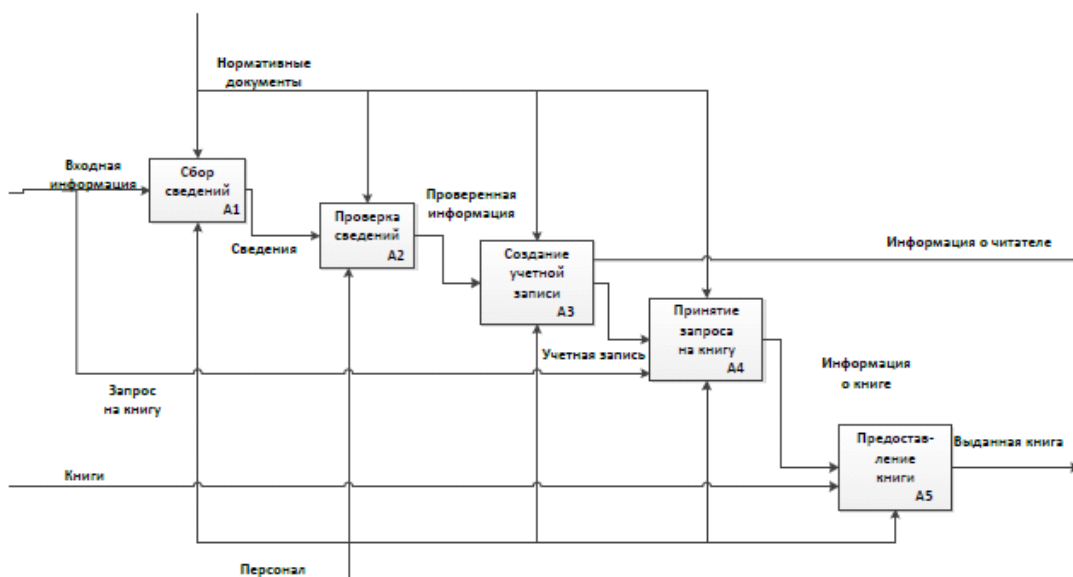


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции функции «Библиотечное обслуживание – ведение каталога читателей»

Декомпозиция процесса ведения каталога книг, в который входят проверка книги, формирование сведений о книге, определение книги в библиотеку, приведена на рис. 3.



Рис. 3. Диаграмма декомпозиции функции «Библиотечное обслуживание – ведение каталога книг»

Анализируя результаты моделирования процессов, протекающих в библиотеке, можно выявить недостатки в работе библиотеки, применение к которым современных средств автоматизации и информатизации позволит ускорить выполнение отдельных процессов, добиться большей безопасности и повысить эффективность работы. При изучении процессов выдачи и возврата книг было выявлено, что это требует непосредственного присутствия читателя, что в условиях, например, дистанционного обучения, усложняет процесс получения книги. Поэтому рекомендацией по упрощению данного процесса является внедрение возможности электронной выдачи книг, позволяющей читателю заимствовать литературу в электронном формате без прямого нахождения в библиотеке. Диаграмма декомпозиции TO-VE, описывающая процесс после его оптимизации, представлена на рис. 4.

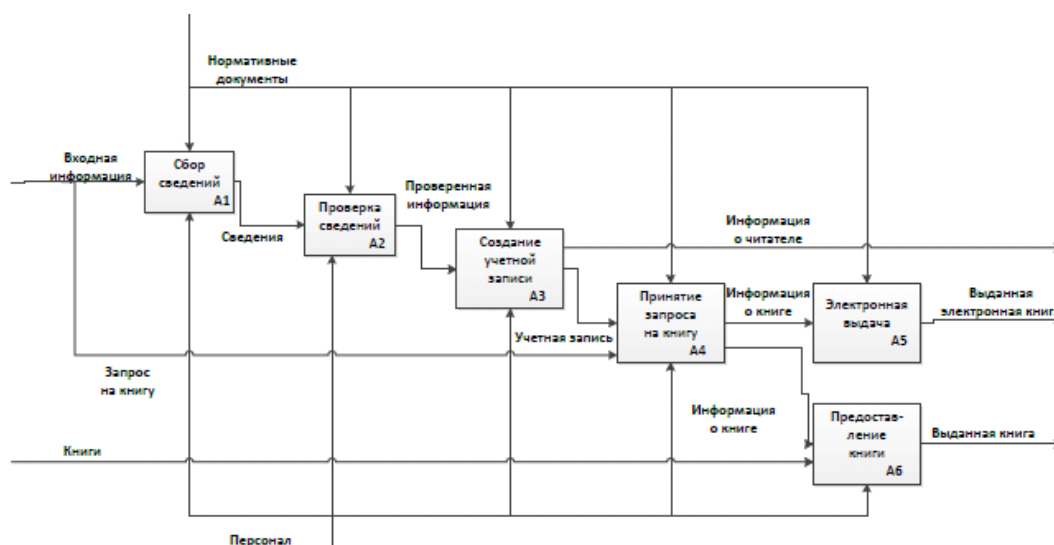


Рис. 4. Модель TO-VE процесса «Библиотечное обслуживание – ведение каталога читателей»

Таким образом, внедрение системы электронной выдачи книг позволит избегать неприятных ситуаций, связанных с затруднением посещения библиотеки, а также будет способствовать расширению числа книг и отсутствию наносимого вреда внешнему виду литературы.

Литература

6. Алешин Л.И. Библиотекведение. История библиотек и их современное состояние: учеб. пособие / Л.И. Алешин – М.: Форум, Инфра-М, 2015. – 240 с.

7. Кипарисов Ф. Библиотека современного читателя / Ф. Кипарисов. – М.: Книга по требованию, 2012. – 595 с.

8. Очкур Г.В. Модернизация локального сетевого взаимодействия общеобразовательного учреждения / Г.В. Очкур, Н.М. Акихова // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2018. – № 1(18). – С. 67-70.

9. 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.

УДК 004.932

Разработка Android-приложения для определения расстояния между объектами

Наранович Оксана Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры

«Информационные технологии и физико-математические дисциплины»;

Шапович Евгений Геннадьевич, магистр технических наук, старший преподаватель

кафедры «Информационные технологии и физико-математические дисциплины»;

Павлович Владислав Сергеевич, студент специальности

«Информационные системы и технологии»

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,

г. Барановичи, Республика Беларусь

С увеличением доступности мобильного интернета все большей популярностью стали пользоваться мобильные приложения. Они позволяют решать огромный спектр пользовательских задач. Данная статья посвящена разработке Android-приложения для измерения расстояний и размеров объектов, с использованием технологии дополненной реальности.

Дополненная реальность (AR – Augmented Reality) – это технология, позволяющая накладывать информацию поверх изображения реального мира.

Например, компания Amazon применяет AR для проверки социального дистанцирования своих работников. В самых людных местах офиса установлены мониторы, на которые транслируются изображения из закреплённых тут же камер наблюдения. Вокруг каждого человека дорисовывается круг безопасного диаметра, и, если люди находятся слишком близко, круги вокруг них становятся красными. Во всех остальных случаях они зелёные. Кроме того, AR используют в образовании, авиационной и автомобильной промышленности, машиностроении, туризме, прессе, музейном деле и других сферах [1].

Целью данного исследования является разработка пользовательского программного приложения для мобильных устройств под управлением операционной системы Android, предназначенного для определения расстояния между объектами.

Приложение должно обрабатывать ошибки и надёжно функционировать на смартфоне. Для реализации приложения была выбрана интегрированная среда разработки приложений Android Studio и язык программирования Java.

Android Studio – новая и полностью интегрированная среда разработки приложений, выпущенная компанией Google для операционной системы Android. Данный продукт призван снабдить разработчиков новыми инструментами для создания приложений, а также предоставить альтернативу Eclipse, являющейся в настоящее время наиболее популярной средой разработки [2].

В данной задаче требуется определить расстояние между объектами. Для построения математической модели введем следующие переменные:

- x_1 и y_1 – начальные координаты;
- x_2 и y_2 – конечные координаты;
- $A(x_1; y_1)$ – начальная точка прямой;
- $B(x_2; y_2)$ – конечная точка прямой;
- l – прямая от точки А до точки В;
- l_m – шаблонная длина в пикселях;
- l_u – искомая длина в пикселях;
- S_c – масштаб в метрах (известная величина).

Расстояние между точками А и В можно рассчитать по формуле:

$$AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, \quad (1)$$

По формуле (1) также можно рассчитать длины $l_{ш}$ и l_u , но все данные имеют пиксельное значение, а для нашей задачи требуется перевести их в метры.

Перевод из одной единицы измерения в другую осуществляется по формуле:

$$n_{иск} = t \times n_{исх}, \quad (2)$$

где $n_{исх}$ – число с исходной единицей измерения; $n_{иск}$ – число с искомой единицей измерения; t – коэффициент умножения.

Коэффициенты умножения при переводе единиц измерения:

- перевод из метров в сантиметры ($t = 100$);
- перевод из метров в миллиметры ($t = 1000$);
- перевод из метров в футы ($t = 3,281$);
- перевод из сантиметров в метры ($t = 0,001$);
- перевод из миллиметров в метры ($t = 0,01$);
- перевод из футов в метры ($t = 0,3048$).

Значение искомой длины L_u рассчитаем по формуле:

$$L_u = \frac{l_u \times S_c}{l_{ш}}, \quad (3)$$

Площадь круга S_k находим по формуле:

$$S_k = \frac{\pi \times D^2}{4}, \quad (4)$$

где D – диаметр круга.

Площадь треугольника s_m рассчитаем по формуле:

$$S_m = \sqrt{p \times (p - a) \times (p - b) \times (p - c)}, \quad (5)$$

где a , b и c – стороны треугольника; p – полупериметр.

Площадь четырехугольника S_q находим по формуле:

$$S_q = \frac{d_1 \times d_2}{2} \times \sin(\alpha), \quad (6)$$

где d_1 и d_2 – диагонали четырехугольника; α – угол между диагоналями.

Далее по теореме косинусов выражаем косинус угла, образованный между диагоналями. Формула нахождения косинуса угла:

$$\cos(\alpha) = -\frac{a^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_2}{2}\right)^2}{2 \times \frac{d_1}{2} \times \frac{d_2}{2}}, \quad (7)$$

где a – сторона, противолежащая углу α .

С помощью тригонометрического тождества выражаем и находим $\sin(\alpha)$ по формуле:

$$\sin(\alpha) = \sqrt{1 - \cos^2(\alpha)}, \quad (8)$$

Теперь все данные известны и можно находить площадь четырехугольника S_4 по формуле (6) [3].

Таким образом, для решения данной задачи необходимо найти шаблонное расстояние по формуле (1), далее с помощью известной величины масштаба находим и переводим в метры искомое расстояние по формуле (3). По формуле (4) можно найти площадь круга, по формуле (5) можно найти площадь треугольника с разными сторонами и по формуле (6) можно найти площадь четырехугольника с разными сторонами.

Согласно данной математической модели было разработано приложение для определения расстояния между объектами. Приложение использует камеру телефона.

После запуска приложения, пользователю дается возможность, по нажатию на кнопку открыть камеру и сделать фотографию объекта. Далее приложение предлагает выбрать опорные точки объекта, длину которого мы знаем. Приложение предлагает выбрать точки, между которыми требуется измерить расстояние. Нажимаем на кнопку «ОК» и вводим исходную длину. Но если же какая-либо точка была не выставлена, то приложение оповестит об этом. После нажатия на кнопку «ОК» открывается окно для ввода длины между опорными точками и выбора единицы измерения, как для входного, так и для выходного значений. По нажатию на кнопку «ОК» приложение выведет результат искомой длины, а также площади круга, так как это может быть и диаметр. Вывод результата осуществляется в той единице измерения, которая указана при вводе данных. Приложение может переводить и в иные единицы измерения: метры, сантиметры, миллиметры, футы, ярды и дюймы.

Помимо нахождения длины и площади круга, приложение может находить площади треугольника и четырехугольника.

Основное применение приложения – строительство и ремонт. С помощью данного приложения можно с лёгкостью измерить размеры дверного проёма (рис. 1),

или оконного блока (рис. 2), что существенно сокращает время, по сравнению с использованием строительной рулетки.

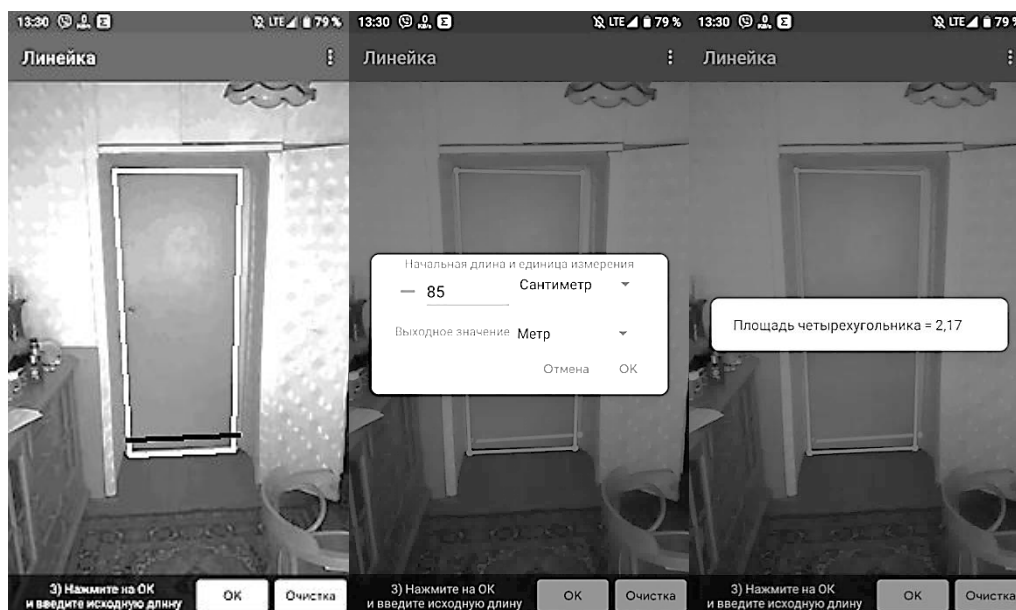


Рис. 1. Пример измерения дверного проема

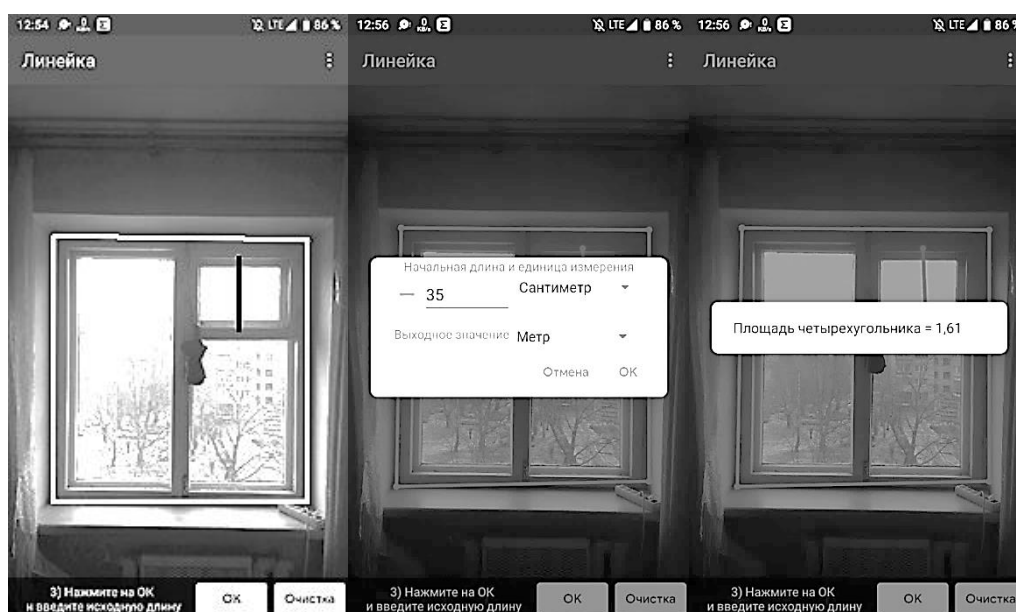


Рис. 2. Пример измерения оконного блока

Таким образом, было разработано Android-приложение, которое позволяет определять расстояние между объектами, а также площадь объектов. Приложение выполнено с использованием современных технологий разработки. Интерфейс программного продукта удобен для использования и не вызовет каких-либо затруднений в работе.

Литература

1. Мартынов В.И. Зона Opus Posth или рождение новой реальности / В.И. Мартынов. – М.: Классика-XXI, 2019. – 288 с.
2. Дейтел Х. Android для разработчиков. – 3-е изд. / Х. Дейтел, А. Уолд, П.Д. Дейтел. – СПб.: Питер, 2016. – 512 с.
3. Потапов М.К. Алгебра, тригонометрия и элементарные функции / М.К. Потапов. – М.: Высшая школа, 2001. – 586 с.

УДК 004.031.2

Интернет вещей как приоритетное направление развития цифровых технологий

Панкратов Алексей Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

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

Статья посвящена вопросам развития технологии «интернет вещей». Рассматривается влияние интернета вещей на бизнес-компании и возможные изменения в структуре бизнеса при использовании этой технологии. Предоставлены преимущества и недостатки интеграции ИВ-систем в структуру бизнеса. Проведён анализ рынка умных устройств и даны прогнозы на развитие этой сферы.

В настоящее время данные приобретают все большую ценность, а вместе с ними и их сбор, хранение, обработка и передача, а также последующее использование. Поэтому для облегчения вышеуказанных процессов необходимо внедрение систем информационных технологий во все сферы жизни людей. Несколько десятилетий назад компьютеры были единственным, что в теории могло быть подключено к интернету. Но, со временем, технологии сильно шагнули вперед и всё чаще можно заметить, что самые привычные вещи, с которыми мы взаимодействуем в повседневной жизни, имеют доступ к интернету. Они подключаются к интернету для доступа и обмена данными и часто без участия людей, что привело к появлению такого термина, как «интернет вещей».

Интернет вещей или ИВ – это технология, которая интегрирует устройства в компьютерную сеть и позволяет им собирать и анализировать, обрабатывать и

передавать данные в другие объекты с помощью программного обеспечения, приложений и аппаратного обеспечения. Другими словами, такие устройства обмениваются данными, как в проводной, так и в беспроводной сети. Важно отметить, что инфраструктура этих устройств представлена сочетанием аппаратного, программного обеспечения и средств связи. Как правило, ИВ-системы состоят из сети устройств («умных устройств») и облачной платформы (или облачного хранилища), к которой они подключены. Первый шаг – это сбор и анализ данных, а затем собранные данные будут отправлены в облако. В настоящее время интернет вещей используется во многих сферах человеческой деятельности: бизнесе, здравоохранении, промышленности, транспорте и т. д. Кроме того, внедрение этой технологии позволяет повысить качество жизни человека за счет создания интеллектуальных сервисов, таких как «Умный дом», «Умный город».

Справедливо отметить, что ИВ-технологии всё ещё находятся на своем пути к развитию, но уже начали трансформировать структуру бизнеса. Эта технология влияет не только на небольшую часть бизнеса, но и распространяется на такие отрасли, как транспорт, производство, энергетика и здравоохранение. Параллельно этому технология также развивается и в области бытовых и электрических приборов (телевизоры, кондиционеры, электрические чайники, лампы, пылесосы и т. д.) [1]. Всё это говорит о том, что интернет вещей уже плотно вошёл в нашу жизнь, а в дальнейшем способен кардинально изменить наш образ жизни.

Самый заметный эффект влияния интернета вещей состоит в том, что он кардинально изменяет способ общения людей, то, как собирается и передаётся информация. Поэтому такая технология является особенно привлекательной для корпораций, где самой ценной считается достоверная информация о своих клиентах. Как следствие, это приводит к плавной перестройке политики таких компаний и их взаимосвязи со своими клиентами.

До появления интернета вещей компании полагались на другие сборы информации: опросы, мнения экспертов, математическое моделирование и прогнозы. Все эти способы работали, но никогда не были полностью достоверными. С внедрением интернета вещей в бизнес произошли кардинальные изменения в том, как компании обрабатывают сбор и обмен данными [2]. ИВ-устройства используются для отслеживания и записи данных с устройств клиентов, совершенствуя и делая их ещё умнее. Система интернета вещей использует различные гаджеты, расположенные таким образом, что они могут собирать огромное количество данных о повседневной жизни людей, их предпочтениях и местах, которые они посещают. Конечная цель – создание

наилучшего пользовательского опыта для будущего использования сервисов конкретной компании потенциальными потребителями. Сбор данных может быть использован для анализа цикла покупателей, требований клиентов, для будущих улучшений самой системы, маркетинга и рекламы (включая персонализированную рекламу). Другими словами, чем больше данных собирается и поступает в базы данных компании, тем лучше они могут работать с клиентами и тем быстрее они могут развиваться. Более эффективное управление и правильное использование полученной информации приводит к сокращению потерь времени и уменьшению затрат.

На предприятии интернет вещей может использовать удалённые сканеры, чтобы отслеживать запасы продукции. Технология помогает повысить операционный контроль на производстве за счет сбора информации в режиме реального времени непосредственно от производственных линий до распределительного центра и транспортных средств [3]. Кроме того, эта технология может быть применена непосредственно к управлению запасами, что приведет к уменьшению использования рабочей силы и количества нанятых сотрудников в процессе производства.

Следует отметить, что с внедрением такой технологии взаимодействие людей будет уменьшаться. Автоматизация является неотъемлемой частью любого процесса для повышения производительности бизнеса, так как любая информационная система является намного более слаженной и продуктивной, но также она означает сокращение вероятности вмешательства человека, когда оно может быть необходимо.

Как и любое другое изобретение, интернет вещей имеет свои недостатки. Самый заметный эффект от использования интернета вещей – это потеря значительной части конфиденциальности и отсутствие возможности сохранять полную приватность. Данные о человеке всегда будут находиться в сети и ими будут пользоваться. Причём, крайне сложно узнать: в хороших или плохих целях. В современном технологическом мире все мы используем устройства, подключенные к интернету, поэтому уязвимость инноваций заключается в том, что собранные данные могут подвергнуться утечке и затем будут использованы злоумышленниками. Аналогичным образом, личная или конфиденциальная информация клиентов также может быть взломана. Другими минусами являются: лишение работы тысяч людей, сложность внедрения и контролирования работы ИВ-систем и сильная зависимость от них [1].

Ещё один недостаток связан не с бизнесом, а скорее с рабочими и их условиями. Как уже упоминалось ранее, автоматизация рабочего потока позволит снизить вовлеченность человека, что приведёт к ситуации, где управление системой производится небольшим количеством людей, которые могут даже не контактировать

друг с другом. Такое рабочее место будет ощущаться изолированным и пустым и может повлиять на развитие или усугубление потенциальных психологических проблем, а также будет мешать социализации людей. Пока для одной части общества и их друзей интернет вещей сильно облегчает жизнь и делает её удобнее и комфортнее, работники, контролирующие весь процесс, наоборот, отдаляются от общества.

Последняя проблема – это сложность и зависимость всей структуры бизнеса от этой технологии. Внедрение ИВ-системы в бизнес может иметь некоторые трудности, связанные с совместимостью, необходимостью новых программ и приложений, а чаще – изменением и полной перестройкой всей структуры бизнеса. Поэтому присутствует некий риск в выборе данной технологии и зависимость от этого выбора.

Если рассматривать статистику, то по прогнозам, к 2022 году мировые расходы на систему интернета вещей составят около 1 трлн долларов США. Мировые расходы на эту технологию распределены следующим образом: в 2018 году – 646, а в 2019 – 726 миллиардов долларов США. Большая разница между 2018-2019 и 2019-2023 годами обуславливается тем, что внедрение технологии 5G будет стимулировать рост рынка в последующих годах. По данным, собранным в 2019 году, наибольшие инвестиции в области интернета вещей пришлось на следующие направления [4]:

- производственные операции
- управление производственными активами;
- технологии для «умного дома»;
- мониторинг грузоперевозок.

Наблюдая за статистикой проданных и используемых ИВ-устройств (рис. 1), можно сказать, что количество установленных ИВ-устройств будет увеличиваться с каждым следующим годом [5].

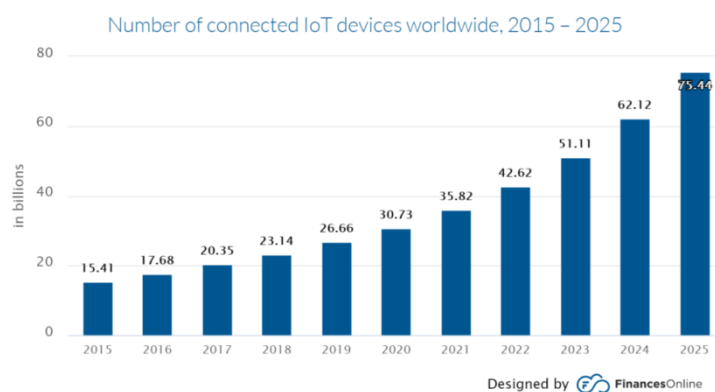


Рис. 1. Количество установленных ИВ-устройств (по прогнозам Finances online, 2020 год)

В России развитие интернета вещей и, в частности, промышленного интернета,

является одним из приоритетных направлений развития цифровых технологий. В дорожной карте развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии» ставятся задачи к 2024 году не менее 70 % предприятий приоритетных отраслей промышленности оснастить системами, обеспечивающими получение данных с оборудования в режиме реального времени [6].

В заключение следует отметить, что рассматриваемая новая технология интернета вещей может сильно изменить способы работы бизнес-компаний разных масштабов и работающих в различных отраслях. Очевидно, что эта технология повлияет не только на бизнес, но и на все остальные сферы жизни, влияние на которые еще предстоит изучить. По мере появления новой технологии всегда нужно быть готовым и уметь адаптироваться к большим переменам. И в случае интернета вещей, эта, и так широко применяемая технология, будет развиваться дальше, и охватывать все больше и больше областей путем их реструктуризации и, как следствие, улучшения.

Литература

1. Интернет вещей. [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9 (дата обращения: 11.12.2020).
2. Виштак Н.М. Системы взаимодействия участников учебного процесса / Н.М. Виштак, М.И. Калистратов // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 181-185.
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». – Саратов: Изд-во ООО СПО «Лоди» 2017. – С. 669-674.
4. Промышленный интернет вещей как базис экономического роста. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5451021-Promyshlennyj-internet-veshhej-kak.html> (дата обращения: 11.12.2020).
5. Number of Internet of Things (IoT) Connected Devices Worldwide 2020: Breakdowns, Growth & Predictions. [Электронный ресурс] URL: <https://financesonline.com/number-of-internet-of-things-connected-devices/> (дата обращения: 11.12.2020).

6. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». – Москва, 2019. – 50 с.

УДК 377.1

**Информационно-коммуникационные технологии в курсе химии:
дидактический подход**

Петров Валерий Иванович, заслуженный работник высшей школы РФ,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая химия»;

Ананьева Елена Алексеевна, кандидат химических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Щербина Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Наговицына Ольга Андреевна, старший преподаватель кафедры «Общая химия»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ», г. Москва

В работе рассматриваются перспективные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в обучении по химии – одной из естественно-научной дисциплин образовательной программы бакалавриата и специалитета инженерно-физического профиля.

На современном этапе развития педагогики высшей школы речь идёт о новом наполнении традиционных дидактических принципов [1-3]. Среди важнейших отметим принципы ведущей роли теоретических знаний; стимулирования и мотивации положительного отношения обучающихся к учению; проблемности; соединения коллективной учебной работы с индивидуальным подходом в обучении; сочетания абстрактности мышления с наглядностью; ориентированности обучения на активность личности.

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) как комплекс методов и программно-технологических средств для целевого использования информации позволяют эффективно решать указанные задачи, творчески использовать информацию, развивать системное мышление, познавательную деятельность и индивидуализацию учебного процесса при сохранении его целостности. Они

значительно повышают качество обучения и способствуют быстрому освоению необходимых знаний, умений и компетенций [2-4].

НИЯУ МИФИ одним из первых вузов в РФ разработал систему применения ИКТ в образовании [4] в целях обеспечения систематичности применения полученных знаний для решения конкретных практических задач; регулярности взаимодействия обучающихся с обучающими, а также друг с другом; модульности построения учебного материала; систематичности контроля успешности обучения.

Кафедра «Общая химия», имея давние традиции соблюдения этих принципов, активно включилась в освоение ИКТ, начав с создания электронного учебника [5] и встраиваясь в онлайн-систему постепенно и последовательно.

Функциональные возможности системы с самого начала включали: публикацию учебных материалов; электронную доставку их учащимся; создание контролирующих материалов с автоматической проверкой; создание заданий в рабочих тетрадях; использование адаптивных технологий; проектное обучение (форумы, семинары); проведение консультаций и дискуссий; мониторинг деятельности учащихся.

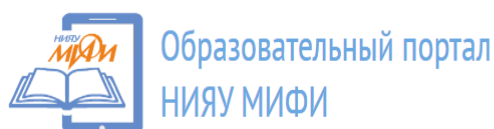
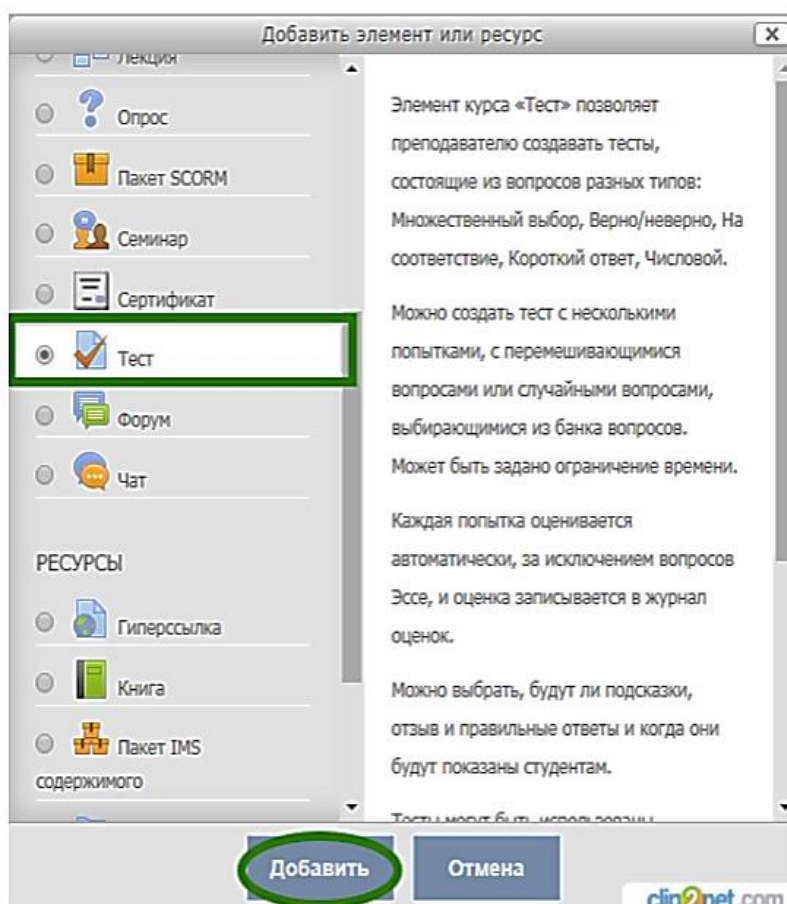
В университете создан корпоративный образовательный портал, подобраны в комплекте учебные электронные элементы: контролирующие (рабочая тетрадь, опрос, пакет, семинар); коммуникативные (форум, чат, электронная почта); информационные (основной ресурс в виде контента курса и файлов, а также веб-страница, ссылки на каталоги и пояснения; глоссарий). В обучающей системе университета налажены коммуникативные технологии. Форум-место, где происходит обсуждение темы за определённый период времени. Подписавшись на форум, участник получает копии сообщений и оценки на свою электронную почту. Обсуждение в реальном времени проводится в чате, а вэб-элемент позволяет управлять обсуждением и просматривать их. Дискуссия может быть в виде простого обсуждения, стандартного общецелевого, однотемного и типа «вопрос-ответ». На форум, естественно, требуется предварительно подписаться. Настройку форума и чата можно редактировать.

К настоящему времени кафедрой расширена сфера применения тестовых и видео-технологий, обратной связи, внедрены облачные системы. Мониторинг деятельности студентов предусматривает доступ; сбор и анализ результатов; формирование рейтинга учащихся; отчеты о деятельности учащихся.

Масштабность использования процедуры тестирования, которую мы ввели в учебный процесс, объясняется, на наш взгляд, целым рядом ее достоинств: возможностью разностороннего индивидуального подхода к пониманию того или иного химического явления: объективностью и оперативностью оценки; простотой и

доступностью тестирования; пригодностью результатов для компьютерной обработки и статистических методов оценки; конкретностью и непосредственной практической направленностью.

При разработке курса химии нами выбраны соответствующие коммуникационные элементы, а также методика формирования разнообразных тестов, сочетания офлайн- и онлайн-обучения, оценки знаний и навыков, подобрана конфигурация общего портала курса (рис. 1).



[В начало](#) ▶ [Курсы](#) ▶ [Кафедра общей химии](#) ▶ [Общая химия](#) ▶ [Настройка записи на курс](#)

[Настройка записи на курс](#)

[Общая химия](#)

Рис. 1. Коммуникационные элементы курса химии

Многолетний анализ эффективности ИКТ показал положительный результат в освоении студентами важнейших понятий дисциплины «Общая химия». Первоначально онлайн-курс осваивало небольшое количество студентов-энтузиастов,

желающих совершенствоваться в рамках факультатива. Позднее курс был рекомендован студентам с недостаточными знаниями по ряду разделов для получения допуска на зачёты и экзамены. Была проведена студенческая телеконференция, на которой убедительно показано, что курс не уступает аналогичным курсам ведущих университетов мира на известных обучающих платформах Coursera, edX, Universarium, а по глубине проработки некоторых важнейших глав является уникальным. К настоящему времени онлайн-курс по главам внедрен в учебный процесс по всем специальностям и направлениям и действует во всех случаях применения дистанционного обучения (рис. 2).

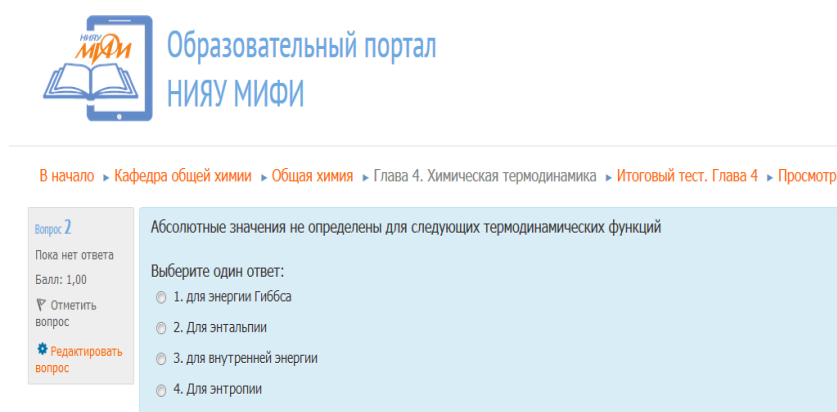


Рис. 2. Визуализация итогового тестового задания по главе «Химическая термодинамика»

С помощью значительного расширения круга вопросов по каждой теме с применением ИКТ решаются задачи на улучшение понимания явлений. Индивидуализация рассмотрения того или иного явления позволяет объединить знания и более успешно подводить итоги эксперимента в лаборатории и проводить коллоквиумы на сложные, многогранные темы – такие, как строение вещества, энергетика химических процессов, электрохимические системы.

Таким образом, комплекс программно-технологических методов с применением современных ИКТ помогает и преподавателям, и студентам эффективно провести учебный процесс по курсу «Общая химия», осуществляет личностно-деятельностное обучение при соблюдении традиционных дидактических принципов.

Литература

1. Maddax C.D. Information technology in education. The need for a critical examination / C.D. Maddax, D.L. Johnson // Computers in the Schools. – 2009. – № 26(1). – Pp. 1-3.

2. Виштынецкий Е.И. Вопросы информационных технологий в сфере образования и обучения / Е.И. Виштынецкий, А.О. Кривошеев // Информационные технологии. – 2008. – № 2. – С. 32-37.

3. Елисеев В.А. Теоретические основы фундаментальной естественно-научной подготовки студентов технического вуза в условиях использования информационных технологий: автореф. дисс. ... д-ра пед. наук (13.00.08 – Теория и методика профессионального образования) / В.А. Елисеев. – Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, 2007. – 343 с.

4. Гусева А.И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.И. Гусева, В.С. Киреев – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.

5. Общая и неорганическая химия. Часть 1: Электронный интерактивный учебник / Е.А. Ананьева [и др.]. – М.: НИЯУ МИФИ. [Электронный ресурс] URL: <https://lms.mephi.ru/09> (дата обращения: 20.12.2020).

УДК 377.1

Опыт применения ИКТ в цикле

«Основные закономерности химических процессов»

Петров Валерий Иванович, заслуженный работник высшей школы РФ,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая химия»;

Глаголева Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Месяц Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Наговицына Ольга Андреевна, старший преподаватель кафедры «Общая химия»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный

университет «МИФИ», г. Москва

В работе рассматривается перспективность онлайн-цикла по основным закономерностям химических процессов. Цикл предназначен для студентов, желающих совершенствовать знания по важнейшему разделу химии, а также для отстающих в учебном процессе. В экстремальных случаях, подобных ковидной пандемии, является полезным ресурсом студента и преподавателя.

Основные заказчики специалистов в высокотехнологических отраслях экономики постоянно решают проблемы на стыке наук и поэтому нуждаются во взаимопонимании в своей среде, в том числе в том, чтобы инженерные и научные кадры обладали основами химических знаний. К сожалению, студент, мотивированный на физико-математические науки, нередко с трудом осваивает современные химические знания. Это отчасти связано с недостаточным оснащением курса эффективными педагогическими технологиями, которые могли бы помочь обучающимся получить необходимые знания и навыки в сжатое время, но в достаточном объеме. В этой связи весьма актуально применение информационно-телекоммуникационных технологий (ИКТ), осваиваемых в НИЯУ МИФИ на современном уровне [1]. Рассмотрим это внедрение на примере обучения по одному из важнейших разделов химии «Основные закономерности химических процессов». Раздел важен для понимания многих физико-химических, физико-технических и технологических процессов.

Ранее на кафедре действовала традиционная дидактическая система, опирающаяся в основном на тесты конструирования [2, 3]. При этом некоторые важные понятия, например, механизм и направление сложных реакций, смещение равновесия, оставались, на наш взгляд, недостаточно проработанными, что вызывало трудности в усвоении. С помощью ИКТ мы резко усилили индивидуализацию обучения, ввели большое количество закрытых тестов с альтернативными ответами. Эти тесты разносторонне трактовали важнейшие определения и закономерности, для их решения требовалось углублённое понимание явления. Остальные тесты, их менее половины, развивали навыки решения прикладных задач, для решения можно было воспользоваться рекомендованными алгоритмами. Оставив в учебном процессе в основном такие формы, как лекция, практическое занятие, групповое упражнение, семинар, мы ориентировали на активизацию познавательной деятельности обучающихся. Ввели также в практику лекции-консультации, семинар-диспут, телеконференции.

С использованием современных технических средств в систему онлайн-обучения загружено электронное учебное пособие, тесты обучения и контроля знаний, визуальная информация: демонстрации опытов и видеофрагментов химических явлений. Предусмотрены формы взаимодействия с обучаемым и доступные коммуникационные средства, связь с очным лабораторным практикумом.

Тема настоящей работы классическая в фундаментальной науке, однако, в системе электронного образования в целостном содержании относительно новая. Известно несколько онлайн-курсов, действующих на известных платформах типа edX,

coursera, mit.edu [4-8] и наиболее соответствующих нашей теме по содержанию и средствам обучения. Эти курсы чётко организованы, предусмотрено регулярное выполнение тестовых заданий с автоматизированной проверкой результатов, обзорные проверки и консультации, творческие задания с последующим обсуждением на форуме. Однако в них либо излишне упрощён или, наоборот, усложнён математический аппарат и объём материала, не рассматривается ряд важных вопросов темы. Мы также считаем недостатком полное отсутствие лабораторного практикума, позволяющего получить необходимые навыки непосредственной работы с веществами.

С учётом опыта вышеописанных курсов, мы исходили из богатых возможностей новых технологий, при условии соблюдения рекомендаций педагогики [9], в частности, по диагностике и контролю, заданию требуемых уровней практического усвоения. Наиболее действенными зарекомендовали себя тестовые технологии. В общем портале курса химии мы размещаем основные разделы темы, тесты обучения и контроля, диагностику деятельности студента (рис. 1).

Для того чтобы тесты адекватно выявляли и достаточно точно измеряли определенные качества, авторы курса в первую очередь задавались известными критериями, среди которых особо отметим валидность, достаточную сложность, значимость, корректность. Надеемся, что наши тесты в основном отвечают современным требованиям.

Эффективными оказались закрытые тестовые задания. Применяли короткие и средние задания в форме утверждения с достаточно большим количеством вариантов ответа.

Тест начал	Пятница, 22 Ноябрь 2019, 13:49
Состояние	Завершено
Завершен	Пятница, 22 Ноябрь 2019, 14:00
Прошло времени	11 мин. 25 сек.
Оценка	6,00 из 29,00 (21%)

Вопрос 1

Верно

Баллов: 1,00 из 1,00

▼ Отметить вопрос

✳ Редактировать вопрос

Для обратимой химической реакции

$$La_2(C_2O_4)_{3(тв)} \rightleftharpoons La_2O_{3(тв)} + 3CO_{(г)} + 3CO_2$$

константа равновесия K_C имеет вид

Выберите один ответ:

1. $K_C = C_{CO}^3 C_{CO_2}^3$

✓

2. $K_C = \frac{C_{La_2O_3} + C_{CO}^3 + C_{CO_2}^3}{C_{La_2(C_2O_4)_3}}$

3. $K_C = \frac{C_{La_2O_3} C_{CO}^3 C_{CO_2}^3}{C_{La_2(C_2O_4)_3}}$

4. $K_C = \frac{C_{CO}^3 C_{CO_2}^3}{(C_{La^{3+}})^2 (C_{(C_2O_4)^{2-}})^3}$

5. $K_C = \frac{1}{C_{CO}^3 C_{CO_2}^3}$

Ваш ответ верный.

Правильный ответ: $K_C = C_{CO}^3 C_{CO_2}^3$

Рис. 1. Пример тестового задания по главе «Химическое равновесие»

При составлении такого теста сначала формулируется вопрос, на который студент должен знать ответ, затем записывается точный и немногословный ответ и, наконец, из ответа исключается ключевое слово (формула, знак, символ, буква и т. п.); правильный ответ и 3-4 правдоподобных, но неправильных ответа перечисляются под определенными номерами ниже задания. Применяли также открытые электронные тесты.

Пример закрытого тестового задания, с единственным выбором:

Выберите правильный ответ. Увеличение температуры вызывает смещение равновесия в сторону ... реакции.

а. Эндотермической; б. Изотермической; в. Экзотермической; г. Адиабатической.

Тестовую технологию дополняли встречами с преподавателями как очно на лекциях и в учебной лаборатории, так и онлайн на платформах Lync, Scure, Zoom. Обратную связь и общую коммуникацию при онлайн-обучении осуществляем как через образовательный портал университета, так и через корпоративную электронную почту. Опробована и настройка форума.

Весь объём онлайн-курса представлен на странице сайта НИЯУ МИФИ «онлайн-обучение», в трех главах курса «Общая химия». К настоящему моменту

зарегистрировались, а затем выполняли обучающие и итоговые тесты по теме более 600 студентов. Пример регистрации ответов студентов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Обучающие тесты к главе 4. Химическая термодинамика (Значение)

Тест: Итоговый Глава 4					
Имя	Фамилия	Результат, балл	Вариант	Итоговая оценка за курс	Зачетные книжки
Екатерина	Музыкаина	20,25	10	128,33	1574256725

При разработке опробованы различные формы тестовых заданий. В итоге каждая глава онлайн курса содержит обучающие и контролирующие тесты.

Нами выработана следующая последовательность учебных элементов. Первоначально на основе школьного опыта и опыта первых лабораторных работ в вузе, после соответствующей лекции студент осваивает элементы химической термодинамики: суть теплового эффекта химической реакции, энтропии, энергии Гиббса; учится прогнозировать направление химического процесса. При этом привлекаются известные в школьной физике и вузовской механике законы термодинамики, затем, для более глубокого понимания, элементы физической химии и примеры их приложения в химии. Студент знакомится с примерами решения практических задач по энергетике химических реакций. Работая с обучающими тестами, каждый студент связан через образовательный портал с автоматической системой оценки ответов. При неверном ответе предусмотрены индивидуальные консультации-подсказки и повторные попытки ответа. Студент также изучает примеры решения задач. При положительной оценке он переходит к итоговому контрольному тесту с автоматической оценкой. Пройдя этот тест, получает домашнее практическое задание из 5 задач, которое затем защищает очно или на онлайн-собеседовании.

Итак, последовательность учебных элементов в подразделе «Химическая термодинамика»: лекция, электронный учебник с теорией и примерами – 7 обучающих тестов с автоматической оценкой и подсказками – итоговый контрольный тест с 33 заданиями – зачёт теоретической базы – домашнее задание (общение через портал или по электронной почте) – очная защита подраздела в лаборатории.

По аналогичной схеме, но с привлечением очного лабораторного занятия (при «ковидном» карантине его заменяли демонстрацией опытов из лаборатории) охватываем кинетику и равновесие, тесно связанные с химической термодинамикой.

К настоящему времени, изучая многочисленные результаты онлайн-обучения студентов, можно вывести следующие закономерности. Для большинства студентов по-

прежнему наиболее сложны тесты на понимание, а также открытые тесты конструирования – они требуют больше умственной работы и относительно много времени.

Поскольку последующее собеседование на повышенную оценку (очно или онлайн) предусматривало в основном тесты конструирования, студенты часто старались избежать собеседования, довольствуясь более низкой оценкой. С другой стороны, ответы понятийного характера стали более глубокими, о чём свидетельствуют наши многолетние наблюдения. Это подтверждают результаты общего автоматического тестирования: доля положительных ответов, как правило, 80-90 %, в то время как «понятийных» тестов более 50 %. Следует, видимо, и далее всё более перекладывать проблемные вопросы на более доступный современной молодёжи язык компьютерных альтернативных тестов.

Литература

1. Гусева А.И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.И. Гусева, В.С. Киреев – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.

2. Закономерности протекания химических реакций (химическая термодинамика, кинетика, равновесие): учеб. пособие / Е.А. Ананьева [и др.]; под ред. В.В. Сергиевского. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – 96 с.

3. Сборник тестов и задач по курсу химии: учеб. пособие / Е.А. Ананьева [и др.]. – М.: МИФИ, 2014. – 142 с.

4. Дополнительная общеобразовательная программа по химии / Т.А. Боровских. [Электронный ресурс] URL: <https://universarium.org/course/562>. МПГУ (дата обращения: 14.12.2020).

5. Физическая химия. Кинетика / А.Л. Петелин. – НИТУ МИСИС, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://openedu.ru/course/misis/CHKIN/> (дата обращения: 14.12.2020).

6. Preparing for CLEP Chemistry: Part 1 and 2 / R. Sawisky, L. Zaikowsky, and A. Tau. The Copper Union, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://www.edx.org/course/preparing-clep-chemistry-part1-cooper-union-chem1> (дата обращения: 14.12.2020).

7. General chemistry: Concept development and application / J.S. Hutchinson. Rice University, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://www.coursera.org/learn/general-chemistry> (дата обращения: 14.12.2020).

8. Thermodynamics and kinetics / К.А. Nelson, М. Rawendi. MIT, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-60-thermodynamics-kinetics-spring-2008/index.htm> (дата обращения: 14.12.2020).

9. Жуковская З.Д. Методологические основы и технологии разработки и функционирования комплексной системы контроля качества подготовки специалистов в вузе: автореф. дис. ... д-ра. пед. наук (13.00.01 –Теория и история педагогики) / З.Д. Жуковская. Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург, 1994. – 380 с.

УДК 004.75

Облачные вычисления

Рябенков Роман Александрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

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

В данной статье дана характеристика применения облачных вычислений в современных информационных системах, проведён анализ технологий облачных вычислений, их возможное применение и перспективы использования в современных системах.

Облачные вычисления – сеть удаленных серверов, размещенных в интернете для хранения и получения данных. Облачные вычисления предоставляют ряд ИТ-услуг, таких как серверы, базы данных, программное обеспечение, виртуальные хранилища и сети. Компании, которые предлагают все эти услуги, называются поставщиками облачных услуг. Облачные вычисления предоставляют возможность хранить и извлекать данные и запускать приложения, управляя ими через конфигурационные порталы [1]. Двумя лучшими облачными провайдерами на сегодняшний день являются Amazon Web Services и Microsoft Azure. Логотипы провайдеров представлены на рис. 1.



Рис. 1. Логотипы облачных провайдеров Amazon Web Services и Microsoft Azure

Облачные вычисления часто рассматриваются как технология будущего, которая окажет значительное влияние на бизнес-функции и операции. И на это есть свои причины:

— Облачные вычисления помогают эффективно предоставлять ограниченные ресурсы при одновременном снижении эксплуатационных расходов организации.

— Они повышают производительность, позволяя нескольким пользователям работать в общей инфраструктуре, и предоставляют гибкие ресурсы для инноваций, что помогает более эффективно управлять инфраструктурой.

— Облачные вычисления имеют широкие карьерные возможности для ИТ-специалистов и пользуются спросом, поскольку они снижают капитальные затраты организации, обеспечивая при этом масштабируемость и гибкость.

— Облачные вычисления обеспечивают эффективную совместную работу и помогают обеспечить непрерывность бизнеса без каких-либо ограничений.

Кроме того, облачные вычисления часто рассматривают как важный инструмент цифрового преобразования, основной задачей которого является снижение затрат и ускорение внедрения инноваций.

С появлением новой технологии наступает постоянная необходимость в безопасном хранении и доступе к данным в любое время в любом месте. Ранее эта информация и данные физически хранились на жестких дисках и серверах, которые могли хранить, обрабатывать и извлекать данные быстро и удобно. Сегодня отрасли обрабатывают огромные объемы данных и, следовательно, требуют больших объемов пространства, и именно здесь в игру вступают облачные вычисления. Это не только снижает сложность владения и обслуживания ИТ-инфраструктуры, но и помогает преодолеть ограничения ограниченного пространства для хранения данных и высокую стоимость управления сложными компонентами. Далее приведены некоторые приложения и примеры использования облачных вычислений, которые помогают эффективно решать реальные проблемы:

— Скорость и безопасность. Одним из наиболее значительных преимуществ облачных вычислений является гибкость и масштабируемость хранения данных без ущерба для настроек безопасности. Это позволяет организациям более удобно хранить и управлять данными на удаленном объекте и быстро получать к ним доступ в любое время. Облачные вычисления обеспечивают преимущества высокоскоростного доступа к данным со встроенной системой безопасности, не требующей ежедневного обслуживания данных и инфраструктуры.

— Восстановление после сбоев. Облачные вычисления обеспечивают экономичные и своевременные возможности аварийного восстановления, которые обеспечивают более быстрое и оперативное восстановление данных. Поскольку данные располагаются удаленно, локальные и системные сбои не могут повлиять на работу организаций.

— Онлайн хранилище файлов. Облачные вычисления предоставляют преимущества хранения файлов в сети и доступа к ним в любом месте через веб-интерфейсы. Такие сайты, как MediaFire, Megaload, Rapid share и другие предоставляют пользователям возможность хранить различные типы файлов и получать к ним удобный доступ из любого места.

— Тестирование и проектирование. Тестирование и разработка приложений нуждаются в комплексной среде, которую можно легко развернуть по мере необходимости. Облачные вычисления создают гибкую и расширяемую среду тестирования, которая экономит значительное количество рабочей силы и времени [3, 4]. Благодаря настроенным облачным средам это помогает сократить расходы и время разработки приложений.

Успех в современной бизнес-среде требует не только оперативности. Не менее важно и инновационное мышление – умение разрабатывать новые предложения, оценивать их потенциальное освоение рынка, а затем реализовывать успешные, отнимая у проигравших. И именно здесь облачные вычисления гораздо лучше подходят, нежели традиционные подходы к ИТ-инфраструктуре. Поскольку ресурсы доступны настолько быстро, очень легко экспериментировать с новыми предложениями. Компании могут получить мгновенную обратную связь от пользователей, а не ждать месяцами, чтобы получить что-то в рыночной практике. Облако также поддерживает автоматизацию, которая помогает стимулировать инновации. Оно сочетается с такими инструментами, как low-code и non-code приложения, что позволяет более широкому спектру людей разрабатывать более обширный набор новых цифровых услуг.

Предпосылки для получения максимальной отдачи от облачных вычислений. Облачные вычисления просты, легки, безопасны и масштабируемы. У организаций нет проблем с внедрением облачных вычислений, поэтому они готовы двигаться вперед и извлекать из них максимальную пользу. Чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами «облачных» вычислений, им необходимы всесторонние знания в области разработки и предоставления программного обеспечения на основе облачных вычислений. Кроме того, им могут помочь знания концепций программной инженерии, различных облачных сервисов, таких как Amazon AWS, Microsoft Azure и Google Cloud.

Сервис, предоставляемый Microsoft Azure и Amazon AWS, находится на одном уровне со всеми сервис-провайдерами. Обе облачные платформы обеспечивают минимальные потери данных и предлагают высокий уровень доступности данных при конкурентных тарифных планах. Хотя Microsoft Azure имеет свои преимущества и ограничения, Amazon AWS также предоставляет несравненные возможности. В то время как AWS лучше использует экономию от масштаба, Microsoft Azure предлагает надежные и высоко безопасные облачные вычисления. Microsoft Azure поддерживает множество языков программирования и операционных систем, которые обеспечивают большую масштабируемость и доступность для бизнес-организаций.

Различные организации разных размеров, типов и отраслей начали использовать облачные платформы для предоставления различных услуг, таких как резервное копирование, хранение, разработка программного обеспечения, аварийное восстановление и другие. Они не только обеспечивают гибкость и надежность, но и позволяют организациям быстрее внедрять инновации и масштабировать или сокращать их по мере необходимости [2, 5, 6].

Литература

1. Вебер М. Бизнес-вычисления: практика расчета основных показателей / М. Вебер. – М.: Омега-Л, 2014. – С. 143.
2. Дружин Д.С. Результаты реализации алгоритма идентификации личности / Д.С. Дружин, М.А. Фролова // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 269-273.
3. Фингар П. Dot.Cloud: облачные вычисления – бизнес-платформа XXI века / Питер Фингар. – М.: Аквариевая Книга, 2013. – 256 с.

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 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. 020018.

5. Штырова И.А. Использование методов интеллектуального анализа данных в обучающих системах / И.А. Штырова, О.Н. Губатенко // 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. 116-119.

6. Рябенков Р.А. Машинное обучение / Р.А. Рябенков Р.А., И.В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 224-228.

УДК 004.056.55

Методы шифрования данных

Рябенков Роман Александрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

В данной статье дана характеристика применения методов шифрования данных в современных информационных системах, проведён анализ методов шифрования данных, их возможное применение и перспективы использования в современных системах.

В условиях, когда киберпреступность находится на подъеме, важно знать, что существует столько же методов защиты сетевой безопасности, сколько и способов проникновения в нее. Настоящая проблема заключается в том, чтобы решить, какие методы обеспечения безопасности в интернете должен использовать эксперт, наиболее

подходящие для конкретной ситуации, в которой находится организация. Шифрование данных является распространенным и эффективным методом безопасности и разумным выбором для защиты информации организации [1].

Однако существует несколько различных методов шифрования, поэтому важно уметь их выбирать. Рассмотрим три наиболее эффективных метода шифрования, доступных для сетевой безопасности. Но перед обсуждением эффективных методов шифрования данных, рассмотрим основы шифрования данных.

Шифрование в настоящее время представляет собой преобразование данных из читаемого в зашифрованный формат, который может быть прочитан или обработан только после дешифровки [2]. Шифрование считается базовым компонентом защиты данных, широко используемым крупными организациями, малыми предприятиями и индивидуальными потребителями. Это самое простое и важное средство защиты информации, которая передается с рабочих точек на серверы.

Если кому-либо интересно, почему организациям нужно практиковать шифрование, необходимо учитывать четыре эти причины [3, 4, 1]:

— Аутентификация. Шифрование с помощью открытого ключа подтверждает, что сервер источника веб-страниц владеет закрытым ключом и, таким образом, легально получил SSL сертификат. В мире, где существует так много мошеннических веб-сайтов, это важная особенность.

— Конфиденциальность. Шифрование гарантирует, что никто не сможет прочитать сообщения или получить доступ к данным, кроме законного получателя или владельца данных. Эта мера предотвращает доступ и чтение личных данных злоумышленниками, хакерами, интернет-провайдерами, спамерами и даже государственными органами.

— Соответствие нормативным требованиям. Во многих отраслях промышленности и государственных учреждениях действуют нормативные акты, требующие от организаций, работающих с персональными данными пользователей, хранить эти данные в зашифрованном виде. Выборка стандартов регулирования и соответствия, которые обеспечивают шифрование, включает HIPAA, PCI-DSS и GDPR.

— Безопасность. Шифрование помогает защитить информацию от утечки, независимо от того, находятся ли данные в состоянии ожидания или в режиме передачи [5]. Например, даже если корпоративное устройство утеряно или украдено, данные, хранящиеся на нем, скорее всего, будут надежно защищены, если устройство хранения данных надежно зашифровано.

Существует несколько подходов к шифрованию данных на выбор. Большинство специалистов в области информационной безопасности в интернете разбивают шифрование на три различных метода: симметричный, асимметричный и хэширование. Они, в свою очередь, разбиваются на различные типы.

Симметричное шифрование, также называемое криптографией закрытого ключа или алгоритмом секретного ключа, требует, чтобы отправитель и получатель имели доступ к одному и тому же ключу. Таким образом, получатель должен владеть ключом, прежде чем сообщение может быть расшифровано. Этот метод лучше всего подходит для закрытых систем, которые имеют меньший риск вторжения третьей стороны. С другой стороны, симметричное шифрование быстрее, чем асимметричное. Однако, с другой стороны, обе стороны должны убедиться в том, что ключ хранится надежно и доступен только программному обеспечению, которое его использует.

Метод асимметричного шифрования также называют криптографией с открытым ключом, этот метод использует два ключа для алгоритма шифрования: открытый и закрытый, являющиеся математически взаимосвязанными. Пользователь использует один ключ для шифрования, а другой – для расшифровки, хотя не имеет значения, какой из них выбирается первым. Как следует из названия, открытый ключ доступен любому, в то время как закрытый ключ остается только у тех получателей, которым он нужен для расшифровки сообщений. Оба ключа являются просто большими числами, которые не идентичны, но находятся в паре друг с другом, и именно здесь приходит асимметричная часть.

Хэширование создает уникальную подпись фиксированной длины для набора данных или сообщения. Каждое конкретное сообщение имеет свой уникальный хэш, что делает незначительные изменения в информации легко отслеживаемыми. Данные, зашифрованные с помощью хэширования, не могут быть расшифрованы или преобразованы обратно в исходную форму. Поэтому хэширование используется только в качестве метода валидации данных.

Многие специалисты в области информационной безопасности даже не рассматривают хэширование как реальный метод шифрования, но структура строки достаточно расплывчата, чтобы позволить классификации выдержать критику. В конце концов, это эффективный способ выявить, что никто не подделывал информацию. Теперь рассмотрим конкретные алгоритмы шифрования.

На сегодняшний день доступно множество различных алгоритмов шифрования. Разберем пять наиболее распространенных алгоритмов:

— AES. Advanced Encryption Standard (AES) – надежный стандартный алгоритм, используемый правительством США, а также другими организациями. Хотя AES и чрезвычайно эффективен в своей 128-битной форме, он также использует 192- и 256-битные ключи для очень сложных целей шифрования. Широко распространено мнение, что AES неуязвим ко всем атакам, кроме атак грубой силы. Независимо от этого, многие специалисты по информационной безопасности считают, что AES в конечном итоге будет считаться стандартом шифрования данных в частном секторе.

— Triple DES. Triple DES является преемником оригинального алгоритма Data Encryption Standard, созданного в ответ на действия хакеров, решивших взломать DES. Это симметричное шифрование, которое когда-то было самым широко используемым симметричным алгоритмом в отрасли, хотя в настоящее время оно постепенно выводится из употребления. Triple DES применяет алгоритм DES трижды к каждому блоку данных, и обычно используется для шифрования паролей UNIX и ATM PIN.

— RSA. RSA – асимметричный алгоритм шифрования с открытым ключом и являющийся стандартом шифрования информации, передаваемой через Интернет. RSA шифрование является надежным и устойчивым, так как создает массивную тарбарщину, которая расстраивает потенциальных хакеров, заставляя их тратить много времени и энергии на взлом систем.

— Blowfish. Blowfish – еще один алгоритм, который был разработан для замены DES. Этот симметричный инструмент разбивает сообщения на 64-битные блоки и шифрует их по отдельности. Blowfish зарекомендовал себя как быстрый, гибкий и неразрушимый алгоритм. Он общедоступен, что делает его бесплатным, добавляя к нему еще больше привлекательности. Blowfish широко используется на платформах электронной коммерции, обеспечивая безопасность платежей, а также в инструментах управления паролями.

— Twofish. Twofish является преемником Blowfish – безлицензионное симметричное шифрование, которое расшифровывает 128-битные блоки данных [6]. Кроме того, Twofish всегда шифрует данные за 16 циклов, независимо от размера ключа. Twofish идеально подходит как для программных, так и для аппаратных сред и считается одной из самых быстрых в своем роде. Многие современные программные решения для шифрования файлов и папок используют этот метод [1, 3, 4].

Учитывая повышенный риск киберпреступлений сегодня, каждый человек или группа лиц, пользующиеся интернетом, должны, как минимум, быть знакомы с базовыми технологиями шифрования и использовать их [7, 8].

Литература

1. Key aspects of the implementation of an automated system module for assessing the quality of academic software products / O. Vishtak [and etc.] / Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – 2020. – С. 423-429.
2. Горев А.И. Обеспечение информационной безопасности / А.И. Горев; А.А. Симаков. – Москва: ИЛ, 2016. – С. 494.
3. Сидоренко Д.Е. Анализ реализаций асинхронных процессов в языке программирования JavaScript / Д.Е. Сидоренко, И.В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 249-253.
4. Сидоренко Д.Е. Анализ архитектуры REST на основе сравнения с SOAP / Д.Е. Сидоренко, И.В. Михеев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 245-249.
5. Дружин Д.С. Результаты реализации алгоритма идентификации личности / Д.С. Дружин, М.А. Фролова // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 269-273.
6. Бабенко Л.К. Современные алгоритмы блочного шифрования и методы их анализа / Л.К. Бабенко, Е.А. Ищукова. – М.: Гелиос АРВ, 2015. – С. 376.
7. 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 Ser. «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. 020018.
8. Штырова И.А. Использование методов интеллектуального анализа данных в обучающих системах / И.А. Штырова, О.Н. Губатенко // 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. 116-119.

Применение технологии iLogic для создания электронной параметрической модели детали в программном обеспечении Autodesk Inventor

Рязанов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Инженерная геометрия и основы САПР»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Рассмотрено применение современной системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor для создания параметрической электронной модели детали. Показана настройка и использование пользовательских параметров детали для управления геометрическими размерами проектируемого изделия. Рассмотрены возможности и использование правил технологии iLogic для доступа к свойствам конструктивной геометрии изделия, на примере изменения видимости элементов проектируемой детали. Показано использование текстовых параметров для управления формой детали. Реализован интерактивный диалог для управления геометрическими параметрами изделия.

Автоматизация проектирования – это интенсивно развивающееся направление современной науки [1]. Системы автоматизированного проектирования (САПР) становятся главной составляющей современного производства [2]. Наличие технических и программных средств для графического взаимодействия конструктора с ЭВМ позволяет решать определенные задачи конструирования в интерактивном режиме. Использование графических средств современных программ автоматизации проектирования является одним из приемов инженерной деятельности конструктора [3]. Важную роль при этом играет графическое восприятие и возможность в диалоговом режиме манипулировать графическими образами проектируемых объектов [4]. Современные программы геометрического моделирования позволяют автоматизировать решение графических задач – создание унифицированных и типовых деталей [5; 6].

Одной из ведущих систем автоматизации проектирования является программа Autodesk Inventor. Данное программное обеспечение предоставляет инженеру-конструктору профессиональные инструменты для трехмерного проектирования машиностроительных изделий, выпуска конструкторской документации на это изделие. Параметрическое ядро системы позволяет изменять геометрические размеры детали с сохранением ее формы [7].

Рассмотрим создание параметрической электронной модели детали в системе Autodesk Inventor. Для этого создадим твердотельную модель детали (рис. 1):

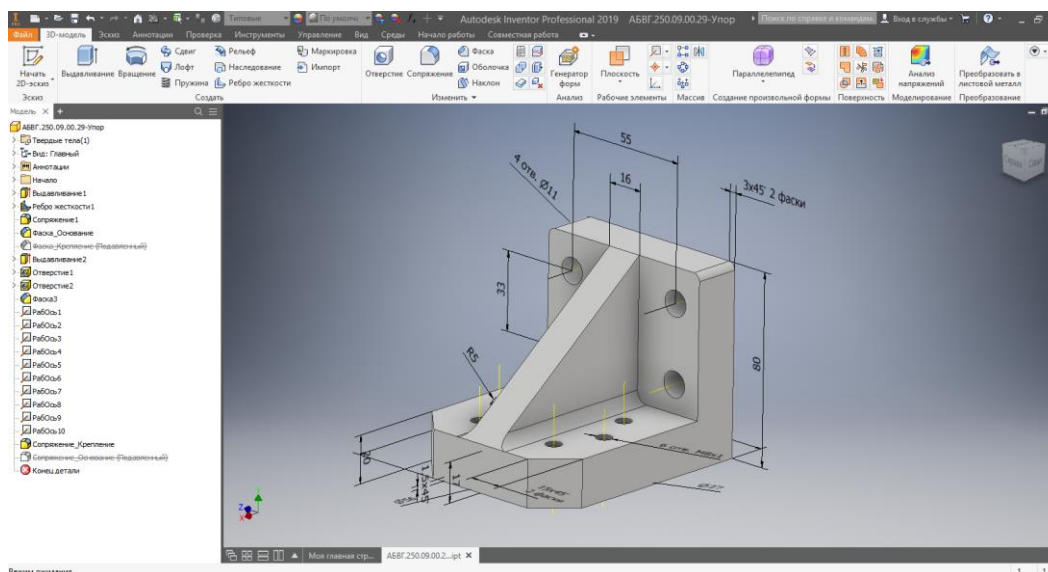


Рис. 1. Электронная модель детали

Для преобразования полученной детали в параметрическую деталь необходимо добавить параметры, которые будут влиять на геометрические размеры этой детали. Для этого воспользуемся диалоговым окном «Управление → Параметры» (рис. 2).

Имя параметра	Используется	Единица/г	Формула	Номин. знач.	Правило приведения в д	Доп.	Значение в но	Ключ	Примечание
d21	Эскиз4	мм	55 мм	55,000000		●	55,000000	<input type="checkbox"/>	
d23	Эскиз4	мм	15 мм	15,000000		●	15,000000	<input type="checkbox"/>	
d25	Выдавливание2	град	0,0 град	0,000000		●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
d28	Эскиз5	мм	11	60,000000		●	60,000000	<input type="checkbox"/>	
d29	Отверстие1	мм	27 мм	27,000000		●	27,000000	<input type="checkbox"/>	
d34	Отверстие1	мм	17 мм	17,000000		●	17,000000	<input type="checkbox"/>	
d35	Отверстие1	град	118 град	d29 используется	Отверстие1	●	118,000000	<input type="checkbox"/>	
d36	Эскиз6	мм	56 мм	56,000000		●	56,000000	<input type="checkbox"/>	
d37	Эскиз6	град	45 град	45,000000		●	45,000000	<input type="checkbox"/>	
d38	Эскиз6	град	45 град	45,000000		●	45,000000	<input type="checkbox"/>	
d41	Отверстие2	мм	10 мм	10,000000		●	10,000000	<input type="checkbox"/>	
d43	Отверстие2	град	90 град	90,000000		●	90,000000	<input type="checkbox"/>	
d44	Отверстие2	мм	21,100 мм	21,100000		●	21,100000	<input type="checkbox"/>	
d45	Отверстие2	град	118 град	118,000000		●	118,000000	<input type="checkbox"/>	
d46	Фаска3	мм	0,5 мм	0,500000		●	0,500000	<input type="checkbox"/>	
d92	Соприжение_Крепление	мм	delta1	3,000000		●	3,000000	<input type="checkbox"/>	
d93	Соприжение_Основание	мм	delta2	15,000000		●	15,000000	<input type="checkbox"/>	
Пользовательские									
b	d4, d2	мм	80 мм	80,000000		●	80,000000	<input type="checkbox"/>	
h1	d1, d0	мм	20 мм	20,000000		●	20,000000	<input type="checkbox"/>	
delta1	d16, d92	мм	3 мм	3,000000		●	3,000000	<input type="checkbox"/>	
delta2	d13, d93	мм	15 мм	15,000000		●	15,000000	<input type="checkbox"/>	
a	d3	мм	100 мм	100,000000		●	100,000000	<input type="checkbox"/>	
l1	d28	мм	60 мм	60,000000		●	60,000000	<input type="checkbox"/>	
Тип_крепления	Текст		Скругление					<input type="checkbox"/>	
Тип_основания	Текст		Фаска					<input type="checkbox"/>	

Рис. 2. Параметры электронной модели детали

Добавим в качестве параметров числовые параметры пользователя «b», «h1», «delta1», «delta2», «a», «l1».

Где: a – длина основания детали;

b – высота и ширина детали;

delta1 – размер фаски или скругления вертикальной стороны детали;

δ_2 – размер фаски или скругления основания (горизонтальной стороны) детали;

l_1 – расстояние от отверстия на основании детали до ее левого угла.

Для управления формой детали добавим текстовые параметры «Тип_крепления» и «Тип_основания», которым зададим два возможных значения: «Фаска» или «Скругление». Параметр «Тип_крепления» отвечает за наличие фаски или скругление на вертикальной стороне детали, а параметр «Тип_основания» на горизонтальной стороне детали.

Для управления отображением конструктивных элементов воспользуемся технологией iLogic, которая заложена в САПР Autodesk Inventor. Данная технология позволяет расширить вычислительные возможности Autodesk Inventor за счет применения правил. Правила iLogic взаимосвязаны с механизмом обновления параметров проектируемой детали и позволяют реализовать механизм динамического изменения формы конструктивных элементов проектируемой детали.

Перечислим основные возможности автоматизации, которые поддерживаются технологией iLogic:

- поиск и активизация значений, извлекаемых из параметрических рядов с помощью условных операторов, которые выполняются как в контексте детали, так и в контексте сборки;

- изменение сборочных зависимостей в зависимости от выполнения или невыполнения условий;

- контролировать вводимые пользователем значения;

- осуществлять ввод и вывод данных в текстовый файл;

- экспорт и импорт данных в программу Microsoft Excel;

- автоматизация публикации результатов во внешние файлы;

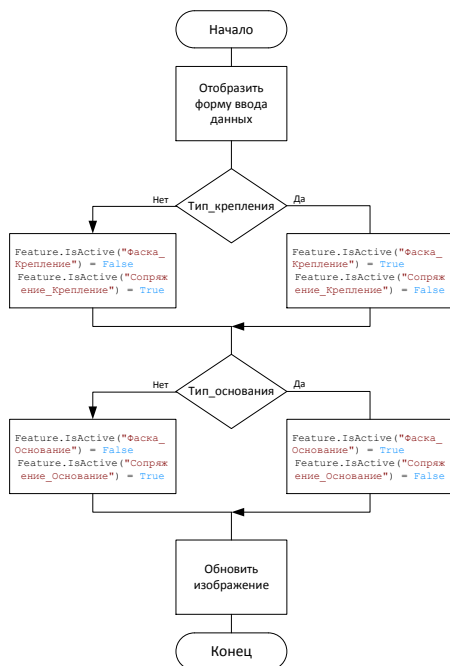
- использовать интерфейс для программирования системы напрямую и т. д.

Применение правил позволяет усилить возможности традиционного параметрического моделирования за счет доступа к свойствам конструктивной геометрии, которая была использована при создании электронной модели детали.

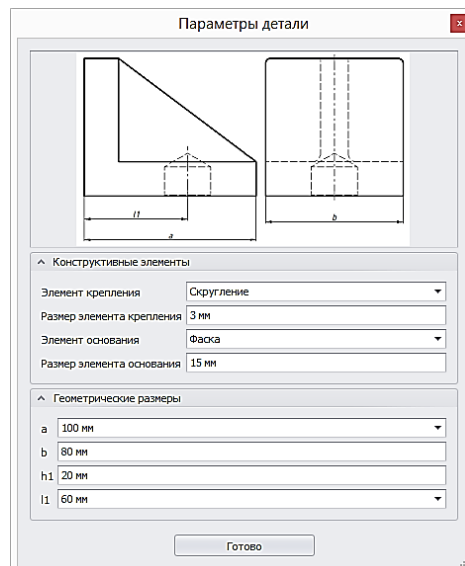
Для этого, сначала отобразим форму (рис. 3б) при помощи командной строки:

```
iLogicForm.Show("Параметры детали", FormMode.Modal).
```

Для изменения свойств видимости конструктивных элементов, образующих деталь, параметром `Feature.IsActive(имя_элемента)`, который позволяет изменять видимость элемента в соответствии с его именем. Алгоритм принятия решений о переключении видимости конструктивных элементов приведен на рис. 3а.



а



б

Рис. 3. Визуальная схема работы алгоритма при помощи технологии iLogic:
 а – блок-схема алгоритма изменения видимости конструктивных элементов модели детали; б – визуальная форма интерактивного взаимодействия правила iLogic и пользователя

Алгоритм (рис. 3а) описывает работу правила, которое позволяет динамически менять форму и геометрические параметры детали:

'Настройка параметров элементов крепления

```
If Parameter("Тип_крепления") = "Фаска" Then
    Feature.IsActive("Фаска_Крепление") = True
    Feature.IsActive("Сопряжение_Крепление") = False
Else
    Feature.IsActive("Фаска_Крепление") = False
    Feature.IsActive("Сопряжение_Крепление") = True
End If
```

'Настройка параметров элементов основания

```
If Parameter("Тип_основания") = "Фаска" Then
    Feature.IsActive("Фаска_Основание") = True
    Feature.IsActive("Сопряжение_Основание") = False
Else
    Feature.IsActive("Фаска_Основание") = False
    Feature.IsActive("Сопряжение_Основание") = True
End If
```


End If

InventorVb.DocumentUpdate (True)

Технология iLogic позволяет конструктору, который не знаком с программированием, выполнять реализацию своих проектов с помощью правил или ввода пользовательских параметров. Данная технология позволяет управлять изменением параметров и атрибутов электронной модели детали, формой компонентов и сборок. Таким образом, технология iLogic позволяет внедрить в электронную модель детали не только ее геометрические параметры, но и правила, управляющие ее формой, что влечет ускорение процесса проектирования и сопровождения изделия.

Литература

1. Марьина А.А. Разработка конструкторской документации и проведение конструкторского надзора / А.А. Марьина // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2017. – № 8. – С. 290-293.

2. Антропова Т.В. Применение технологий интерактивного обучения в процессе преподавания дисциплин геометро-графического цикла / Т.В. Антропова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2019. – № 11. – С. 498-502.

3. Антропова Т.В. К вопросу об использовании IT-технологий в образовательных программах высшей школы / Т.В. Антропова // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. 1. – С. 168-175.

4. Марьина А.А. Информатизация образовательной среды студентов / А.А. Марьина // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А. «Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики». – Саратов: Изд-во СГТУ, 2020. – С. 159-164.

5. Рязанов С.А. Аналитические зависимости кинематического формообразования начальных поверхностей элементов червячной передачи / С.А. Рязанов, М.К. Решетников // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 65-75.

6. Рязанов С.А. Геометрическая модель производящей поверхности, эквивалентной рабочей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза» / С.А. Рязанов // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 56-60.

7. Трэмблей Т. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Официальный учебный курс / Т. Трэмблей. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 344 с.

УДК 004.94

Построение трехмерных поверхностей сложной формы при помощи алгоритмов визуального программирования в среде Dупато

Рязанов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инженерная геометрия и основы САПР»

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

Алгоритмы компьютерной графики находят все большее применение в современной промышленности. Большинство современных систем автоматизированного проектирования имеют встроенные языки программирования, но их применение, для решения практических задач конструирования, осложняется отсутствием навыков программирования у инженеров-конструкторов. В статье рассмотрено применение среды визуального программирования Dупато для создания поверхностной модели при помощи встроенного языка визуального программирования. Показано как применение элементов блочного программирования позволяет автоматизировать процесс создания поверхностных моделей.

Одной из составляющих современного производства является создание трехмерных электронных моделей проектируемого изделия [1; 2]. При этом применение алгоритмов трехмерной графики и геометрического моделирования позволяет ускорить процесс подготовки и выпуска конструкторской документации проектируемого изделия, что влияет на повышение конкурентоспособности предприятия в современных экономических условиях [3, 4]. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) включают в себя геометрическое ядро, встроенные операции которого используются при моделировании разнообразных изделий. Помимо геометрического ядра большинство современных САПР имеют встроенные языки программирования, которые позволяют автоматизировать процесс выполнения сложных геометрических построений, к которым можно отнести создание сложных технических поверхностей конструируемых изделий [5]. При этом создание эффективных алгоритмов описания геометрических элементов с привлечением современных средств компьютерного геометрического моделирования позволяет значительно сократить сроки проектирования. Конструкции этих языков позволяют

непосредственно обращаться к методам и свойствам классов, управляющих созданием и поведением конструктивной геометрии, но широкое применение средств автоматизации ограничено умением писать программы для решения поставленных задач.

Рассмотрим получение поверхностной модели, образованной перемещением сечения этой поверхности вдоль пространственной кривой [6, 7]. Для решения этой задачи воспользуемся средой визуального программирования Dynamo, которая позволяет автоматизировать процесс конструирования при помощи встроенного языка визуального программирования Design Script.

Данная концепция языка программирования позволяет пользователю использовать средства для построения программных отношений с использованием графических пользовательских интерфейсов, т. е. блоков с заранее определенными свойствами. Эти конструктивные блоки имеют минимальный набор входных и выходных параметров. В отличие от традиционных языков программирования, пользователь может визуально задавать отношения между объектами, соединяя входы и выходы узлов, имитируя алгоритм моделирования изделия. Что дает возможность визуально описать собственный алгоритм. При этом пользователь не обязательно должен владеть каким-либо языком программирования, хотя он должен четко представлять алгоритм решения стоящей перед ним задачи при помощи средств доступных в среде программирования. Это означает, что пользователь может использовать визуальные вычислительные концепции без необходимости писать код программы на традиционном языке программирования [8].

Среда визуального программирования Dynamo – это надстройка с открытым исходным кодом, которая позволяет пользователю проектировать пользовательские процессы проектирования и автоматизации с помощью интерфейса визуального программирования на основе узлов. Пользователям предоставляются возможности для сложной обработки данных, реляционных структур и геометрического управления, что невозможно при использовании обычного интерфейса моделирования [9].

Рассмотрим создание поверхностной модели в соответствии с алгоритмом, представленном на рис. 1.

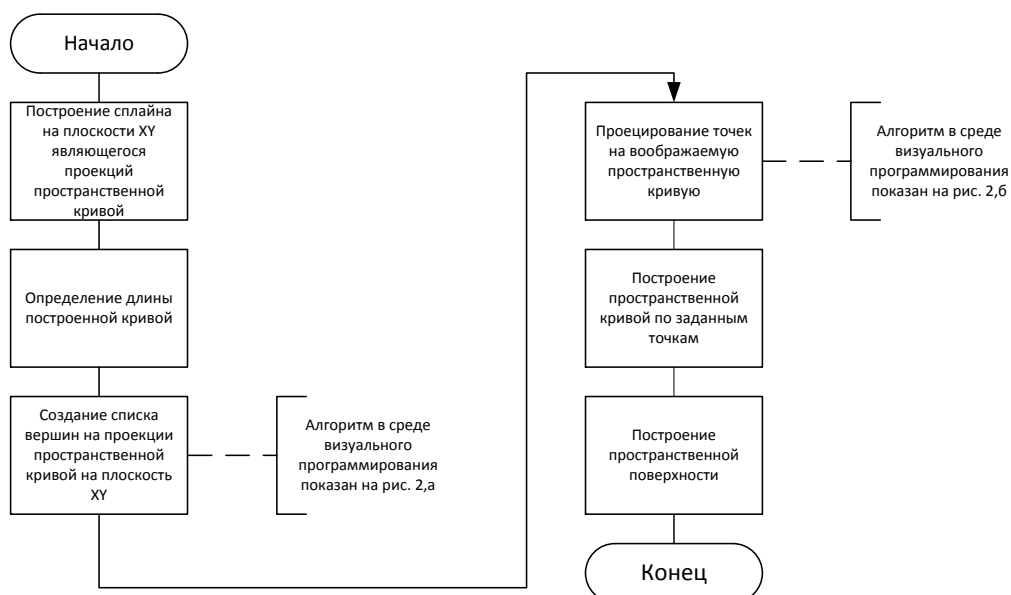
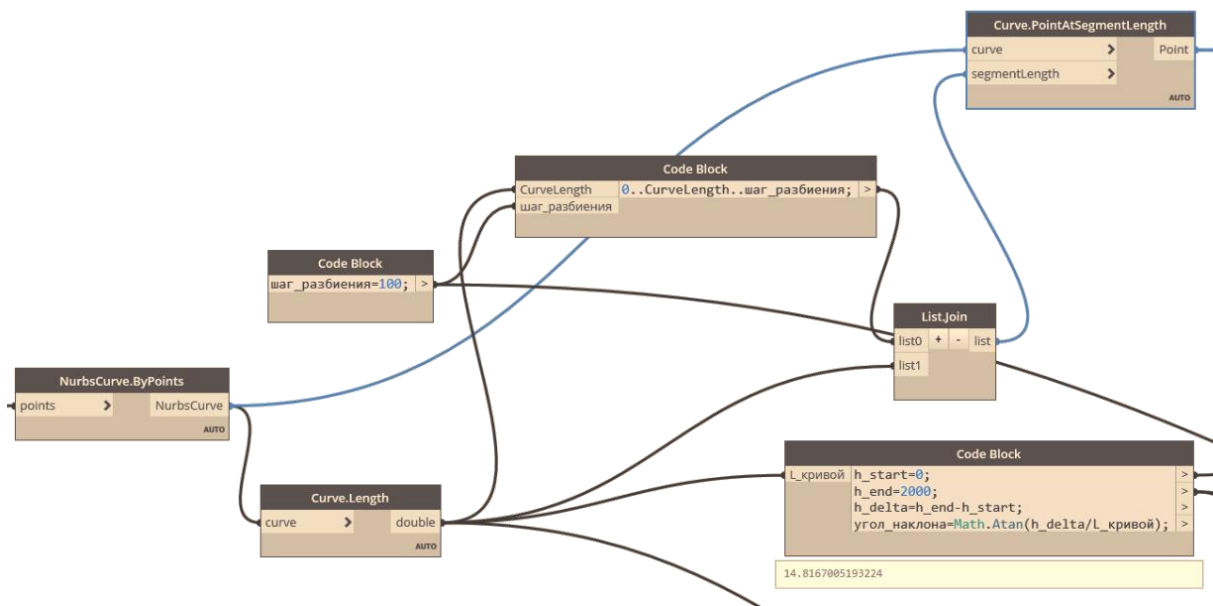
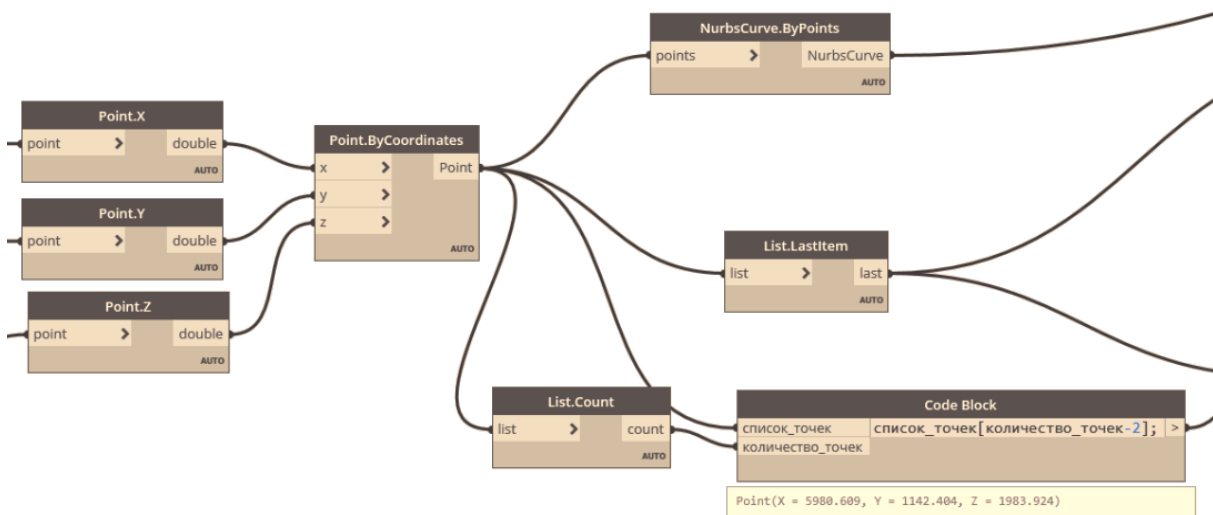


Рис. 1. Блок-схема алгоритма формирования пространственной поверхности

Рассмотрим основные этапы получения требуемой поверхности в среде визуального программирования Design Script. Для этого выберем и соединим необходимые блоки в соответствии с рис. 2а. Полученная конфигурация блоков позволяет получить проекцию трехмерной кривой на плоскость XY и расположить вдоль нее равномерно точки с заданным шагом. Координаты полученных точек будут использованы для построения трехмерной кривой. Для этого геометрически вычисляется высота от точки, лежащей на проекции, до точки, которая находится на трехмерной кривой (рис. 2б).



а



б

Рис. 2. Алгоритм формирования пространственной кривой по ее проекции:
 а – алгоритм построения проекции кривой на плоскость XY; б – алгоритм
 восстановления пространственной кривой по ее проекции на плоскость XY

После получения координат точек они соединяются сплайном (рис. 3а). Для получения поверхностной модели при помощи языка Design Script необходимо определить направление вектора в конечной точке кривой и построить сечение будущей поверхности (рис. 3б).

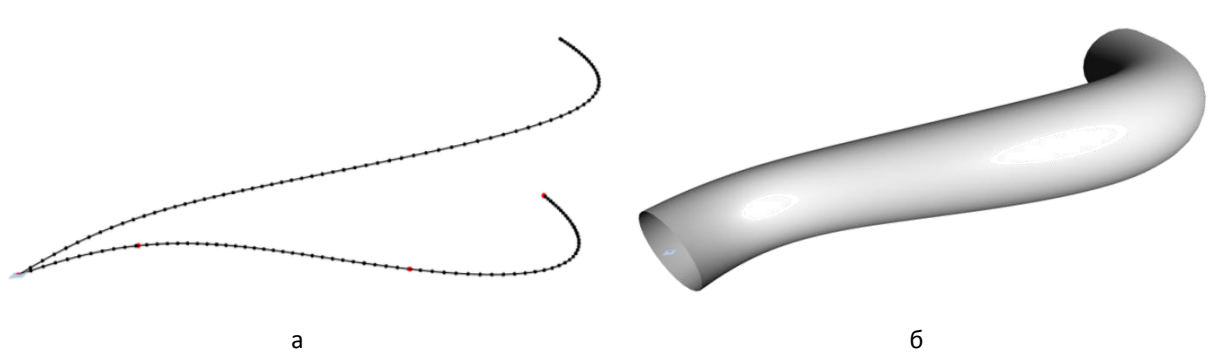


Рис. 3. Геометрическая модель проектируемой поверхности:

*а – путь выдавливания проектируемой поверхности и его проекция на плоскость XY;
б – проектируемая пространственная поверхность*

Таким образом, среда визуального программирования Dупато, позволяет достаточно быстро и точно воспроизвести необходимую геометрическую поверхность без использования традиционных языков программирования. Применение поверхностного моделирования позволяет получать компьютерные модели, которые невозможно получить путем применения традиционных средств моделирования [10].

В виду того, что в машиностроении широкое применение находят детали и конструктивные элементы, которые представляют собой, с геометрической точки зрения, тела со сложными криволинейными поверхностями, то процесс их получения является актуальным и имеет большое значение в современном машиностроительном производстве.

Литература

1. Рязанов С.А. Аналитические зависимости кинематического формообразования начальных поверхностей элементов червячной передачи / С.А. Рязанов, М.К. Решетников // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 65-75.
2. Рязанов С.А. Геометрическая модель производящей поверхности, эквивалентной рабочей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза» / С.А. Рязанов // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 56-60.
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. Геометрическое моделирование формообразования пространственных поверхностей при винтовом относительном движении / В.Ю. Карачаровский, С.А. Рязанов // 1-я Международная научная конференция «Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве». – М.: Изд-во МГИУ, 2008. – С. 143-146.

5. Карачаровский В.Ю. Визуализационная оценка геометрических характеристик контактирующей поверхности в червячных передачах на основе применения методов 3D компьютерной графики / В.Ю. Карачаровский, М.К. Решетников, С.А. Рязанов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – Саратов: СГТУ, 2014. – № 1(75). – Вып. 2. – С. 106-108.

6. Антропова Т.В. Изучение дисциплин графического цикла как основа развития пространственного и художественно-конструкторского мышления / Т.В. Антропова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 9. – С. 20-23.

7. Антропова Т.В. Применение технологий интерактивного обучения в процессе преподавания дисциплин геометро-графического цикла / Т.В. Антропова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2019. – № 11. – С. 498-502.

8. Марьина А.А. Информатизация образовательной среды студентов // А.А. Марьина // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ССГТУ имени Гагарина Ю.А. «Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики». – Саратов: Изд-во СГТУ, 2020. – С. 159-164.

9. Антропова Т.В. К вопросу об использовании IT-технологий в образовательных программах высшей школы / Т.В. Антропова // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. 1. – С. 168-175.

10. Марьина А.А. Разработка конструкторской документации и проведение конструкторского надзора / А.А. Марьина // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2017. – № 8. – С. 290-293.

Применение информационных технологий как инструмента повышения качества предоставления государственных и муниципальных услуг

Сергеева Ольга Олеговна, магистрант-направления

«Информатика и вычислительная техника»;

Бузык Татьяна Федоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные технологии»

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

В работе раскрыт процесс организации и предоставления государственных и муниципальных услуг на основе применения информационно-коммуникационных технологий, как ключевого фактора обеспечения высокого уровня доступности, технологичности и надежности итогового результата получения услуги. Рассматривается механизм реализации предоставления государственных и муниципальных услуг в электронном виде на примере многофункциональных центров.

Принятие Федерального закона от 27 июля 2010 года № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг», проводимая органами власти политика цифровизации в соответствии с Программой «Цифровая экономика Российской Федерации», принятой распоряжением Правительства РФ 28 июля 2017 года, закрепили основные направления развития системы государственных услуг и их совершенствования на основе цифровых технологий в сфере государственного и муниципального управления [1]. В связи с этим, в настоящее время в России реализуются меры по активизации использования информационно-коммуникационных технологий в процессе взаимодействия государственных структур и населения с целью повышения качества предоставления государственных и муниципальных услуг в электронном виде органами исполнительной власти, их территориальными органами и подведомственными федеральным органам исполнительной власти.

В результате осуществления комплекса таких мероприятий, как создание и развитие сети многофункциональных центров, разработка и принятие административных регламентов органов государственной власти и местного самоуправления, организация межведомственного электронного взаимодействия, применение современного программного обеспечения для перевода услуг в электронный вид, внедрение системы оценки качества государственных услуг

позволило сформировать систему взаимодействия с заявителями, обеспечивающую высокий уровень предоставления услуг [2].

В условиях информационного прогресса сформировалась необходимость повышения качества выполнения государством своих функций и доступности оказания услуг населению на основе комплексного применения информационно-коммуникационных технологий. Одной из ключевых задач принятых программных документов обозначено формирование упорядоченной структуры электронного правительства и использование многофункциональных центров и сети Интернет для предоставления услуг государственного уровня на основе системы межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ) органов государственной власти с организациями и заявителями во всех регионах страны. СМЭВ предоставляет доступ к необходимым электронным сервисам, сосредотачивающим сведения различных органов власти на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, и объединяет следующие субъекты инфраструктуры электронного правительства: федеральные органы исполнительной власти и исполнительные органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, государственные и муниципальные учреждения, многофункциональные центры и другие, обеспечивая оперативное взаимодействие.

Согласно [3] закреплено следующее определение многофункционального центра предоставления государственных и муниципальных услуг (МФЦ): это «организация, созданная в организационно-правовой форме государственного или муниципального учреждения (в том числе являющаяся автономным учреждением), отвечающая требованиям, установленным настоящим Федеральным законом, и уполномоченная на организацию предоставления государственных и муниципальных услуг, в том числе в электронной форме, по принципу «одного окна»». Технология «одно окно» предусматривает оказание государственных и муниципальных услуг в одном месте, начиная от подачи заявления и заканчивая выдачей результата услуги, в том числе обеспечивая получение нескольких услуг, предоставляемых разными ведомствами. Организация деятельности МФЦ регламентируется Постановлением Правительства РФ от 22.12.2012 № 1376 «Об утверждении Правил организации деятельности многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг», в котором описаны требования к условиям и качеству оказания услуг [2].

Одним из важнейших элементов обеспечения деятельности МФЦ выступает автоматизированная информационная система МФЦ (АИС МФЦ), которая реализует автоматизацию ключевых процессов предоставления государственных услуг и

выполняет ряд функций: комплектование электронных пакетов документов, которые содержат заявления (запросы) об оказании услуги, а также электронные образы документов; справочная помощь специалистам МФЦ по приему, выдаче, а также обработке документов с поэтапной фиксацией хода предоставления услуг; поддержка принятия решений о возможности, составе и процедуре формирования межведомственного запроса в органы исполнительной власти; взаимодействие со всеми информационными системами, участвующими в оказании государственных и муниципальных услуг; консультативная поддержка заявителей и работников МФЦ по вопросам порядка и условий оказания услуг; соединение с электронной очередью; хранение данных об истории обращений граждан.

За счет обеспечения интеграции АИС МФЦ с СМЭВ и ЕПГУ повышается качество предоставления услуг заявителю, сокращается время их предоставления, снижается нагрузка на заявителя вследствие увеличения количества мест получения государственных и муниципальных услуг. Схема процесса взаимодействия АИС МФЦ с инфраструктурой электронного правительства представлена на рис. 1.

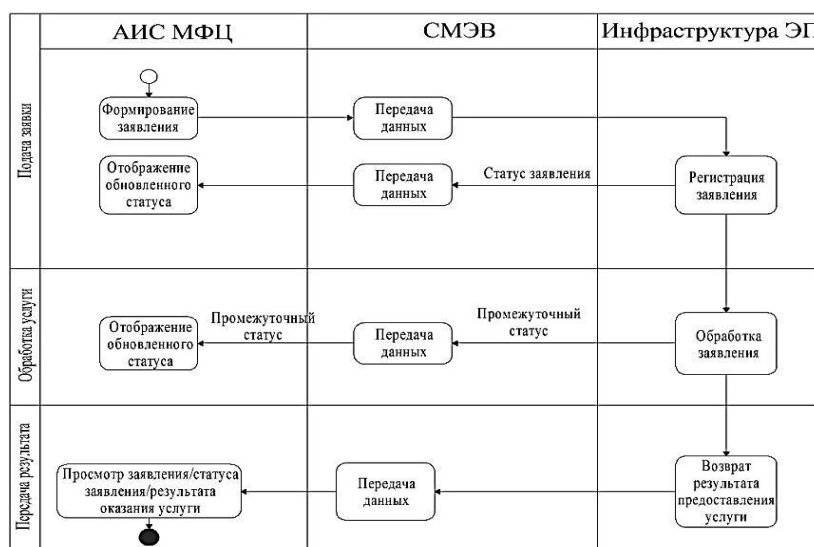


Рис. 1. Схема процесса взаимодействия АИС МФЦ с инфраструктурой электронного правительства

Специалист МФЦ формирует заявку, содержащую документы в электронном виде, которая затем через СМЭВ поступает в органы исполнительной власти, непосредственно оказывающие услугу. Организация межведомственного электронного взаимодействия позволяет специалисту МФЦ получить необходимые документы по соответствующему вопросу от других органов государственной и муниципальной власти, подключенных к СМЭВ. После того, как результат услуги в виде документа подготовлен, он направляется через СМЭВ в МФЦ и выдается заявителю специалистом МФЦ.

Данная технология процесса взаимодействия государственных органов и граждан, в части предоставления государственных и муниципальных услуг на базе МФЦ Ульяновской области, позволила:

1. Существенно упростить процесс получения государственных и муниципальных услуг вследствие сокращения количества предоставляемых документов, а также сроков оформления и предоставления услуг за счёт внедрения единого стандарта обслуживания и совокупности административных регламентов, организации информационного взаимодействия и обеспечения получения справок и запросов в электронном виде путем одновременного оказания нескольких услуг, предоставляемых разными ведомствами.

2. Устранить развитие коррупционных действий в процессе предоставления государственных услуг, поскольку специалисты МФЦ не принимают решения по поступающим от граждан заявлениям, осуществляя только консультации, прием и выдачу необходимых документов.

В Ульяновской области создано 28 обособленных подразделений МФЦ во всех муниципальных образованиях региона. На сегодняшний день специалисты МФЦ предоставляют заявителям 271 вид услуг: 44 федеральных, 146 региональных и 81 муниципальных. За 11 месяцев 2020 года жители региона получили 1636266 государственных и муниципальных услуг в электронном виде.

Актуальными задачами на современном этапе являются: совершенствование административных регламентов и стандартов предоставления государственных и муниципальных услуг; использование актуализированных ИТ-решений, которые позволят обеспечить интеграцию АИС МФЦ с государственными и муниципальными информационными системами при постоянно меняющихся требованиях законодательства.

Литература

1. Модернизация государственных услуг. Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <https://www.economy.gov.ru/> (дата обращения: 12.12.2020).

2. Постановление Правительства РФ от 22.12.2012 № 1376 (ред. от 24.11.2020) «Об утверждении Правил организации деятельности многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг». [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_139747/ (дата обращения: 14.12.2020).

3. Федеральный закон от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг». [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document_103023/(дата обращения: 06.12.2020).

УДК 004

**Анализ проблем с реализацией многопоточных приложений на языке
программирования Java и способы их решения**

Сидоренко Даниил Евгеньевич, 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

Современное состояние вычислительных систем предполагает написание программных продуктов, которые используют технологию многопоточности. В статье рассмотрены основные определения и механизмы реализации многопоточных программ на языке программирования Java. Выделены основные особенности и тонкости, которые необходимо учитывать при использовании многопоточности в приложении. Выделены основные недостатки и отмечены пути решения потенциальных проблем.

Производительность современных вычислительных систем на данный момент является впечатляющей. При сравнении с технологиями прошлых лет, прирост производительности современных решений может быть более чем двукратным [1, 2]. Ежегодный рост производительности аппаратных решений позволяет строить более производительные программы [3].

По определению, многозадачность – это ситуация, при которой несколько процессов совместно используют ресурсы обработки, такие как центральный процессор (ЦП) [3, 4]. Многопоточность расширяет идею многозадачности приложения, где возможно разделить определенные операции в рамках одного приложения на отдельные процессы. Каждый из процессов может работать параллельно и обрабатываться различными потоками. Планировщик операционной системы (ОС) распределяет время обработки между всеми процессами. Многопоточность позволяет

писать приложения таким образом, чтобы несколько действий могли выполняться одновременно в одной программе [5, 6, 2].

Так «процесс – это совокупность кода и данных, разделяющих общее виртуальное адресное пространство. Процессы изолированы друг от друга, поэтому прямой доступ к памяти чужого процесса невозможен (взаимодействие между процессами осуществляется с помощью специальных средств)» [5]. Благодаря планировщику ОС, даже в системе, которая имеет один поток, будет поддерживаться многозадачность благодаря системным прерываниям [5, 7].

Из чего «поток – это одна единица исполнения кода. Каждый поток последовательно выполняет инструкции процесса, которому он принадлежит, параллельно с другими потоками этого процесса» [5]. Контроль распределения потоков в системе возлагается на ОС, в различных системах это своеобразные «API», контролирующие переключения [5, 8].

Для языка Java достаточно определить, что процесс должен выполняться в отдельном потоке. Остальные взаимодействия с ОС производятся на виртуальной машине Java (JVM) [6, 7].

Так, поток реализуется в классе «Thread», в котором определен статус в «enum State», характеризующий стадию потока в жизненном цикле. На рис. 1 показан полный жизненный цикл потока и все возможные его состояния.

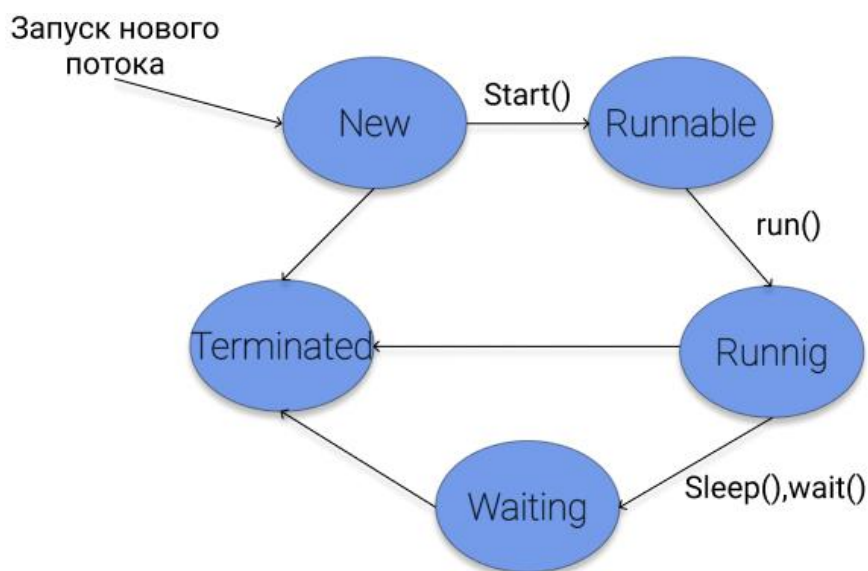


Рис. 1. Схема состояний «Thread»

Жизненный цикл потока:

- Только проинициализированный экземпляр класса «Thread» поток получит статус «New». Состояние остается до тех пор, пока в программе не будет вызван у объекта метод «start()», который запустит поток.

- «Runnable» – поток ожидает от JVM необходимых ресурсов для запуска, а после выполняет метод «run()», в котором определена задача.

- «Waiting» состояние, в котором поток переходит в ожидание с помощью методов «wait()» и «join()». Поток переходит обратно в состояние «Runnable» только тогда, когда в другом потоке произойдёт вызов метода, который оповестит ожидающий поток, после чего тот продолжит выполнение.

- «Timed_Waiting» состояние, в которое выполняемый поток может войти в состоянии ожидания по времени с помощью методов «sleep()» и «waiting()» с заданным параметром, в течение которого данное состояние не изменится, за исключением вызова у объекта метода «notify()», кроме того возобновление работы или переход в основное состояние происходит, когда истекает указанный временной интервал.

- «Blocked» состояние, в котором находится заблокированный поток, ожидающий разблокировки монитора или же заблокирован с помощью одного из методов.

- «Terminated» данное состояние описывает завершённый поток, для перехода в данный режим метод «run()» должен выполняться или для этого объекта должен выполняться один из завершающих методов [1, 6, 7].

Приоритеты потоков идентичны потокам в ОС, каждый поток Java имеет приоритет, который помогает операционной системе определять приоритет для выполнения. Если приоритет не задан явно, то он будет равен приоритету главного потока «main», который обычно равен значению 5. Приоритеты потоков в Java обычно задаются диапазоном значений от 1 до 10. Кроме того выделяют следующий список констант:

- «MIN_PRIORITY», константа со значением 1.

- «NORM_PRIORITY», константа со значением 5.

- «MAX_PRIORITY», константа со значением 10.

Стоит отметить, что потоки с более высоким приоритетом более значимы, из чего планировщик должен выделить им больше процессорного времени, однако всё очень сильно разнится от платформы, кроме того, при расставлении приоритетов потоков нельзя гарантировать порядок, в котором будут выполняться процессы [1, 5, 7].

При запуске двух или более потоков в программе, может возникнуть ситуация, когда несколько потоков пытаются изменить один и тот же несинхронизированный ресурс, что приведёт к непредсказуемому результату из-за проблем с параллелизмом [3]. Такой ресурс называется критической секцией, одним из решений этой проблемы является использование атомарных операций для взаимодействия с критической

секцией, например если секция статична, то обычно получение данных будет работать без ошибок. Под атомарностью подразумевают «действие, которое происходит сразу» [5].

Таким образом, необходимо синхронизировать действие нескольких потоков и убедиться, что только один поток может получить доступ к ресурсу в заданный момент времени. Это реализовано с помощью концепции «мониторов». Каждый объект в Java имеет монитор, который может блокироваться или разблокироваться. Только один поток одновременно может удерживать блокировку на мониторе. Так при взятии монитора критической секции потоком, можно безопасно изменить её, а после разблокировать монитор. Это является одним из примеров потокобезопасных операций, которые достигаются за счёт применения модификатора `synchronized` к методу или какому-либо объекту. Однако также данную конструкцию можно вызвать, как блок кода, которому необходим один параметр – монитор. Такой метод позволяет меньше занимать монитор объекта, однако читаемость кода сильно падает, поскольку данный блок скрыт в реализации. Кроме того при взятии монитора одним потоком с помощью `synchronized` остальные потоки блокируются, а именно приобретают статус «Blocked» [5, 8].

Главным недостатком вышеописанного подхода является ситуация под названием «Deadlock», когда два или более потока заблокированы навсегда, ожидая друг друга. Такое поведение называется взаимоблокировкой, которая возникает, когда нескольким потокам нужны одинаковые блокировки, но они получают их в разном порядке. Одним из примеров, возникновения данной проблемы является использование блока `synchronized`, вложенного в блок `synchronized`, неправильное поведение возникает, когда один монитор взят первым потоком, а другой вторым, из-за чего первый объект, даже имея один из мониторов, пытается получить второй, не давая пользоваться взятым до этого первым монитором [3, 7].

При использовании обычных полей нет никаких гарантий корректной работы, когда JVM считывает данные из оперативной памяти в кэш процессора или записывает данные из кэша процессора в оперативную память, данный механизм не может гарантировать корректное выполнение многопоточного приложения [4, 6, 7].

Так, может возникнуть ситуация, когда два или более потока имеют доступ к общему объекту; первый поток изменяет значение поля, другой считывает значения поля, поскольку нет никакой гарантии, когда значение переменной будет записано из процессорного кэша обратно в оперативную память, приводит к тому, что значение в объекте в кэше процессора может отличаться от значения в оперативной памяти [4, 9].

Решением данной проблемы является модификатор «volatile», который гарантирует видимость изменения переменных в потоках. Достигается путем отключения оптимизации у компилятора для данной переменной, а также её значение всегда берётся из оперативной памяти, пример выше демонстрировал данную проблему [2, 4]. Одним из примеров, где из-за оптимизации возникают неопределённые состояния, когда в одном потоке существует бесконечный цикл с флагом со значением «true», при попытке его изменения из другого потока на false для остановки цикла, но изменение не произойдёт поскольку компилятор из-за того, что не нашёл ссылки с изменением флага ниже в коде, заменил флаг на true, из-за чего заложенная логика не выполнялась и возникли непредвиденные состояния.

Литература

1. Рябенков Р.А. Машинное обучение / Р.А. Рябенков, И.В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 224-228.

2. 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 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. – Pp. 020018.

3. Сидоренко Д.Е. Анализ возможности использования нейронных сетей для оценки качества программных продуктов / Д.Е. Сидоренко, И.В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 242-247.

4. Key aspects of the implementation of an automated system module for assessing the quality of academic software products / O. Vishtak [and etc.] // Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – 2020. – Pp. 423-429.

5. Habr. Многопоточность в Java. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/164487/> (дата обращения: 20.12.2020).

6. Oracle. Class Thread. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Thread.html> (дата обращения: 21.12.2020).

7. Oracle. Atomic Access. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/atomic.html> (дата обращения: 21.12.2020).

8. Habr. Процессы и потоки in-depth. Обзор различных потоковых моделей. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/40227/> (дата обращения: 19.12.2020).

9. Сидоренко Д.Е. Анализ реализаций асинхронных процессов в языке программирования JavaScript / Д.Е. Сидоренко, И.В. Михеев / Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 249-253.

УДК 004.9

Функциональное моделирование процессов технического обслуживания на предприятии автосервиса

Федяшина Ольга Игоревна, студент направления

«Информационные системы и технологии»,

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена анализу информационных процессов, протекающих на станции технического обслуживания (СТО) автомобилей на основе методологии функционального моделирования. Деятельность представлена изначально в виде диаграммы AS-IS, а результаты внедрения автоматизированной информационной системы в деятельность автосервиса представлены в виде диаграммы TO-BE.

Успешное развитие любого бизнеса или предприятия невозможно без автоматизации, основанной на использовании передовых информационных технологий. Автоматизация предприятия является перспективным направлением, которое позволяет:

- заменить ручную работу;
- повысить эффективности деятельности;

- сократить расходы компании;
- упростить многие процессы.

Правильное сочетание оборудования и программного обеспечения, эффективная их комбинация улучшает и упрощает многие аспекты бизнеса и повышает его рентабельность и прибыльность.

Современные СТО, если они нацелены на выживание в жёсткой конкурентной борьбе, представляют собой чётко отлаженный бизнес, в котором нет мелочей и всё направлено на максимально качественное обслуживание клиента. Под последним понимается не только непосредственный ремонт машин, но и клиентоориентированный бизнес-процесс, включая приём заказа, выстроенные коммуникации, программы лояльности и многое другое.

Перед тем, как оформить заказ на оказание услуг, клиенты должны заполнить форму регистрации, где необходимо указать свои фамилию, имя, отчество, марку автомобиля, контактный телефон и так далее.

В деятельность автосервиса входит:

- Прием заказа на оказание услуг и регистрация клиентов.
- Справочная информация о доступных услугах.
- Информация об обслуживающем персонале.
- Справочная информация о сделанном заказе.
- Отчет о работах и расчет стоимости предоставленных услуг.

Для проектирования и разработки автоматизированной информационной системы автосервиса изначально необходимо провести моделирование информационных процессов, протекающих в СТО с точки зрения самого предприятия и практического применения автоматизированной информационной системы автосервиса, для чего оптимально применение методологии функционального моделирования IDEF0, которая позволяет представить процессы в виде иерархии упорядоченных и взаимосвязанных диаграмм [1-3].

Процесс выполнения технического обслуживания в автосервисе начинается с поступления заказа от клиента. Далее автомобиль клиента проходит технический осмотр – осмотр, определение вида ремонта запчастей или тюнинга. Если клиента устраивает обслуживание и ценовая политика автосервиса, автомобиль проходит сам процесс ремонта, согласно виду ремонта. В конце обслуживания осуществляется проверка ремонта автомобиля, и, при выявлении недочетов, осуществляется ремонт повторно. Если автомобиль готов, клиент оплачивает свой заказ.

Поэтому начало проектирования модели AS-IS (Как-Есть) – выделение основного процесса работы в автосервисе.

Основная работа автосервиса состоит в диагностике и ремонте автомобилей. Контекстная диаграмма будет иметь одну основную работу «Техническое обслуживание в автосервисе». Контекстная диаграмма, находящаяся на вершине иерархии диаграмм IDEF0 и отображающая отношение системы с внешней средой, приведена на рис. 1.



Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Техническое обслуживание в автосервисе»

После того, как определена контекстная диаграмма, необходимо описать ее так, как бы она взаимодействовала с другими системами, а именно: входы («Данные о клиенте» и «Необслуженный автомобиль»), выходы («Отремонтированный/обслуженный автомобиль», «Данные о типах ремонтных работ» и «Отказ в обслуживании»), управление («Законь, нормативные документы» и «Инструкции по ремонту») и механизмы («Отдел заказов» и «Технический отдел»).

При декомпозиции выделены шесть основных видов работ (рис. 2).

Следующий шаг – анализ недостатков данной структуры и выявление возможных путей исправления этих недостатков. Это осуществляется с помощью разработки модели TO-BE (Как-Будет).

Одним из основных недостатков полученной модели AS-IS является отсутствие программного средства для автоматизации работы организации. На предприятии для информатизации процесса управления может применяться автоматизированная система управления отдела заказов.

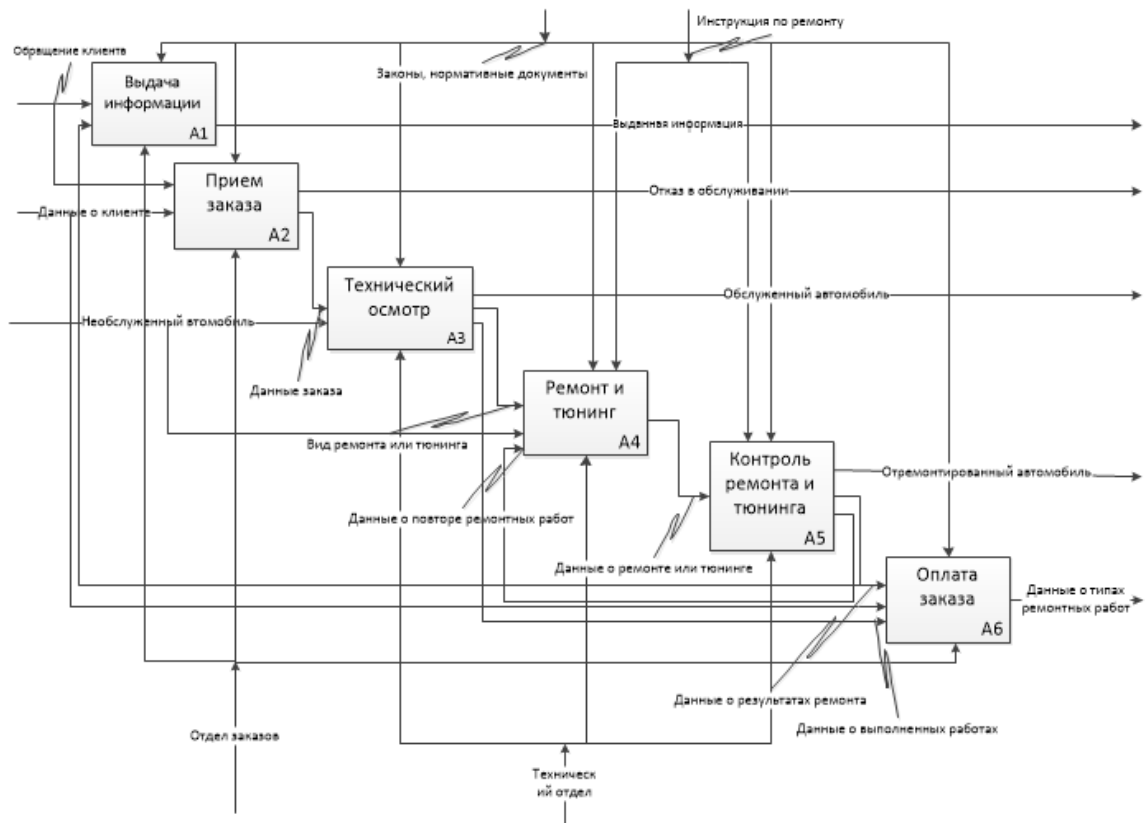


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции процесса А0 «Техническое обслуживание в автосервисе»

Программное средство, которое будет автоматизировать систему, может выполнять такие функции как:

- Выдача информации об услугах.
- Выдача информации о выполнении заказа.
- Изменение статуса заказа.
- Регистрация клиентов.
- Управление информацией о клиентах.
- Получение заказа для его дальнейшего выполнения.
- Оформление заказа на осуществление услуг.
- Отмена заказа клиентом до его подтверждения.
- Подтверждение заказа.
- Формирование списка работ.
- Формирование списка запчастей.
- Формирование механиков на работы.
- Редактирование заказа.
- Редактирование основной информации об автосервисе.
- Расчет стоимости и сроков выполнения.

- Отмена заказа персоналом на любом этапе.
- Выдача окончательного счета.
- Учет (отчеты) выполненных заказов/работ.

Диаграмма IDEF0 TO-BE, то есть декомпозиция блока A0 с автоматизацией процесса, представлена на рис. 3.

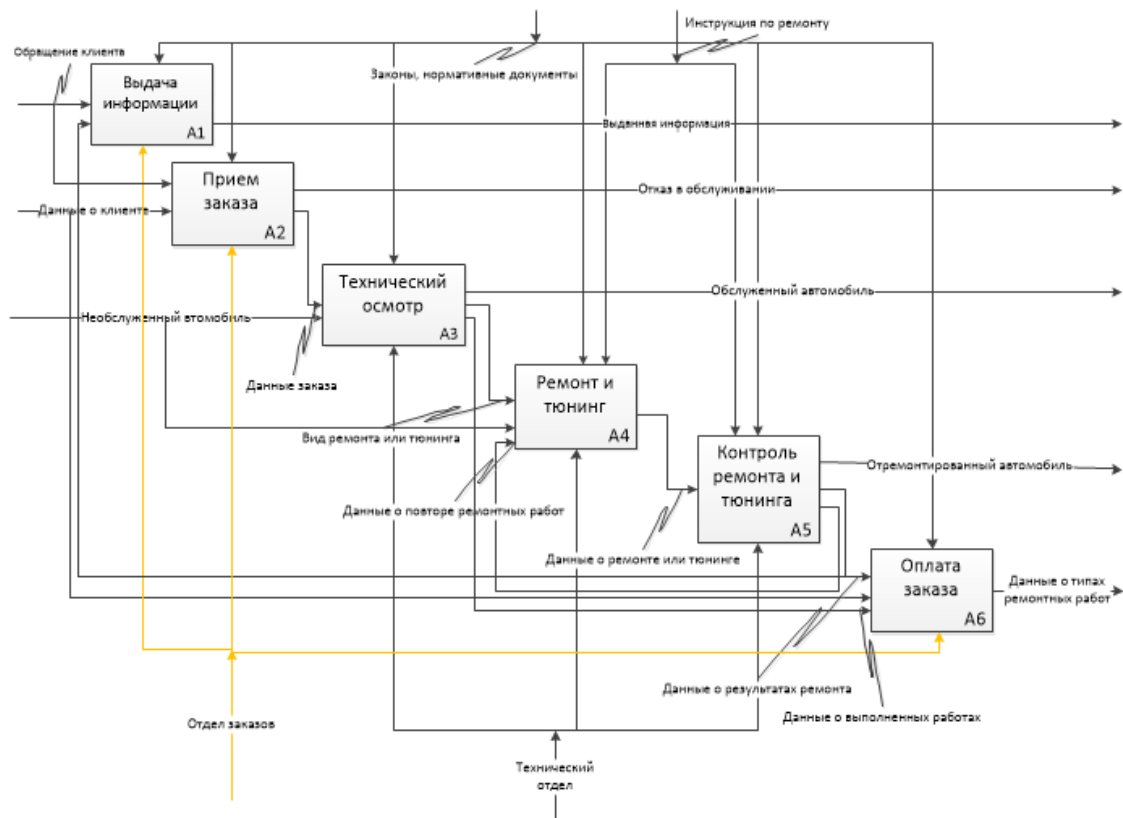


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции процесса A0 «Техническое обслуживание в автосервисе» с автоматизацией процесса

Автоматизация является актуальной тенденцией во всех сферах деятельности компании бизнеса, на заводах-производителях.

С помощью такой технологии можно:

- Сформировать единую базу данных.
- Упростить бухгалтерский учет.
- Создать эффективную систему управления.
- Обеспечить сбор, анализ, обработку и передачу данных в режиме реального времени. Качество информации, улучшается, она становится доступной для тех, кто в ней нуждается сегодня.

- Повысить точность данных.

— Иметь доступ к информации одновременно для целей контроля и планирования; при необходимости, немедленная обратная связь и внесение исправлений.

— Увеличить объем и качество продукции – увеличение спроса клиентов.

После моделирования процесса IDEF0 AS-IS (Как-Есть) были выявлены недостатки существующей организации. Для решения этой проблемы построена модель IDEF0 TO-BE (Как-должно-быть), включающая использование автоматизированной информационной системы, которая позволит улучшить организацию рабочих процессов.

Литература

1. Виштак О.В. Архитектура электронного образовательного ресурса нового поколения / О.В. Виштак, В.П. Петченко // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2017. – С. 92-98.

2. Очкур Г.В. Модернизация локального сетевого взаимодействия общеобразовательного учреждения / Г.В. Очкур, Н.М. Акихова // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2018. – № 1(18). – С. 67-70.

3. Токарев А.Н. Разработка моделей бизнес-процессов структурного подразделения социальной организации / А.Н. Токарев, Г.В. Очкур // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2020. – № 2(27). – С. 20-24.

СЕКЦИЯ 3

«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

УДК 624.014

О перемещениях в элементах башенной градирни гиперболической формы

Акимова Элеонора Константиновна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

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

В работе рассматриваются вопросы влияния различных нагрузок, действующих на башенную градирню гиперболической формы, на значения перемещений. На основе краткого обзора показано, что проектирование стальных градирен в форме гиперboloида вращения является актуальным направлением в текущее время. Выявлено, что наибольшие перемещения от собственного веса возникают у основания градирни. Представленные гистограммы хорошо отображают картину перемещений в верхнем кольце при загрузке ветровой статической и динамической нагрузкой. Показано, что наибольшее влияние оказывает статическая составляющая ветровой нагрузки, на которую необходимо обратить особое внимание при реальном проектировании градирен.

1. Актуальность

Вопрос энергосбережения всегда был актуален. Экономика всех стран, включая Россию, предполагает широкое применение современных технологий, в основе которых лежит существенное снижение энергетических затрат. Понятия энергосбережение и энергосберегающие технологии очень тесно взаимосвязаны, что определяет один из важнейших приоритетов политики нашей страны – России [1]. В статье рассматриваются вопросы расчета высотных градирен, являющихся одними из важнейших сооружений, входящих в состав ТЭС и АЭС.

Большое количество практических и исследовательских работ направлено на изучение вопросов проектирования различных типов градирен. Башенные градирни, как наиболее эффективные сооружения для охлаждения воды, применяются на ТЭС, ТЭЦ и АЭС [2]. Градирни располагаются недалеко от промышленного предприятия,

при этом охлаждение воды протекает за счет естественной тяги. Это основное отличие данного высотного крупноразмерного сооружения.

В настоящее время с развитием энергетики увеличивается мощность тепловых и атомных электростанций и, соответственно, повышается количество воды, которая требует охлаждения. Поэтому требуется проектировать градирни большей производительности.

На данный момент градирни проектируются в сборном каркасно-обшивном варианте, а также в сборном и монолитном железобетоне [3]. Каждый из вариантов имеет ряд хороших достоинств и одновременно обладает определенными недостатками. Кроме того, существенную роль играет при выборе типа градирни район строительства, строительство в тех или иных климатических условиях. Существует большое количество научных работ, в которых проводится обзор различных типов башенных градирен, а также выявляются достоинства, недостатки и особенности применения [4].

Достоинствами стального каркаса является то, что их удобно монтировать укрупненными блоками, которые собирают непосредственно на строительной площадке. Современные башенные градирни могут быть изготовлены из различных профилей: труб, спаренных уголков, швеллеров и других сечений, составленных из них [5]. Обшивка каркаса чаще всего выполняется из алюминиевых листов небольшой толщины. Верхняя часть градирни снабжена светоограждением и имеет маркировочную окраску. По кругу в верхней части башни расположена стальная лестничная площадка для обслуживания сооружения [6].

На основе выполненного краткого анализа с учетом известных технико-экономических показателей башенных градирен, а также условий проектируемой ТЭС [1, 7] – расположение станции, температурный режим, оборудование главного корпуса, для исследования и анализа была принята гиперболическая градирня высотой 150 м, состоящая из стального каркаса и панелей, в основании которой лежит многогранник [8].

Целью работы является установление значения перемещений при различных нагрузках, действующих на башенную градирню гиперболической формы и проведение анализа их влияния на несущую способность высотной пространственной конструкции.

2. Расчет градирни

Необходимо выполнить анализ изменения перемещений при различных нагрузках и воздействиях, а также установить влияние перемещений на несущую способность башенного сооружения. Исходные данные следующие: район строительства – Калужская область; высота башни 150 м; в основании 32-гранник;

диаметр описанной у основания башни окружности 120 м; количество ярусов – 16; материал исполнения – сталь С345 (рис. 1). Расчет велся на постоянную и ветровую нагрузки [9].

При кодировке каркаса сооружения для статического и динамического расчетов был принят 5 тип конечного элемента – КЭ пространственной рамы, поскольку узлы являются жесткими. В основе расчета – метод конечных элементов в перемещениях [10]. В расчет было введено 3 типа нагрузок:

- собственный вес каркаса сооружения;
- ветровая нагрузка;
- динамическая составляющая первой статической нагрузки.

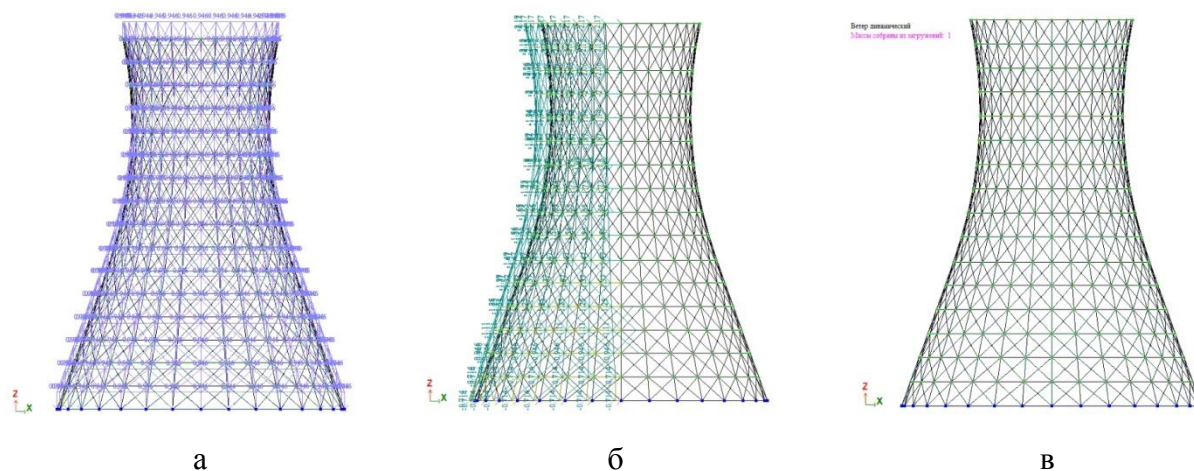


Рис. 1. Загружения каркаса башенной градирни

При расчете в ПК «ЛИРА–САПР» пульсационная составляющая ветровой нагрузки создается автоматически при введении параметров ветрового нагружения. На рис. 1 показаны загрузки каркаса башенной градирни: а – нагрузка от собственного веса элементов башни; б – ветровая нагрузка; в – пульсационная нагрузка.

Перемещения элементов каркаса градирни. Для наиболее оптимального варианта – профиля коробка из швеллеров, рассмотрим перемещение элементов каркаса. На рис. 2 показана мозаика перемещений, а кружком отмечены максимальные и минимальные значения перемещений элементов гиперболической башни.

Анализ полученных результатов показал (рис. 2):

- наибольшие перемещения от собственного веса возникают у основания башенной градирни;
- наибольшие перемещения от статической ветровой нагрузки появляются на уровне горловины – самой узкой части конструкции;
- наибольшие перемещения от пульсационной составляющей ветровой нагрузки будут происходить у верхушки градирни;

– в большей степени на значение перемещений влияние оказывает статическая составляющая ветровой нагрузки.

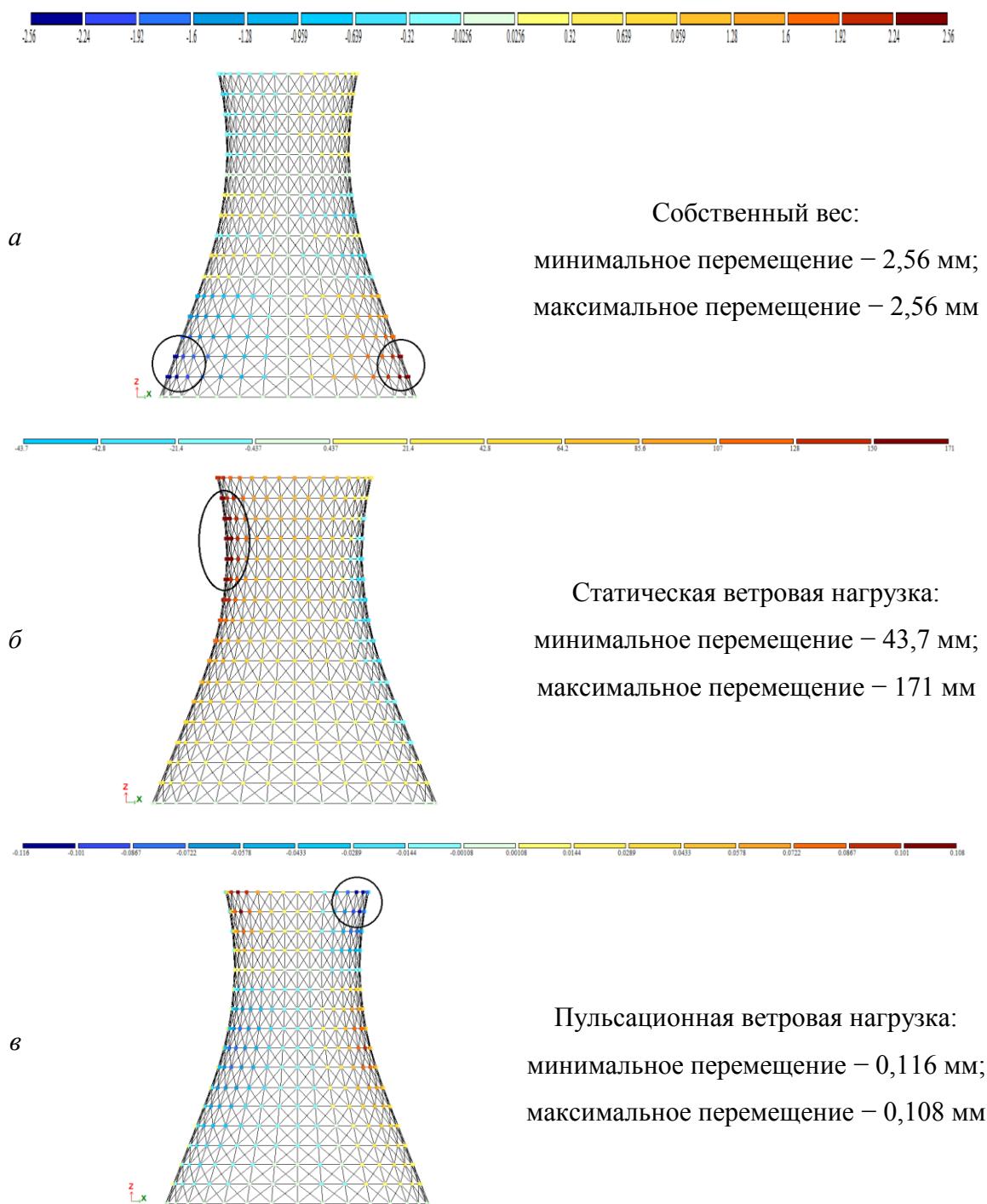


Рис. 2. Мозаика перемещений элементов башни

3. Оценка полученных результатов

Перемещение узлов верхнего пояса градирни. На рис. 3 представлены перемещения каркаса градирни на верхней отметке. Элементы градирни выполнены из коробки швеллеров. Для анализа выбраны характерные точки, позволяющие сопоставить перемещения по периметру многогранной пространственной конструкции.

На рис. 3-5 представлены перемещения узлов, выбранных для анализа. Данные свидетельствуют, что перемещения находятся в допустимых пределах [11].

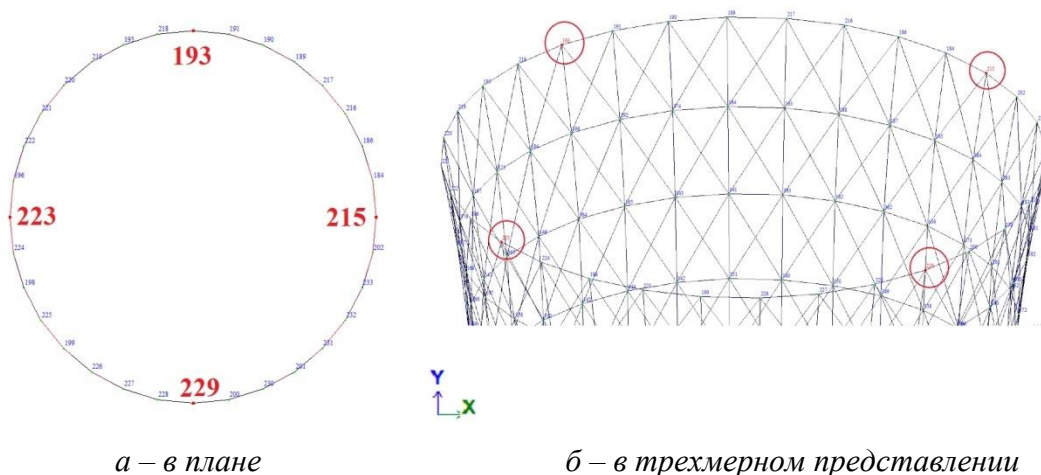


Рис. 3. Нумерация узлов на отметке 150,000 м

На диаграммах (рис. 4) четко просматривается, в направлении каких осей происходит наибольшее и наименьшее перемещение выбранных для анализа точек от статической ветровой нагрузки.



Рис. 4. Диаграммы перемещения характерных узлов по осям при статической ветровой нагрузке

Анализируя диаграммы (рис. 4), можно сделать следующие выводы:

- перемещение узла 215 от статической ветровой нагрузки по оси Y минимально и равно 0,04 мм, при этом перемещение по осям X и Z имеют близкие значения и равные соответственно 29,775 мм и 23,496 мм;

- перемещение узла 223 максимально по оси X и равно 143,581 мм, минимально по оси Y равно 0,049 мм;

- максимальное перемещение в узле 193 по оси X равно 85,718 мм, минимальное по оси Z – 10,041 мм;

- максимальное перемещение в узле 229 по оси X равно 85,732 мм, минимальное по оси Z – 10,039 мм.

Из анализа построенных диаграмм (рис. 5) хорошо просматривается:

- максимальное перемещение в узле 193 – по оси Y и равно 0,128 мм, минимальное по оси X – 0,009 мм;

- максимальное перемещение в узле 215 – по оси Y и равно 0,041 мм, минимальное по оси Z – 0,005 мм;

- наибольшее значение перемещения в узле 223 имеют по оси Y – 0,041 мм, а наименьшее – по оси Z и равно 0,005 мм;

- максимальное перемещение в узле 229 – по оси Y и равно 0,126 мм, а по осям Z и X минимальны и имеют значения 0,024 и 0,008 мм соответственно.



Рис. 5. Диаграммы перемещения характерных узлов по осям при динамической ветровой нагрузке

Таким образом, в результате расчета было выявлено следующее:

– для собственного веса градирни максимальное перемещение – 12,093 мм, а минимальное перемещение 0,000 мм;

– для статической ветровой нагрузки максимальное перемещение 143,581 мм, а минимальное перемещение – 0,040 мм:

– для динамической ветровой нагрузки максимальное перемещение 0,027 мм, а минимальное перемещение – 0,005 мм

Следует отметить, что наибольшее влияние оказывает статическая составляющая ветровой нагрузки, на которую необходимо обратить особое внимание при реальном проектировании градирен.

Выводы.

На основе проведенного расчета на различные воздействия на стальную башенную градирню и анализа полученных данных было установлено:

❖ проектирование стальных градирен в форме гиперboloида вращения является актуальным направлением в текущее время;

❖ расчет конструкций в ПК «ЛИРА–САПР» позволяет исследовать, как влияют различные воздействия на перемещения каркаса градирни, что отражается на несущей способности сооружения;

❖ наибольшие перемещения от собственного веса возникают у основания градирни; а наибольшие перемещения от статической ветровой нагрузки имеют место на самой узкой части конструкции – у горловины;

❖ максимальные перемещения от пульсационной составляющей ветровой нагрузки происходят у верхушки градирни;

❖ замечено, что наибольшее влияние на значение перемещений оказывает статическая ветровая нагрузка.

Проведенный расчет и анализ может быть использован при проектировании стальных градирен в виде гиперboloида на тепловой и атомной электростанции, строительство которых может быть осуществлено в любых климатических районах.

Литература

1. Вишницкий И.К. Строительство тепловых электростанций: учебник для вузов / Под ред. В.И. Теличенко. – Москва: Изд-во АСВ, 2010. – 376 с.

2. Щуцкий С.В. Особенности расчета башен в форме сетчатого гиперboloида / С.В. Щуцкий, А.В. Черныш, С.А. Болдырев // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2 (53). [Электронный ресурс] URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5777> (дата обращения: 30.11.2020).

3. Кравченко Г.М. Параметрическая архитектура / Г.М. Кравченко, А.Ю. Манойленко, В.В. Литовка // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2(49). [Электронный ресурс] URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5040> (дата обращения: 30.11.2020).

4. Гринько Е.А. Обзорные работы по геометрии, прочности, устойчивости, динамике и применению оболочек со срединными поверхностями различных классов / Е.А. Гринько // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2012. – № 2. – С. 15-21.
5. Компания «Стройсталь». [Электронный ресурс] URL: <https://www.stroymetall.ru/metal-roll/> (дата обращения: 20.11.2020).
6. Akimova E. About designing tower coolers / E. Akimova, Y. Popova, S. Rashchepkina // The scientific heritage. – Hungary: Budapest. – 2019. – № 42. – Pp. 52-57.
7. Акимова Э.К. Эффективные охладительные градирни / Э.К. Акимова, С.А. Ращепкина // Символ науки. – 2020. – № 1. – С. 16-17.
8. Астряб С.М. Проектирование металлических конструкций градирен / С.М. Астряб, Ю.В. Соболев. – М.: МИСИ, 1984. – 56 с.
9. Алямовский А.А. Solidworks/CosmosWorks: инженерный анализ методом конечных элементов / А.А. Алямовский. – М.: ДМК, 2004. – 432 с.
10. Программный комплекс ЛИРА–САПР 2012 / Р.Ю. Водопьянов [и др.]. [Электронный ресурс] URL: <https://www.liraland.ru> (дата обращения: 30.11.2020).
11. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования. М: Стандартинформ, 2017. – 96 с.

УДК 691-3

**Производство эффективных строительных материалов
с использованием отходов промышленности**

Андреева Наталья Викторовна, старший преподаватель кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»;

Марусик Алексей Константинович, студент направления «Строительство»

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

В данной статье рассматривается актуальность применения отходов промышленности для производства различных эффективных строительных материалов.

Производство различных строительных материалов – отрасль потребления как природных ресурсов, так и отходов промышленности. Вследствие этого важным вопросом является разработка инновационных строительных материалов с использованием промышленных отходов. Решение этого вопроса непосредственно связано с задачей ресурсосбережения в регионах, предприятия которых производят большое число различных отходов. Массовое накопление отходов производства и потребления выявляет проблему отсутствия или несовершенства технологии их сбора, утилизации, низкого и нерационального использования техногенных отходов как вторичных материальных ресурсов, а также определяет необходимость решения экологических задач [1].

Развивающаяся экономика и растущая численность населения приводят к увеличению объема промышленных отходов [1, 2]. В основном это нетоксичные отходы добывающей и перерабатывающей промышленности, а также промышленные отходы, относящиеся к III и IV классам опасности (рис. 1). Эти отходы могут рассматриваться как технологичное и экономичное вторсырье для производства эффективных строительных материалов, их утилизация при условии соблюдения природоохранного законодательства является экономически и экологически целесообразной [1, 3].

Промышленные отходы позволяют снизить материалоемкость производства заполнителей, повысить качество и снизить себестоимость готового продукта. Для их использования в качестве вторичного сырья важно учитывать как место образования отходов, так и вид, объем, качественные показатели, доступность, состояние транспортных коммуникаций и их протяженность, наличие погрузочно-разгрузочного и другого оборудования для первичной переработки, обогащения и фракционирования материалов и т. п.

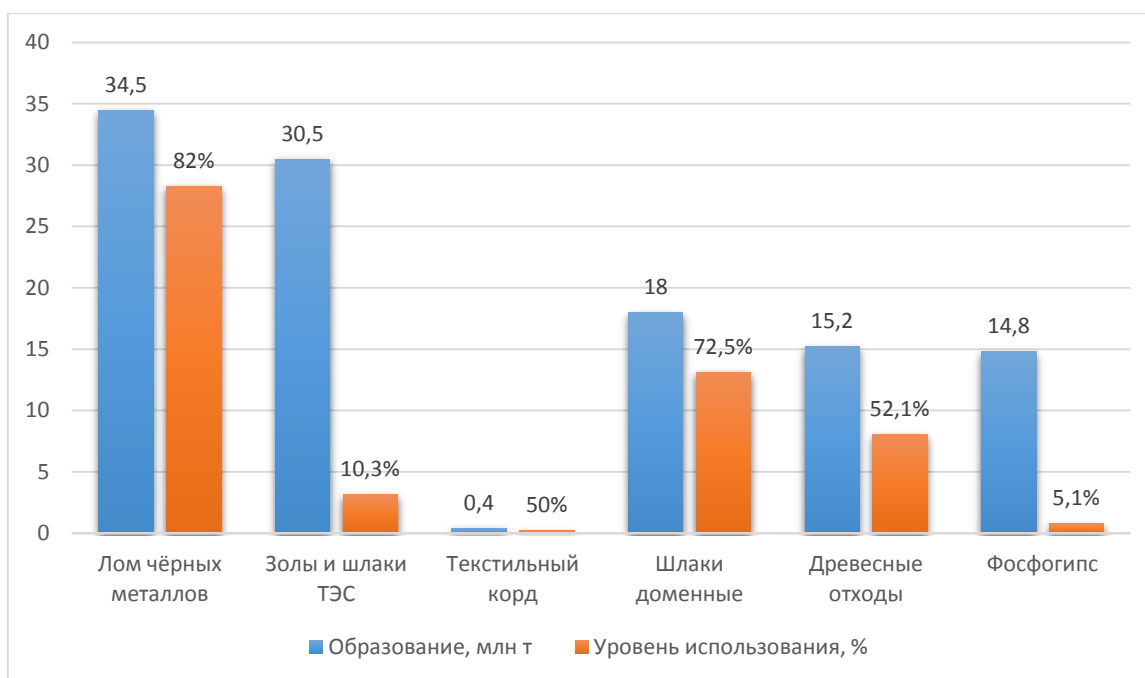


Рис. 1. Уровень вторичного использования отходов промышленности в Российской Федерации

За рубежом зола, шлаки и золошлаковые смеси от сжигания бурого и каменного угля, антрацита и горючих сланцев используются в основном как добавки к бетонам и в производстве пористых заполнителей. Например, в Англии зола используется как примеси для частичной замены цемента и песка в конструкционных бетонах в энергетическом строительстве. В США золовынесения ТЭС вводятся в бетонную смесь до 5-10 % вместо цемента, который увеличивает плотность и сульфатостойкость бетона.

Одним из направлений увеличения масштабов утилизации отходов ТЭС является использование золы-уноса вместо части цемента и песка. На предприятиях стройиндустрии золу-уноса ТЭС вводят в бетон в соединении со шлаками, которые обеспечивают возможность снижения затрат щебня и цемента на 10-12 %. Бетоны с использованием золы-уноса ТЭС применяются как для сборных, так и для монолитных конструкций.

Таким образом, зарубежный и отечественный опыт показывает, что наиболее перспективное использование золы-уноса и топливных шлаков – их применение как заполнителей при изготовлении бетонов.

Следует отметить, что введение золы-уноса в бетон способствует уменьшению теплопроводности, повышению его водонепроницаемости, сульфатостойкости.

Доменные гранулированные шлаки используются при производстве многокомпонентных цементных систем.

При использовании шлаков как основного заполнителя и для частичной замены щебня, кроме экономической выгоды, повышается морозостойкость и водонепроницаемость бетона.

Отходы угледобычи используются в основном при производстве пористого заполнителя – аглопорита. Аглопоритовый щебень и гравий получают путем спекания отходов гравитационного обогащения (без добавления топлива) или отходов флотации (с добавлением глины для улучшения грануляции и пластичности) насыпной плотностью 300-500 кг/м³.

При переработке отходов химической и перерабатывающей областей промышленности получают примеси для бетонов, благодаря использованию которых возможно увеличение прочности бетона; улучшение свойств бетонной смеси; регулирование процесса схватывания, твердения, тепловыделения; сокращение продолжительности тепловлажной обработки; повышение морозостойкости, плотности, водонепроницаемости, стойкости в разных агрессивных средах.

Использование примесей при изготовлении бетонных смесей значительно повышает качество и эффективность бетонных и железобетонных конструкций, уменьшает энергоемкость и трудоемкость технологических процессов.

Изношенные шины, камеры и другие резиносодержащие отходы имеют широкое применение в производстве кровельных рулонных материалов, шифера, черепицы, мастики и других гидроизоляционных материалов, а также в качестве наполнителя в асфальтобетонные смеси при строительстве автомобильных дорог [3].

Одним из вариантов вторичного использования техногенных отходов (полипропилен, металлокорд, использованные автомобильные шины) является их применение в качестве фибры, а также заполнителей для фибробетона и фиброторкретбетона. В Европе и США проводятся масштабные исследования о возможности применения отходов различных производств в строительной отрасли.

Решение задач по производству эффективных строительных материалов с использованием отходов промышленности является важным направлением, способствующим реализации государственной стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года.

Литература

1. Демьянова В.С. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов: монография / В.С. Демьянова, А.Д. Гусев. – Пенз. гос. ун-т архитектуры и стр-ва. – Пенза, 2013. – 128 с.
2. Сколько отходов образуется в России / С. Элкок [и др.] // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 8. – С. 56-59.
3. Голова Т.А. Исследование свойств композиционных материалов на основе фосфогипса / Т.А. Голова, И.А. Магеррамова, А.Р. Давтян // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2017. – Т. 17. – № 12. – С. 77-79.

УДК 691.327.32

Эффективность применения фосфогипса в строительстве

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Промышленное и гражданское строительство»;

Дворядкина Дарья Андреевна, студент направления «Строительство»

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

Статья посвящена проблеме утилизации фосфогипса. Описаны основные характеристики фосфогипса. Рассмотрены примеры его применения для строительства.

Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды являются в большинстве стран мира одной из приоритетных задач стабильного экономического развития. Утилизация промышленных отходов – это одна из перспективных материалоемких отраслей промышленности. Однако, многокомпонентность и непостоянство химического состава отходов, сложность физико-химических процессов, протекающих при их переработке, а также привлечение дополнительных материальных ресурсов и финансовых инвестиций при реализации технологий их переработки или утилизации сдерживают их применение.

Вопрос использования фосфогипса в строительстве подвергается анализу и экспериментальным исследованиям со второй половины XX века. В настоящее время проблема утилизации отходов в России является приоритетной задачей, потому что

количество неутилизованных отходов по стране оценивается приблизительно в 82 млрд т, что негативно влияет на экологическую обстановку в целом. При этом перерабатывается лишь около 1,5-2 % такого сырья, остальное остаётся на территории заводов и зачастую хранится на открытых площадях.

Саратовская область имеет разветвлённую промышленную структуру, где сосредоточены предприятия различного назначения. Одной из ключевых проблем утилизации отходов в Саратовской области является накопление отходов Балаковского филиала АО «Апатит», который представляет собой огромный отвал фосфогипса высотой более 50 метров, расположенный на берегу р. Б. Иргиз, в непосредственной близости от г. Балаково.

Фосфогипс это остаточный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты, который получается из фосфатных пород путем «мокрого» процесса взаимодействия смеси серной и фосфорной кислот дигидратным способом. По воздействию на организм человека фосфогипс относится к малоопасным веществам (IV класс опасности, ГОСТ 12.1.007 [1]). Фосфогипс разделяют в зависимости от типа исходного материала – на апатитовые и фосфоритовые. Так, фосфогипс из фосфоритного сырья содержит значительно меньше стронция (400-600 мг/кг) по сравнению с кислым фосфогипсом из хибинского апатитового концентрата (1400 мг/кг). Но в фосфогипсе содержатся и вещества, относящиеся к первому классу опасности такие как, кадмий и свинец, что значительно затрудняет его использование в качестве исходного материала для использования в строительстве.

Фосфогипс является материалом близким по своим физико-механическим характеристикам к обычному гипсу, поэтому его применение в строительной области может быть использовано в качестве вяжущего.

Известен опыт применения фосфогипса для строительства дорог 1–5 классов (рис. 1). Для внедрения в строительное производство организациями разрабатываются различные нормативные документы, которые регламентируют его использование в дорожном строительстве. Так, в документе [2] указано, что «по санитарно-химическим показателям фосфогипс характеризуется наличием химических соединений (SO_3 , P_2O_5 , F), не превышающих предельно допустимые концентрации для атмосферного воздуха над проезжей частью дорог», поэтому его применение не вызывает загрязнение окружающей среды. По СТО 24406528-01-2016 [3] при этом для изготовления несущих слоев дорожных оснований подходит только фосфогипс-полугидрат сульфата кальция ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$) возрастом до 3-х суток, который называется дорожным фосфогипсом.



Рис. 1. Применение фосфогипса в строительстве

Согласно другому нормативному документу, который был разработан в 2010 году, ТУ 5744–144–05015182–2010 [4] в технических условиях указаны преимущества использования фосфогипса:

- уменьшение сроков строительства дорог при вводе в эксплуатацию, так как фосфогипс быстро набирает прочность на открытом воздухе после механического утрамбовывания, что позволяет быстро открыть движение по новой дороге;
- возможность укладки основания из фосфогипса на любую почву;
- монолитная плита из фосфогипса продолжает набирать прочность с каждым годом;
- в отличие от бетона не требует устройства тепловых швов;
- срок службы фосфогипсовой плиты более 50 лет;
- стоимость основания дороги из фосфогипса более чем в 2 раза ниже песчано-гравийного;
- строительство возможно в любое время года, поскольку связывающие свойства не зависят от температуры и влажности.

Использование фосфогипса при строительстве дорог приводит к сокращению затрат до 30 % по отношению к дорогам с традиционными строительными материалами.

В аграрной промышленности фосфогипс применяется для гипсования почв (рис. 2). Этот процесс носит название химической мелиорация и проводят его с целью снизить щелочность почвы, а также повысить ее плодородность. Отличительной особенностью является то, что в процессе взаимодействия с почвой образуется пленка, позволяющая дышать почвенному покрову.

Одним из приоритетных факторов экономического развития в большинстве стран является создание малоэнергоемких строительных композитов и утилизация отходов промышленности. Сложившиеся экономические условия в России определяют новый подход к выбору эффективных строительных материалов, совершенствованию технологических приемов, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства изделиям и конструкциям на их основе.

Альтернативным решением данной проблемы может быть использование фосфогипса или строительных композитов на его основе. Использование фосфогипса определяется экономическими задачами, решаемыми в следующих направлениях: получение новых строительных изделий; замена части традиционных материалов вторичными ресурсами, отходами; создание безотходных технологий производства; снижение энергозатрат и, самое важное, охрана окружающей среды. Физико-механические характеристики и минералогические составы таких отходов определяют эффективность их использования для производства малых архитектурных форм.



Рис. 2. Применение фосфогипса в аграрной промышленности

Решение задачи использования фосфогипса позволит не только существенно улучшить экологическую обстановку в регионах, но и обеспечить промышленность стройматериалов высококачественным сырьем, т. к. по содержанию дигидрата сульфата кальция фосфогипс соответствует гипсовому сырью первого сорта.

Многочисленные экспериментальные работы и их внедрение до уровня полупромышленных установок позволяют получить вяжущее прочностью Г-2 – Г-5. Однако, практическая реализация в виде действующих линий осложняется отсутствием нужного технологического оборудования и высокими энергозатратами при тепловой обработке изделий.

Создание многокомпонентных композитов позволяет оптимально сочетать свойства в соответствии с назначением и областью применения материала. Композиты, содержащие гипсовые вяжущие, имеют высокое водопоглощение и низкую водостойкость, что ограничивает их применение для наружных работ. Этот недостаток возможно устранить с введением в композицию полимеров (карбомидные и меламиновые смолы, акриловые сополимеры). Рациональной областью применения гипсополимерных материалов в строительстве являются гипсополимерный материал для декоративных плит внутренней облицовки стен и устройства подвесных потолков с модифицирующей полимерной добавкой эпоксидной смолы и ПВА; отделочный композиционный материал с акриловым полимером; теплоизоляционный материал (рис. 3); пенополимергипсоволокнистый утеплитель с применением базальтового волокна. По теплозащитным, звукоизолирующим свойствам, огнестойкости эти материалы превосходят материалы на основе портландцемента, а по декоративным, комфортным и экологическим показателям приближаются к древесине.



Рис. 3. Применение фосфогипса для отделочных работ

Несмотря на перспективы использования фосфогипса, в строительстве он не нашел широкого применения. Связано это с необходимостью его нейтрализации для безопасного и экологичного внедрения в производство строительных материалов.

Однако задача его утилизации остаётся актуальной и использование фосфогипса позволит не только существенно улучшить экологическую обстановку в регионе, но и получить строительные композиты с заданными физико-механическими свойствами для различных сфер строительной отрасли.

Литература

1. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). – Действующая редакция. – М.: Стандартинформ, 2007.
2. Методические рекомендации по устройству оснований дорожных одежд с использованием свежего фосфополугидрата сульфата кальция. – Москва: СОЮЗДОРНИИ, 1987. – 20 с.
3. СТО 24406528–01–2016 Рекомендации по устройству расчетных слоев дорожных одежд из фосфогипса дорожного. – ООО ЦСА (А) «МСК». – 2016.
4. ТУ 5744-144-05015182-2010 «Фосфогипс для строительства автомобильных дорог». [Электронный ресурс] URL: <https://e-ecolog.ru/reestr/doc/531007> (дата обращения: 22.12.2020).

УДК: 691.327.32

Влияние органоминеральных и минеральных добавок на конструкционные характеристики керамзитобетона

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой

«Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

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

В статье рассматривается вопрос влияния органоминеральных добавок на свойства керамзитобетона. В качестве таких добавок предлагается использование отходов техногенного производства, что ведет к созданию экономически выгодных конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных бетонов для ограждающих конструкций.

В настоящее время для снижения нагрузки на основания фундаментов, сокращения трудовых, материальных и экономических затрат, повышения энергоэффективности зданий конструктивные элементы выполняют лёгкими, но в тоже время надёжными и долговечными. Выполнение конструкций из лёгких бетонов позволяет применять их в зданиях и сооружениях различного назначения. Важным составляющим выступает проектирование эффективного состава бетонной смеси по пути повышения эксплуатационных характеристик, достигающееся применением различных добавок и модификаторов [1-8].

Лёгкие бетоны изготавливают на пористых естественных и искусственных заполнителях. В зависимости от плотности они подразделяются на особо-лёгкие с плотностью в сухом состоянии менее 500 кг/м^3 и лёгкие с плотностью $500-1800 \text{ кг/м}^3$ (рис. 1). Особо-лёгкие бетоны (В0,35 – В1) имеют прочность при сжатии не более 1,5 МПа и применяют как теплоизоляционные. Прочность лёгких бетонов может варьироваться в значительных пределах – от 2-10 МПа для конструктивно-теплоизоляционных (В1,5 – В5) до 10-30 МПа и более – для конструктивных (В7,5 – В50) [1-2].

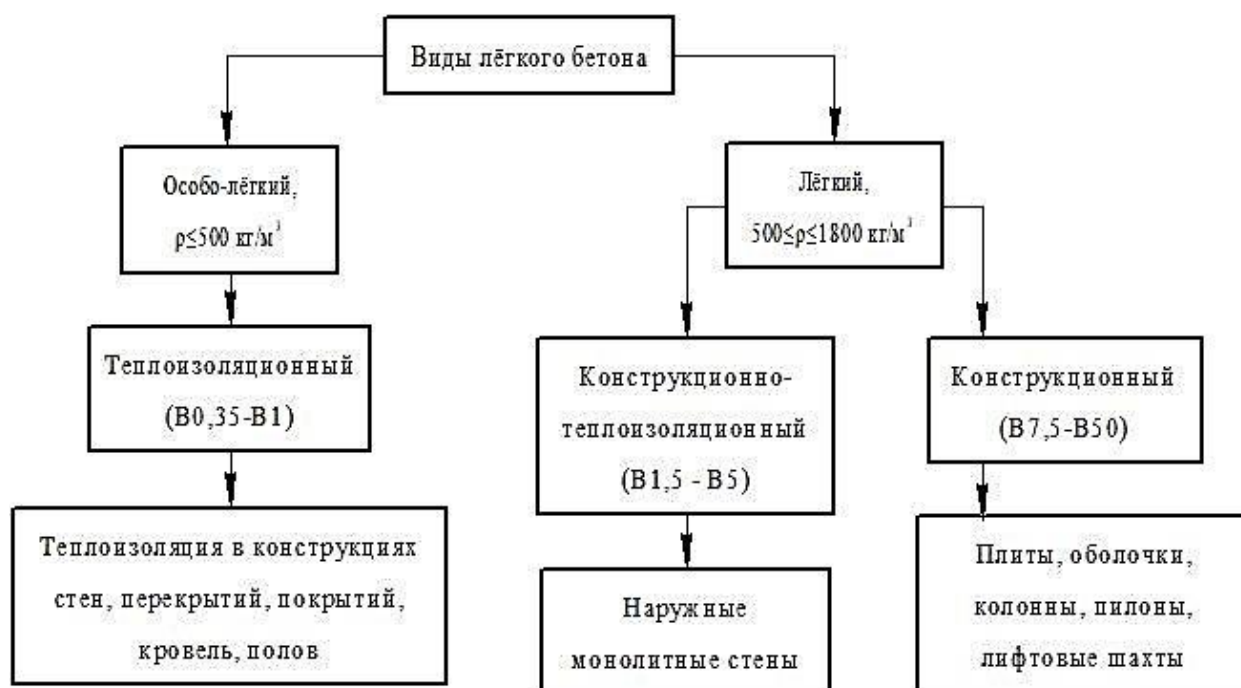


Рис. 1. Виды лёгкого бетона по плотности

В керамзитобетоне теплоизоляционные качества определяет лёгкий заполнитель. Известен опыт технологий изготовления малотеплопроводных керамзитобетонных навесных панелей, получения особо лёгкого керамзита плотностью 200 кг/м^3 и беспесчаной бетонной смеси с ним, поризованной

воздухововлекающей добавкой ПО-6К. Прочность таких панелей составляет 0,5-0,7 МПа, плотность на 350-400 кг/м³ меньше традиционной для данного класса [3].

Широкое распространение из лёгких бетонов различного назначения получил бетон с плотной структурой, где цементно-песчаный раствор заполняет межзерновые пустоты пористого заполнителя с некоторой раздвижкой его зёрен. Структура бетона с соотношением составляющих сильно влияет на свойства готового бетона. Проектирование состава бетона ориентировано на достижение требуемых характеристик, отражающих прочность и плотность сухого бетона, удобоукладываемость бетонной смеси. На выходные характеристики влияет прочность крупного заполнителя и его концентрация в смеси. Прочность крупного лёгкого заполнителя обычно меньше прочности цементного камня, его увеличение в бетонной смеси ведёт к снижению прочности сухого бетона. В то же время крупный заполнитель оказывает влияние на плотность и теплотехнические качества конструкции [1, 2].

Проектирование состава предполагает выбор оптимального содержания крупного заполнителя при минимальном расходе цемента, в связи с чем имеет огромное значение улучшение технологии бетона и его эксплуатационных характеристик. Повышению технологичности способствует применение отходов техногенного производства, например, топливной промышленности. Использование в качестве мелкого заполнителя золы-уноса (27 % от массы цемента) позволяет получить характеристики конструкционно-теплоизоляционного бетона В3,5; В5,0, для монолитных ограждающих конструкций. Заполнитель обладает большой удельной поверхностью и способствует снижению расхода цемента, улучшению подвижности и удобоукладываемости [1, 4].

В настоящее время в промышленности освоена технология изготовления высокодисперсных минеральных (микрокремнезем) и органоминеральных заполнителей при специальном обжиге и последующем помоле исходного неорганического сырья. Частицы активных минеральных добавок (АМД) много меньше размеров частиц клинкерного материала, что способствует заполнению межзерновых пустот и уплотнению структуры при приготовлении бетонной смеси. Химические составляющие частиц АМД вступают во взаимодействие с компонентами цемента и примесными щелочными оксидами, образуя новообразования, не растворимые водой.

Гидратные новообразования способствуют уплотнению структуры бетона, повышают его плотность, водонепроницаемость, стойкость к коррозии, долговечность материала и конструкции в целом. Развитая поверхность добавок повышает водопотребность бетонной смеси, поэтому требует введение пластификаторов.

Сочетание тонкой дисперсности порошка с пластификаторами улучшает реологические свойства смеси, способствуя её связности, исключению нерасслаиваемости, повышению пластичности и уменьшению усадки при схватывании и твердении бетона [1, 7].

НИИЖБ осуществил эффективное применение минеральной добавки – микрокремнезема (10 % от массы цемента) с суперпластификатором С-3 (1 %) в составе керамзитобетона – это позволило получить материал для высотного строительства проекта «Новое кольцо Москвы» с прочностью 40 МПа и плотностью в сухом состоянии 1400 кг/м³ [1]. Также известен разработанный состав керамзитобетона для возведения ограждающих конструкций из керамзитобетонных блоков. Состав включает комплексный модификатор на основе метакрилата с пластификатором, гидрофобизирующей добавкой и сульфатом натрия. Прочность таких блоков достигает 15-20 Мпа [5]. Также рациональная дозировка метакрилата в количестве 8-10 % с пластификаторами (1-1,2 %) способствует уменьшению расхода цемента [7].

Известно применение керамзитобетонных смесей с заполнителями из высокопрочных керамзитов совместно с комплексными модификаторами, обеспечивающих показатели по прочности до 80 МПа. Так, высокопрочный керамзит и модификатор МБ 10-50 С в составе бетона дают показатели по прочности свыше 60 МПа при плотности 1750 кг/м³. Модификаторы типа МБ – порошкообразные поликомпонентные продукты, состоящие из хорошо растворимых органических и плохо растворимых неорганических компонентов. Состав добавки обеспечивает самостоятельное применение в бетонных смесях без пластификаторов. Смеси отличаются большой подвижностью (осадка конуса 21-25 см) с её сохранением не менее двух часов, поэтому нашли широкое применение в монолитном многоэтажном строительстве [1, 8].

Зависимость прочности керамзитобетона от плотности

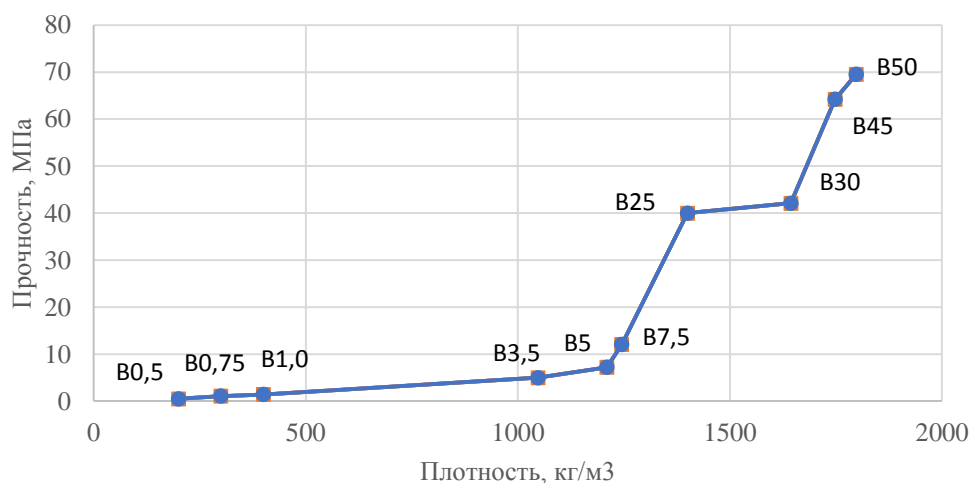


Рис. 2. Зависимость прочности керамзитобетона от плотности для составов, подобранных и экспериментально проверенных:

а – с поризующими добавками - B0,5; B0,75; B1,0;

б – с отходами топливной промышленности; B3,5 – с золой гидроудаления;

B5,0; B7,5 – с золой-унос; *в* – с комплексными модификаторами: B25 – с микрокремнеземом и пластификатором; B30 – на основе метакеолина и пластификатором; B45 – с комплексным модификатором типа МБ; B50 – с комплексным модификатором типа Эмбэлит

Таким образом, применение в составе бетона органоминеральных отходов техногенного производства ведёт к созданию экономичных конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных бетонов для ограждающих конструкций (рис. 2). Комплексные модификаторы, состоящие из тонкодисперсных минеральных добавок с пластификаторами, а также органоминеральные добавки в сочетании с высокопрочным керамзитом позволяют расширить область применения лёгких бетонов для многоэтажного строительства классами по прочности на сжатие от B25 до B50. Распространяется применение сверхпрочного керамзитобетона в монолитном высотном строительстве и возведения большепролетных сооружений.

Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ. – 2011. – 528 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.litres.ru/u-bazhenov/tehnologiya-betona-17187374> (дата обращения: 07.12.2020).

2. ГОСТ 25820-2014 Бетоны лёгкие. Технические условия: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 декабря 2014 г. № 1971-ст: дата введения 2015-07-01. – М: Стандартиформ, 2015. – 16 с.

3. Комиссаренко Б.С. Керамзитобетон для эффективных ограждающих конструкций: автореф. дис. ... д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия / Б.С. Комиссаренко. Самарская государственная архитектурно-строительная академия. – Самара, 2000. – 317 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.dissercat.com/content/keramzitobeton-dlya-effektivnykh-ograzhdayushchikh-konstruktsii> (дата обращения: 07.12.20).

4. Гилидзякова Н.В. Исследование составов керамзитобетона для монолитного домостроения / Н.В. Гилидзякова., Т.Н. Санталова, Н.Ю. Рудковская // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 11. – С. 44-47. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20445029> (дата обращения: 07.12.2020).

5. Крамаренко А.В. Применение добавки на основе комплексного модификатора в керамзитобетоне / А.В. Крамаренко, Ю.А. Прокофьева // Инновационная наука. – 2017. – № 04. – С. 84-86. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29062750> (дата обращения: 09.12.2020).

6. Курятников Ю.Ю. Вопросы разработки керамзитобетона для монолитного строительства / Ю.Ю. Курятников, Р.С. Кочетков // Вестник тверского государственного технического университета. – 2019. – № 3 – С. 15-20. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41538084>. (дата обращения: 09.12.2020).

7. Тиса Строй. [Электронный ресурс] URL: <https://market.strojdom55.ru> (дата обращения: 09.12.2020).

8. Предприятие Мастер Бетон. [Электронный ресурс] URL: <http://www.masterbeton-mb.ru> (дата обращения: 09.12.2020).

Шлаки металлургического производства и их применение в бетонах

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой

«Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

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

Статья посвящена проблеме получения строительных материалов из шлаков металлургического производства. Рассмотрено их применение для бетонов различного назначения.

Изготовление бетонов характеризуется большими затратами материальных ресурсов и стоимости. Для экономии материалов с обеспечением требуемых эксплуатационных параметров конструкций и их энергоэффективности используют отходы производства различных отраслей промышленности. Одним из видов применения отходов являются шлаки металлургического производства [1-7].

Шлаки – продукты высокотермического взаимодействия составляющих исходных материалов – топлива, переплавляемой руды, плавней и газовой среды, получаемые полным расплавлением металла.

В зависимости от расплавленного металла, технологии производства и конструктивных особенностей печей выделяют шлаки (рис. 1):

1. Чёрной металлургии – доменные, сталеплавильные (мартеновские, конвертерные, сталеплавильные и др.), ферросплавы и ваграночные. Наибольший выход шлака приходится при доменном производстве (0,6-0,7 т на 1 т чугуна).

2. Цветной металлургии – переплавка цветных металлов. Выход шлака определяется содержанием извлекаемого материала в исходной шихте [3, 4].

Шлаки представляют собой минералы, состоящие преимущественно из оксидов четырёх основных соединений: силикатов, алюмосиликатов, алюминатов и ферритов. Как сырьё для строительных материалов оцениваются характеристикой химического состава – модулем основности, определяющим отношение основных оксидов к кислотным:

$$M_o = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} \quad (1)$$

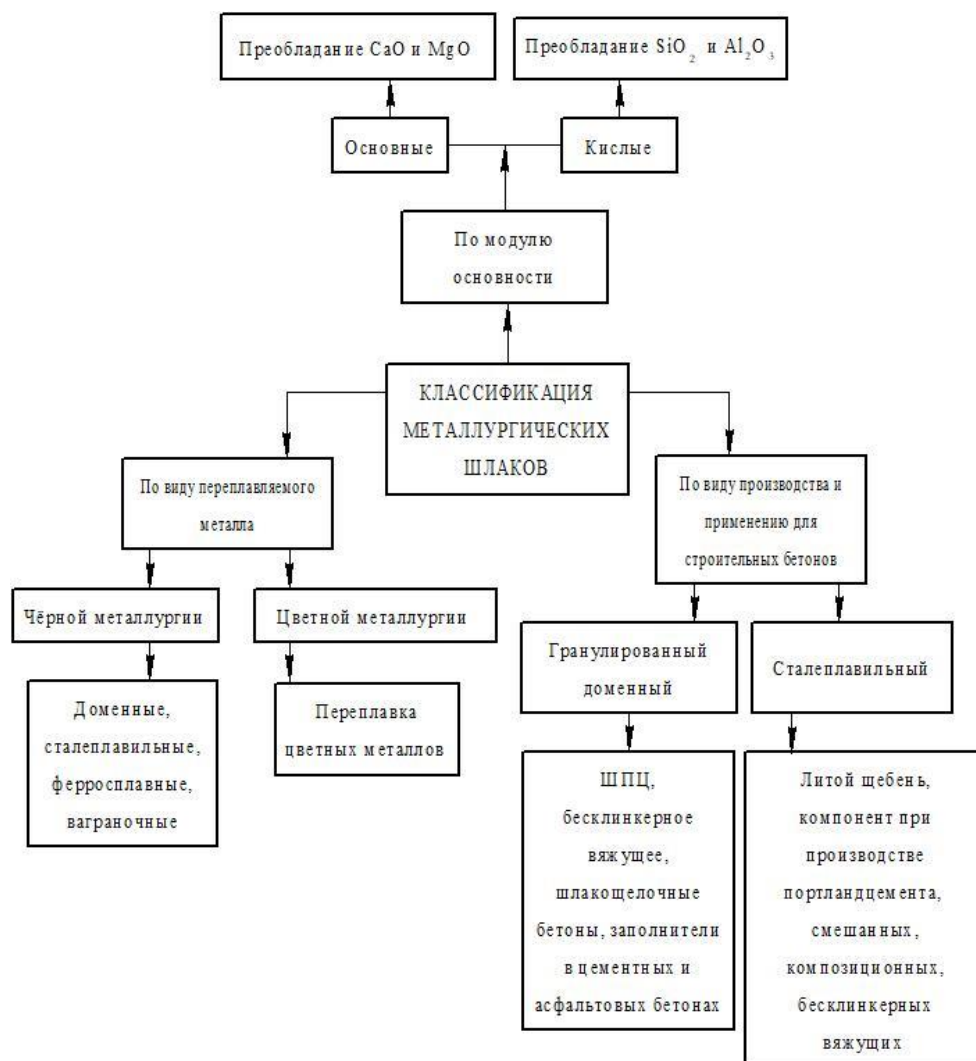


Рис. 1. Классификация металлургических шлаков и их применение

Химический состав переплавляемого материала определяет физический состав и структуру расплава, а также получаемого при затвердевании шлака. При увеличении содержания CaO увеличивается температура плавления и текучесть расплава.

При медленном охлаждении расплавов вместе с образованием минералов могут протекать и их полиморфные превращения, что приводит к распаду минералов и рассыпанию шлаков в порошок.

Силикатный распад характерен для шлаков с повышенным содержанием CaO (46 % – 48 %) и сопровождается увеличением объёма до 10 %. Железистый и марганцевый распады происходят при взаимодействии сульфидов железа или марганца с водой и сопровождаются увеличением объёма. При наличии свободных CaO и MgO с затворением водой наблюдается известковый и марганцевый распад.

Из всех видов распада наиболее опасен силикатный распад. Для предотвращения распада используют быстрое охлаждение шлаков грануляцией или сливом шлаковых расплавов тонким слоем со шлаковой горы.

Распад шлаков начинается с момента охлаждения до 2-3 месяцев. Отвальные шлаки, пролежавшие данное время считаются устойчивыми.

В кристаллическом состоянии шлаков в том или ином количестве всегда содержится стекловидная фаза. Именно она определяет гидравлическую активность шлака. Для формирования большего количества данной фазы важно быстрое охлаждение шлаков грануляцией. Грануляция обеспечивает получение ценного компонента и не допускает различные виды распада [3, 4].

Состав шлаков зависит от вида и состава переплавляемой руды, района её добычи. Так, в доменном производстве при выплавке чугуна на заводах Юга и центральных районов России шлаки характеризуются большим содержанием CaO , а на заводах Урала и Кузнецкого бассейна – высокой концентрацией глинозёма. В связи с различным соотношением компонентов минералов шлаки заводов юга и центральной части России будут основными, а Урала и Кузнецкого бассейна – кислыми [4].

Основные шлаки, как правило, имеют большую активность, чем кислые. Химическая активность шлаков оценивается коэффициентом качества:

при содержании MgO до 10 %

$$K = \frac{CaO + Al_2O_3 + MgO}{SiO_2 + TiO_2}; \quad (2)$$

при содержании MgO более 10 %

$$K = \frac{CaO + Al_2O_3 + 10}{SiO_2 + TiO_2 + (Mg - 10)}. \quad (3)$$

Наиболее распространённой технологией получения шлака является грануляция, которая заключается в резком охлаждении расплавов шлаков водой, паром и воздухом с последующим образованием стекловидных зёрен крупностью до 10 мм. Основная масса гранулированного доменного шлака поступает на производство ШПЦ, получения местных бесклинкерных вяжущих, шлакощелочных бетонов, минеральной ваты, шлакоситалловых изделий, а также применяется как заполнитель в цементных и асфальтовых бетонах. На основе гранулированных доменных шлаков получают бетоны (классов до 40В), обладающие высокой долговечностью и применяемые в монолитном и сборном строительстве [3, 4, 7].

Доменные гранулированные шлаки нашли широкое применение при производстве шлаковых вяжущих [2-4]. Наиболее распространённым является ШПЦ.

Для таких вяжущих характерны высокие строительно-технические свойства: прочность, водонепроницаемость, стойкость к различным видам коррозии, а также низкая стоимость и простая технология производства. Материалы получают, как правило, измельчением клинкера, шлака и добавок. Измельчённый шлак позволяет заменить глинистый и часть карбонатного компонента в составе сырьевой смеси портландцемента. Вместе с тем шлак обладает низкой способностью самостоятельно твердеть при обычных условиях. Данный недостаток требует высокотемпературной обработки (тепловой или автоклавной) или добавления активизаторов – гипса, извести, обожжённого доломита, обычного портландцемента, щелочных компонентов или затворением молотых шлаков щелочными соединениями металлов. Интенсивность твердения определяется также содержанием стекловидной фазы.

ШПЦ применяют в обычных бетонах и при бетонировании массивных гидросооружений, сооружений, эксплуатируемых в условиях действия агрессивных вод, при изготовлении изделий, проходящих тепло-влажностную обработку. Известково-шлаковые цементы используют при изготовлении бетонов и растворов низких марок [1-3].

Помимо производства вяжущих металлургические шлаки применяют для изготовления заполнителей для бетонов: шлакового щебня, гранулированного шлака и шлаковой пемзы [2-5].

Шлаковый щебень получают дроблением отвальных металлургических шлаков и специальной обработкой огненно-жидких расплавов шлака. Литой шлаковый щебень выступает как заполнитель, обладающий высокими показателями по морозостойкости и истираемости. Фракционированный заполнитель с крупностью от 5-70 мм применяется при изготовлении бетонных и железобетонных изделий, нефракционированный – в дорожном строительстве и минеральной ваты, а отсев – в жаропрочных бетонах.

Гранулированный шлак служит мелким заполнителем в бетонах. По зерновому составу аналогичен песку, около 50 % зёрен имеют размер более 2,5 мм. Насыпная плотность зависит от свойств шлака, технологии его производства и варьируется от 600 до 1200 кг/м³. Гранулы, получаемые при быстром охлаждении водой, характеризуются высокой концентрацией стекловидной фазы и повышенной пористостью.

Шлаковую пемзу производят поризацией шлаковых расплавов при быстром охлаждении водой, воздухом, паром и воздействием минеральных газообразователей. Применяется как лёгкий заполнитель для бетонов [4].

Заполнители служат для изготовления бетонов различной плотности:

1. Особо тяжёлых ($\rho > 2500 \text{ кг/м}^3$) – на шлаках сталеплавильного производства и цветной металлургии.

2. Тяжёлые ($\rho = 1800 \div 2500 \text{ кг/м}^3$) – крупнозернистых (на литом и отвальном шлаковом щебне) и мелкозернистых (на гранулированном шлаке).

3. Лёгкие ($\rho < 1800 \text{ кг/м}^3$) – на шлаковой пемзе и гранулированном шлаке [2-4].

В сталеплавильном производстве наибольшая часть приходится на мартеновские (более 60 %), меньшая – на конвертерные (более 35 %), небольшую часть составляют электросталеплавильные. Из шлаков чёрной металлургии изготавливают щебень, а из отходов цветной металлургии получают железистый компонент для сырья портландцемента, производят минеральную вату и литые изделия [4].

В настоящее время доля электросталеплавильного производства в металлургии увеличивается, что приводит к увеличению шлаков данного производства. Вследствие отсутствия их широкого производственного применения возрастает накопление отвалных шлаков. Также существует малое количество исследований по изучению свойств таких отходов и получению на их основе строительных материалов из-за низкой гидравлической активности, закристаллизованности, неустойчивости структуры и надёжной оценки качества шлаков. Вместе с тем исследование вещественного, фазового, гранулометрического состава, влияния минеральных добавок, продолжительности и условий твердения, способа помола и удельной поверхности способствует получению эффективных компонентов в производстве смешанных, композиционных вяжущих, добавок в клинкере сырьевой смеси, изготовлению силикатных бетонов в сочетании с более активными гранулированными шлаками [1].

Таким образом, отходы металлургического производства имеют минералогический состав, аналогичный традиционно применяемым материалам в бетонах. Наиболее ценным компонентом, определяющим гидравлическую активность шлака, является стекловидная фаза. На основе металлургических шлаков изготавливают конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные, гидротехнические, дорожные, жаро- и кислотостойкие. Шлаки обеспечивают бетону требуемые эксплуатационные свойства, аналогичные обычным бетонам, в некоторых случаях позволяют повысить прочностные, деформационные и другие строительные-технические показатели.

Литература

1. Артамонова А.В. Шлакощелочные вяжущие и бетоны на основе электросталеплавильных шлаков центробежно-ударного измельчения: автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия) / А.В. Артамонова; рук. работы К.М. Воронин. ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет». – Казань, 2016. – 175 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30444866> (дата обращения: 19.12.2020).
2. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ. – 2011. – 528 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.litres.ru/u-bazhenov/tehnologiya-betona-17187374> (дата обращения: 19.12.2020).
3. Валуев Д.В. Технологии переработки металлургических отходов: учеб. пособие / Д.В. Валуев, Р.А. Гизатулин. – Томск: Изд-во Томского политехнического института, 2012. – 196 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28835826> (дата обращения: 19.12.2020).
4. ГОСТ 3344 Щебень и песок для дорожного строительства. Технические условия: межгосударственный стандарт (с Изменением № 1). Актуализированная редакция 01.06.2019 – М.: ФГУП Стандартиформ. – 11 с. [Электронный ресурс] URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/715> (дата обращения: 19.12.2020).
5. ГОСТ 5578 Щебень и песок из шлаков чёрной и цветной металлургии. Технические условия (с Поправкой). Актуализированная редакция 06.04.2015. – М: ФГУП Стандартиформ. – 12 с. [Электронный ресурс] URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9467> (дата обращения: 19.12.2020).
6. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учеб. пособие / Л.И. Дворкин, И.А. Пашков.– К.: Выща школа, 1989. – 208 с.
7. Искаков К.М. Модифицированный бетон с использованием металлургических отходов / К.М. Искаков, А.Ж. Нажекенова. // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 6-12. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38564970> (дата обращения: 19.12.2020).

**Оценка эффективности свайных фундаментов нового поколения
с преднапряжением по грунту**

¹ Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»;

² Землянский Леонид Анатольевич, начальник отдела по планированию, контролю и
анализу поставок;

¹ Кубко Дмитрий Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

¹ Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

² Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция», г. Балаково

В работе представлены результаты широкомасштабных экспериментальных исследований свайных фундаментов нового поколения преднапряженных по грунту. А также выполнена оценка эффективности указанных фундаментов с управляемой несущей способностью и определена область практического применения рассматриваемых фундаментов в современном строительстве.

Большинство аварий высотных, уникальных, экологически опасных и ядерных объектов происходит из-за недопустимо больших и неравномерных осадок сплошных свайно-плитных фундаментов или грунтовых оснований под указанными объектами, именно поэтому авторами настоящей работы выполнен широкий комплекс экспериментальных и теоретических исследований одиночных и кольцевых свайных фундаментов нового поколения с активным преднапряжением по грунту и с управляемой несущей способностью за счет изменения интенсивности преднапряжения грунта вокруг формируемой сваи [1-3].

Для этого была разработана методика и конструкция специального оборудования с тензометрической системой обеспечения всех необходимых измерений для достоверной экспериментальной оценки степени повышения несущей способности и снижения деформируемости моделей свайных фундаментов, преднапряженных по грунту [4, 5]. Все эксперименты проводились в большом лабораторном лотке в несколько этапов.

На первом этапе был выполнен полный цикл работ, направленный на проектирование и разработку специальной оснастки, а также на разработку методики проведения серии экспериментов для обоснования и подтверждения эффекта преднапряжения в набивных сваях. При этом все испытания были проведены в лотковых условиях с использованием:

- специальной модели свайного фундамента, позволяющего создавать эффект преднапряжения;
- новой конструкции месдозы для измерения изменения напряженного состояния модели грунтового основания в ходе испытания, с метрологической обработкой результатов эксперимента;
- загрузочного устройства, позволяющего выполнить кинематическое нагружение модели свайного фундамента;
- системы измерения осадки модели свайного фундамента и послойных деформаций модели грунтового основания.

Для проведения эксперимента был запроектирован и изготовлен специальный лоток размерами 3х3х4 м. В качестве грунта был применен однородный кварцевый среднезернистый песок с удельным весом $\gamma = 16,5...17,0$ кН/м³, и углом внутреннего трения $\phi = 34^0$, с модулем общей деформации, равным $F_0 = 5,4$ МПа.

При моделировании работы свайного фундамента, преднапряженного по грунту, возникла серьезная проблема, связанная с обязательной необходимостью сохранения в ходе всех экспериментов заданной интенсивности давления преднапряжения и постоянства контактной рабочей площади боковой поверхности исследуемой сваи. В случае формирования ствола набивной сваи обычным традиционным способом без принудительного преднапряжения ее рабочая боковая поверхность будет условно минимальна, а в случае создания по боковой поверхности набивной сваи дополнительного преднапряжения эта поверхность и ее диаметр значительно увеличатся. Это приведет фактически к несопоставимым результатам и не позволит эффективно и точно выполнить оценку повышения несущей способности исследуемой сваи во всем диапазоне изменения условий преднапряжения.

Выполненные теоретические исследования и численное моделирование позволили авторам создать рабочую модель сваи с преднапряжением по грунту, позволяющую выдерживать все вышеприведенные требования в строго запланированных рамках. Рабочая модель, представленная на рис. 1, позволяет независимо от интенсивности преднапряжения сваи по грунту обеспечивать полный контакт боковой поверхности последней с грунтом по строго заданной площади, так

как рабочая боковая поверхность модели выполнена в виде двух симметрично установленных цилиндрических металлических оболочек, которые при увеличении интенсивности преднапряжения будут перемещаться в радиальном направлении без какого-либо изменения рабочей площади боковой поверхности моделируемой сваи. При этом преднапряжение боковой поверхности сваи относительно окружающего грунта было осуществлено с помощью резиновой пневмооболочки 3 и компрессора 9 с системой регистрации и управления уровнем преднапряжения [4].

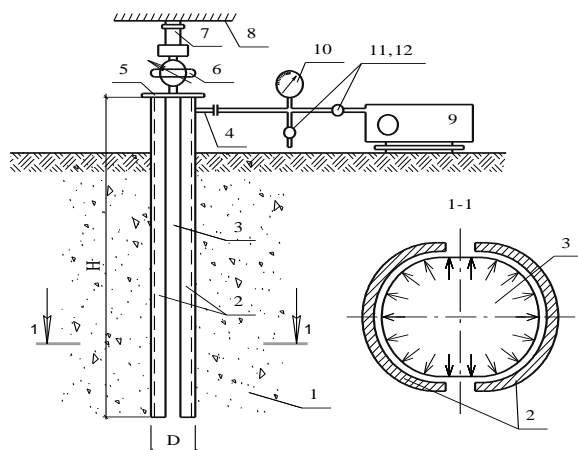


Рис. 1. Конструктивная схема модели свайного фундамента с преднапряжением по грунту:

- 1 – песчаное основание; 2 – металлическая оболочка сваи; 3 – резиновая камера для создания преднапряжения; 4 – система сопряжения камеры с компрессором; 5 – синхронизирующая площадка; 6 – динамометр; 7 – гидравлический домкрат; 8 – нагрузочная ферма; 9 – компрессор; 10 – манометр на давление 1 МПа; 11, 12 – система регулировки пневмодавления в системе преднапряжения модели сваи*

Методика проведения эксперимента [3] заключалась в том, что в зависимости от заданных граничных условий, интенсивности преднапряжения по боковой поверхности модели сваи и вида грунта определялась несущая способность сваи и её изменение во времени и распределение напряженно-деформированного состояния в грунте испытываемого основания, а также производилась оценка релаксационных процессов в грунте.

Поскольку при создании физической модели свайного фундамента с преднапряжением по грунту необходимо знать истинное напряженное состояние грунта вокруг исследуемой сваи, для этого в эксперименте использовались специальные датчики нормального давления и месдозы [5].

На втором этапе с целью обоснования ожидаемого повышения несущей способности свайного фундамента с преднапряжением по грунту авторами была выполнена серия экспериментов, направленных на:

– оценку распределения нормальных горизонтальных напряжений в грунте по боковой поверхности формируемой сваи;

– выявление наличия и интенсивности явлений ползучести и релаксации напряжений в исследуемом грунтовом основании при создании преднапряжения боковой поверхности сваи по грунту;

– определение характера зависимости осадки новой сваи от интенсивности внешней нагрузки при различном уровне преднапряжения новой сваи по грунту.

Одновременно были выполнены исследования, направленные на сравнение несущей способности традиционной сваи, погружаемой в грунтовое основание путем статического вдавливания, и новой сваи, преднапряженной по грунту [1-5]. При этом проведено эффективное разделение общей несущей способности у традиционной сваи на несущую способность, обусловленную опиранием острия моделируемой сваи на грунтовое основание, и несущую способность, обусловленную трением боковой поверхности сваи о грунт, что позволило экспериментально в «чистом» виде оценить все преимущества и положительные стороны, связанные с практическим использованием эффекта преднапряжения ствола сваи по грунту.

Для этого в экспериментах была использована модель свайного фундамента диаметром 76 мм и общей длиной $H = 2000$ мм, с погружением рабочей части сваи в грунтовое основание на глубину 1300... 1400 мм.

Согласно программе испытаний, все эксперименты проводились в лотке размером 3х3х4 м, заполненном среднезернистым песком.

На рис. 2 представлена конструктивная схема испытания модели сваи, преднапряженной по грунту с интенсивностью преднапряжения, равной 0,15 МПа, с одним из вариантов размещения тензомессдоз в грунтовом основании. На рис. 3 показана эпюра распределения интенсивности нормальных напряжений на глубине 1100 мм от дневной поверхности испытываемого основания. Анализ полученного экспериментального материала позволил установить, что в песчаном грунтовом основании при уровне преднапряжения сваи относительно грунта, не превышающем 0,15 МПа, практически полностью отсутствуют явления ползучести и релаксации, в частности при выдерживании давления преднапряжения по боковой поверхности сваи в течение 12 часов.

Одновременно выявлено (рис. 3), что нормальное давление преднапряжения практически полностью затухает на расстоянии двух диаметров от боковой поверхности модели сваи. Наиболее интенсивное уменьшение нормального давления в

грунтовым основании по боковой поверхности происходит в пределах рабочего диаметра испытываемой сваи.

Все отмеченное свидетельствует о том, что в грунтовом основании имеет место возникновение так называемого пассивного сопротивления грунта σ_2 (МПа) по боковой поверхности новой сваи, что создает практическую возможность увеличения давления преднапряжения по боковой поверхности сваи до абсолютной величины, определяемой по формуле:

$$p = \sigma_2 = \sigma_1 \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right), \quad (1)$$

где σ_1 – вертикальное давление от собственного веса грунта на заданной глубине, МПа.

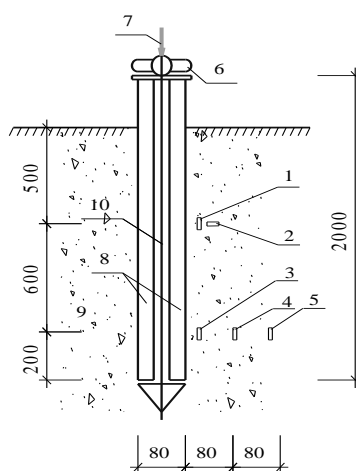


Рис. 2. Схема испытания модели сваи, преднапряженной по грунту:

- 1, 2, 3, 4 и 5 – тензомессдозы, размещенные в грунте; 6 – механический динамометр;
7 – внешняя нагрузка; 8 – рабочие элементы боковой поверхности модели;
9 – песчаное грунтовое основание; 10 – система преднапряжения модели по боковой поверхности

Последнее позволяет резко расширить область применения предлагаемых свай и значительно улучшить их технические и эксплуатационные характеристики.

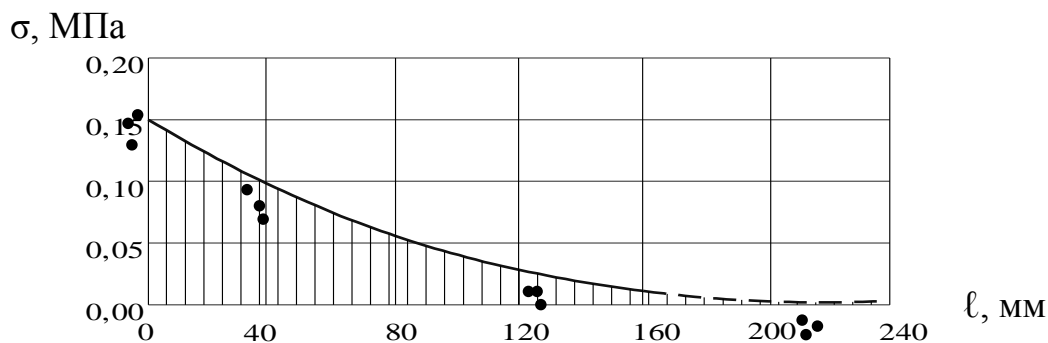


Рис. 3. Эпюра распределения нормальных напряжений на глубине 110 см при интенсивности преднапряжения $P = 0,15$ МПа

Результаты лабораторных испытаний модели свайного фундамента с преднапряжением и без преднапряжения по боковой поверхности представлены на рис. 4. Было установлено экспериментально, что у традиционной забивной сваи без преднапряжения несущая способность, обусловленная трением боковой поверхности о грунт основания, составляет не более 26 %, от суммарной несущей способности упорной сваи, что естественно при незначительном заглублении рабочего ствола сваи в грунт всего лишь на 1300 мм. Создание преднапряжения боковой поверхности модели сваи по грунту в пределах до 0,06 МПа и при диаметре ствола сваи, равном 76 мм позволило увеличить несущую способность той же сваи по боковой поверхности в 2,5 раза по отношению к традиционной свае. Дополнительное увеличение давления преднапряжения сваи до 0,15 МПа привело к значительно большему увеличению несущей способности сваи по боковой поверхности, в частности до 18,50 кН или в 7 раз по отношению к традиционной забивной свае.



Рис. 4. Результаты лабораторных испытаний модели свайного фундамента без преднапряжения и с преднапряжением по боковой поверхности; рабочая длина сваи $H = 1300$ мм, $D = 76$ мм:

1 – несущая способность только боковой поверхности сваи без преднапряжения $F_{b1} = 2,60$ кН; 2 – несущая способность только боковой поверхности сваи с преднапряжением 0,06 МПа $F_{b2} = 6,60$ кН; 3 – несущая способность только острия, $F_{b3} = 7,40$ кН; 4 – суммарная несущая способность сваи без преднапряжения (острие + боковая поверхность) $F_{b4} = 10,00$ кН; 5 – суммарная несущая способность сваи с преднапряжением 0,15 МПа, $F_{b5} = 24,10$ кН; P – внешняя нагрузка на сваю; S – осадки

Сравнение же общей суммарной несущей способности сваи без преднапряжения и с преднапряжением, равным 0,15 МПа, позволило установить, что модель сваи с преднапряжением имеет несущую способность в 2,4 раза выше, чем традиционная свая. Все отмеченное свидетельствует о больших потенциальных возможностях новой сваи и

о весьма высокой несущей способности свай, преднапряженных по грунту, даже на уровне предварительных модельных испытаний.

С целью детализации выполненных исследований и выделения наиболее значимых и доминирующих факторов, оказывающих максимальное влияние на несущую способность исследуемых свайных фундаментов с преднапряжением по грунту, в настоящей работе одновременно выполнено несколько серий экспериментов с эффективным использованием метода математического планирования экспериментов [3].

При этом все эксперименты были проведены в несколько стадий.

На первой стадии для предварительной оценки вида математической модели изменения несущей способности новых полых свайных фундаментов, преднапряженных по грунту, априорно были выделены основные факторы, имеющие доминирующее влияние на рассматриваемый отклик. К последним были отнесены: первая группа факторов, характеризующих качество модели грунтового основания, в частности: плотность грунта (ρ); влажность грунта (ω); угол внутреннего трения (ϕ); коэффициент сцепления (C) и модуль общей деформации (E_0), и вторая группа факторов, характеризующая модель полого свайного фундамента и степень ее воздействия на преднапряженное грунтовое основание, в частности: начальный диаметр модели сваи (D), рабочая длина модели сваи (H), уровень давления преднапряжения боковой поверхности сваи относительно окружающего грунта (P) и уровень давления вертикальной пригрузки грунтового основания (q).

С целью повышения достоверности эксперимента вся первая группа факторов, характеризующая модель грунтового основания, была зафиксирована на одном постоянном уровне, в частности: $\rho = 17 \text{ кН/м}^3$; $\omega = 10 \%$; $\phi = 34$; $C = 0$; $E_0 = 5,4 \text{ МПа}$. Уровни варьирования второй группы факторов в ходе проведения всех запланированных экспериментов представлены в табл. 1.

При этом для удобства обработки результатов экспериментов все факторы второй группы были закодированы как -1,+1 и 0. В качестве рабочих планов проведения экспериментов были выбраны рототабельные композиционные планы.

Таблица 1

Уровни варьирования изучаемых факторов

1	$X_1(D)$		$X_2(H)$		$X_3(P)$		$X_4(q)$	
	физ.зн. (мм)	код	физ.зн. (см)	код	физ.зн. (МПа)	код	физ.зн. (МПа)	код
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Верхний X^B	76	+1	140	+1	0,12	+1	0,1	+1
Основной X^0	59,5	0	110	0	0,08	0	0,075	0
Нижний X^H	43	-1	80	-1	0,04	-1	0,050	-1
Интервал варьирования	16,5	-	30	-	0,04	-	0,025	-

На второй стадии была реализована четырехфакторная матрица экспериментов с преднапряжением и пригрузкой модели песчаного основания. За изучаемый отклик была принята несущая способность сваи. Четырехфакторная матрица планирования экспериментов представлена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования экспериментов для линейной аппроксимации
процесса моделирования работы преднапряженных свай
в четырехфакторном режиме с преднапряжением и пригрузкой

Номер опыта	Факторы												Несущая способность сваи U_{Fd} , кН		Ошибка, %
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_1X_2	X_1X_3	X_1X_4	X_2X_3	X_2X_4	X_3X_4	X_{123}	Среднее опытное значение	Расчетное значение кН	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	5,01	5,22	4,20
2	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	15,33	15,54	1,30
3	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	6,77	6,91	1,20
4	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	19,33	19,19	-0,70
5	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	10,00	9,86	-0,40
6	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	14,67	14,45	-1,50
7	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	6,54	6,32	-0,40
8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22,0	22,14	0,60

Реализация запланированных экспериментов позволила получить следующее уравнение регрессии

$$y_{Fd} = 12,456 + 5,376X_1 + 1,011X_2 + 2,069X_3 + 0,039X_4 + 0,764X_1X_4 + 0,464X_2X_4. \quad (2)$$

Общий анализ уравнения регрессии также показал на очень высокую его адекватность, обусловленную тем, что ошибка между экспериментальными и расчетными данными практически не превышает 4 %, что подтвердила и дополнительная проверка по F-критерию Фишера [3].

Более детальный анализ полученного корреляционного уравнения также показал его абсолютно линейный характер. При этом, исходя из абсолютной величины коэффициентов при исследовании факторов, установлено, что четвертый фактор X_4 , обусловленный интенсивностью пригрузки грунтового основания (q), является незначимым, а взаимодействие с участием четвертого фактора X_1X_4 и X_2X_4 в полученном уравнении является значимым. Степень влияния остальных факторов носит весомый характер, при этом диаметр сваи X_1 по степени влияния является доминирующим, на втором месте находится интенсивность давления преднапряжения X_3 и только на третьем месте по уровню влияния находится рабочая длина сваи X_2 [1-4].

В результате выполненных экспериментов, авторами настоящей работы установлено:

1. Наличие очень высокой эффективности влияния активного преднапряжения грунта на несущую способность свай трения.

2. Активное преднапряжение слабого грунта в зоне острия и по боковой поверхности сваи может увеличить несущую способность создаваемой сваи в несколько раз, в частности в рассматриваемом случае в 2.4 раза выше чем у традиционных свай.

3. При этом по степени активного влияния на повышение несущей способности сваи на первом месте находится диаметр формируемой сваи, на втором месте степень преднапряжения грунта и на третьем месте находится длина формируемой сваи.

4. Полученное корреляционное уравнение позволяет с очень высокой точностью рассчитать ожидаемую несущую способность создаваемой сваи преднапряженной по грунту в зависимости от выделенных факторов и одновременно определить ожидаемые расходы по материалоемкости, стоимости и трудозатрам при возведении указанного фундамента.

5. Предлагаемые сваи с преднапряжением по грунту предназначены для строительства высотных, ядерных, экологически опасных и уникальных интеллектуально-разумных объектов, в которых требуется создание практической возможности регулировки несущей способности свайных фундаментов в зависимости от характера и интенсивности внешней нагрузки воспринимаемой рассматриваемым – инновационным свайным фундаментом.

Литература

1. Основания и фундаменты резервуаров / Ю.К. Иванов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1989. – 223 с.
2. Сорочан Е.А. Фундаменты промышленных зданий / Е.А. Сорочан. – М.: Стройиздат, 1986. – 333 с.
3. Ковшов В.А. Постановка инженерного эксперимента / В.А. Ковшов. – Киев-Донецк: Высшая школа, 1982. – 120 с.
4. Патент 50551 Российская Федерация, МПК . Устройство для создания набивной сваи преднапряженной по грунту / А.А. Землянский, С.А. Ращепкина, Л.А. Землянский, О.С. Вертынский; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет № 2005105003; заявл. 22.02.2005; опубл. 20.01.2006.
5. Патент 1673895 СССР, МПК G01L 9/06. Мессдоза для измерения давления / А.А. Землянский; заявитель и патентообладатель Саратовский политехнический институт № 4731672/10; заявл. 24.08.1989; опубл. 30.08.1991 – 6 с.

УДК 69.059.4

Деформационный расчёт устойчивости высотного объекта с геометрической и конструктивной нелинейностью при действии ветровой нагрузки

Иноземцев Вячеслав Константинович, доктор технических наук, профессор кафедры

«Теория сооружений и строительных конструкций»;

Муртазина Гульсем Расимовна, аспирант кафедры

«Теория сооружений и строительных конструкций»;

Муртазин Марат Расимович, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Теория сооружений и строительных конструкций»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В данной работе предложено актуальное направление проведения расчётного обоснования конструктивных решений при проектировании высотных объектов для возможности оценки надёжности их работы под воздействием ветровых нагрузок.

Россия сегодня стала одним из центров возведения высотных зданий и сооружений. В рейтинге самых высоких построенных и строящихся небоскрёбов

Европы Россия занимает лидирующую позицию. Из десяти небоскребов списка рейтинга семь возводятся в Российской Федерации.

Проблемы обеспечения расчётного обоснования конструктивных решений при проектировании высотных объектов в настоящее время является весьма актуальной.

При прослеживании состояний равновесия высотного здания необходимо учесть характер его нагружения системой сил из двух параметров: это равнодействующая нагрузка от сил тяжести и равнодействующая ветровой нагрузки.

Очередность приложения и характер их возрастания определяют последовательность равновесных состояний здания.

Рассмотрим вариант нагружения высотного объекта – это первоначальное приложение возрастающих сил тяжести с последующим приложением ветровой нагрузки при постоянном общем весе здания (рис. 1).

При постоянной вертикальной нагрузке собственного веса здания в качестве нагрузки, при которой происходит потеря состояния равновесия, будет предельная величина равнодействующей ветровой нагрузки Q . Значение равнодействующей ветровой нагрузки Q существенно зависит от величины минимального момента инерции относительно главных осей площади подошвы фундамента здания. В данном примере от ширины подошвы фундамента «а»:

$$Q = \frac{k_0 a^3 b}{12 H_v} \cos(\varphi) \sin(\varphi) - P \frac{H_c}{H_v} \frac{\sin(\varphi) + \sin(\varphi_0)}{\cos(\varphi)} \quad (1)$$

При уменьшении площади контакта фундаментной плиты с несущим слоем основания:

$$Q = \frac{k_0 \varepsilon^2 (3a - 2\varepsilon)b}{12 H_v} \cos(\varphi) \sin(\varphi) - P \frac{H_c}{H_v} \frac{\sin(\varphi) + \sin(\varphi_0)}{\cos(\varphi)} \quad (2)$$

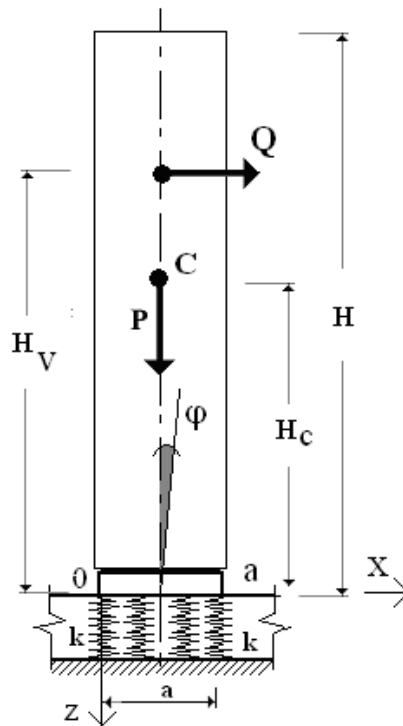


Рис. 1. Вариант нагружения высотного объекта

На рис. 2 приведены графики зависимости вертикальной нагрузки от угла поворота высотного объекта. Предельная вертикальная критическая потеря равновесного состояния соответствует геометрически и конструктивно нелинейной задаче (рис. 2а). На восходящей ветви графика, показаны семь уровней нагружения, для которых определяется предельная критическая горизонтальная нагрузка потери равновесия (рис. 2а). На рис. 2б показаны графики зависимости горизонтальной нагрузки от угла поворота вертикальной оси объекта, при различных уровнях нагружения объекта вертикальной нагрузкой (рис. 2а). Очевидно, что для высотных зданий развитие отклонений до предельного значения угла поворота вертикальной оси здания $\varphi_{кр}$, предшествующего потере состояния равновесия, недопустимо. Недопустимо также ориентироваться только на оценку устойчивости высотного здания против опрокидывания на основе гипотезы о не деформируемом грунтовом основании.

Графики горизонтальной нагрузки (рис. 2б) имеют предельную точку, которая соответствует предельному значению горизонтальной нагрузки, при превышении которой теряется состояние равновесия высотного объекта, то есть теряется устойчивость против опрокидывания. Предельная горизонтальная нагрузка зависит от отношения вертикальной нагрузки к критической нагрузке потери устойчивости высотного объекта с учетом геометрической и конструктивной нелинейности (рис. 2б).

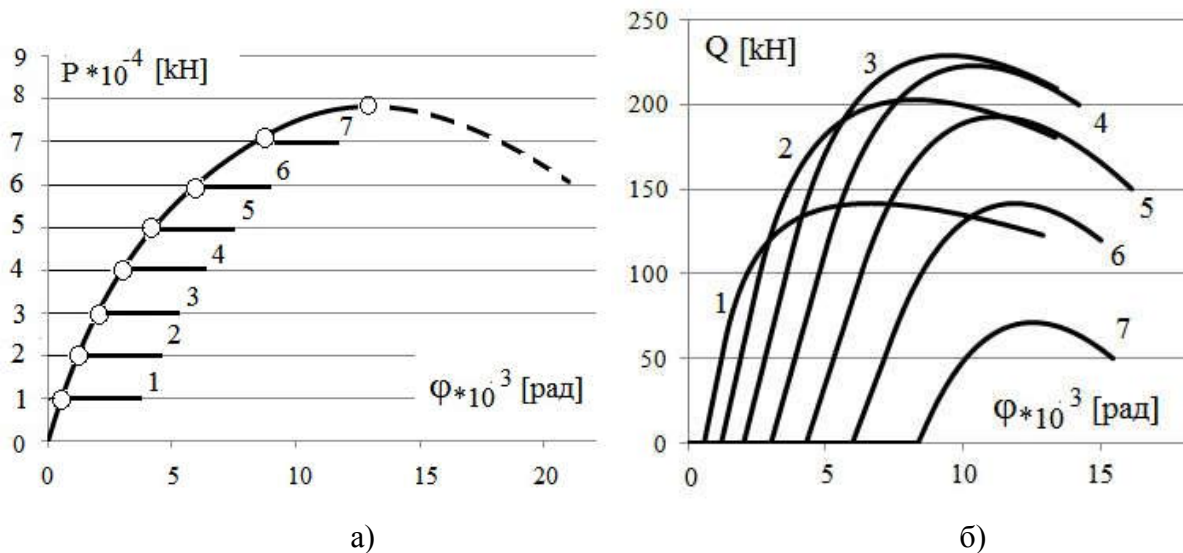


Рис. 2. Графики зависимости вертикальной нагрузки от угла поворота высотного объекта

Очевидно, что критическая ветровая нагрузка устойчивости высотного здания при исчезновении равновесных форм определяется весом высотного объекта и значением критической нагрузки бифуркационной устойчивости $P_{кр}$.

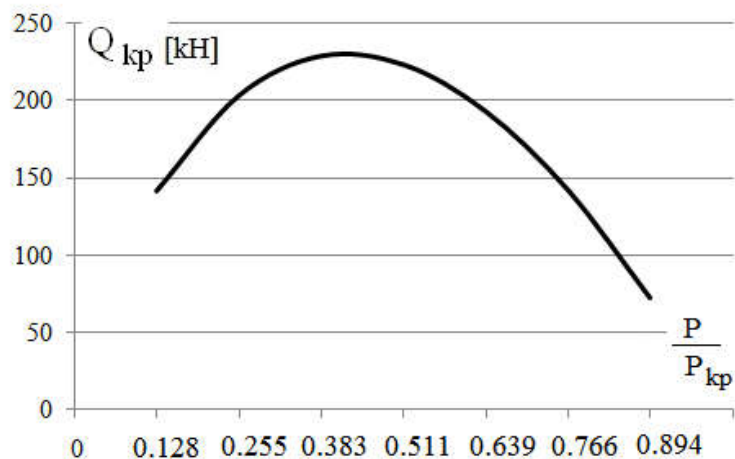


Рис. 3. График предельной критической нагрузки потери равновесного состояния высотного объекта Q_k

Как показывают результаты расчёта (рис. 3) график предельной критической нагрузки потери равновесного состояния высотного объекта $Q_{кр}$ при возрастании горизонтальной нагрузки Q при заданном отношении вертикальной нагрузки к её критическому значению имеет нелинейный характер с максимальным значением $Q_{кр}$ для некоторого отношения $P / P_{кр}$.

С уменьшением величины начального эксцентриситета критическая нагрузка потери устойчивости высотного объекта с учетом геометрической и конструктивной нелинейности асимптотически приближается к значению бифуркационной критической нагрузки, вычисленной для идеализированного высотного объекта.

Литература

1. Павлюк Н.П. К вопросу о проверке устойчивости стенки на опрокидывание / Н.П. Павлюк // Проект и стандарт. – 1934. – № 8.
2. Павлюк Н.П. Устойчивость жестких стен и колонн. Труды Ленинградского института инженеров коммунального строительства. – 1935. – Вып. II.
3. Пановко Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, ошибки и парадоксы / Я.Г. Пановко, И.И. Губанова. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
4. Перельмутер А.В. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – Т. III. – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2011. – 400 с.

УДК 691.32

Влияние усадки бетона на его свойства

Магеррамова Инна Александровна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Дворядкина Полина Андреевна, студент направления

«Строительство»

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

В данной статье рассматривается проблема образования трещин при усадке бетона. Причины их образования и методы решения этих проблем.

В настоящее время современное строительство невозможно представить без бетона, применение которого позволяет улучшать свойства материалов и конструкций [1]. На это влияют разные факторы и свойства. Одно из которых – это усадка бетона [2]. Это свойство заключается в уменьшении объёма в нормальных условиях твердения. Оно возникает при потере избыточной воды в результате испарения и процесса гидратации с непрореагировавшими частицами цемента. С момента набора прочности в бетоне происходит физико-химические процессы, вследствие которых происходит изменение его структуры. Усадка – это следствие этих изменений. Она происходит на

протяжении всего времени работы бетона и это необходимо учитывать при создании строительных элементов и конструкций [3,4].

Существует три процесса, приводящих к усадке бетона.



Рис. 1. Процессы, приводящие к усадке бетона

Усадка бетона происходит неравномерно по всей конструкции. На это влияют: заполнители, которые при соединении являются связями, вызывающие растягивающее напряжение; на поверхности бетона вода высыхает больше чем внутри, наружные слои бетона испытывают на себе растяжение, так как слои изнутри этому препятствуют [5].

Доказано, что цемент имеет зернистую основу и поэтому вода проникает в глубь в течение определённого времени, при этом образует гидросиликаты. Для этого процесса необходимо время, которое может длиться неделями. Поэтому в этот момент на поверхности бетона происходит испарение и образуются усадочные трещины, которые снижают его прочность. Испарение влаги из внутренних слоев происходит, если капилляры между зернами меньше 0,1 мкм.

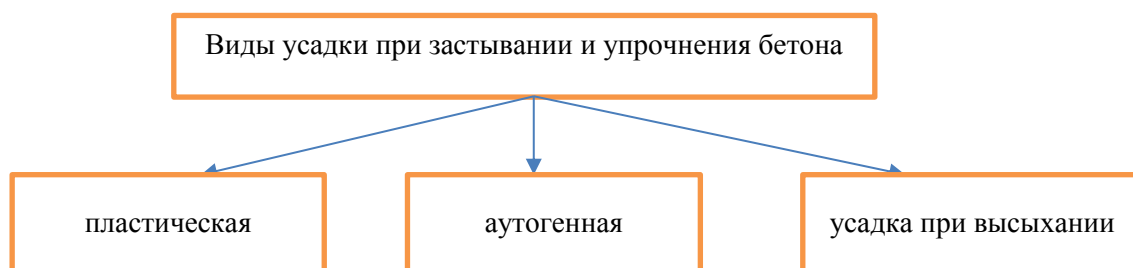


Рис. 2. Виды усадки

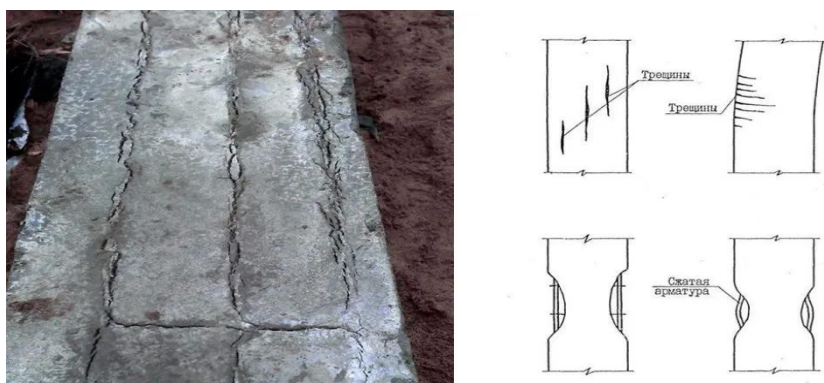
Пластическая усадка возникает на первом этапе при схватывании и может достигать 8 часов. После чего не учитывается. Возникает при испарении воды из бетона наибольшая усадка, может быть до 4 миллиметров на 1 метр. Чтобы этого не происходило, особенно в первые часы после заливки, бетон постоянно сбрызгивают водой на протяжении всего время высыхания, особенно в первые часы.

Аутогенная усадка может происходить на ранней стадии процесса затвердевания и набора прочности бетона. Может быть до 1 миллиметра на метр и в основном не учитывается. Эта усадка важна при проектировании крупных объектов, так как даже

минимальное изменение геометрических размеров может повлиять на образование микротрещин.

Усадка при высыхании – по нормативным документам ГОСТам может достигать минимального значения, так как этот показатель влияет на прочность и долговечность. Несмотря на нормы, иногда бетон со временем дает усадку на протяжении нескольких лет до 5 миллиметров на метр (рис. 3). Эту проблему на сегодняшний день решают армированием и подбором состава бетона для несущих конструкций [6].

Для решения этой проблемы существуют несколько способов снижения усадки. Предотвратить скорое высыхание поверхностного слоя бетона можно при помощи смачивания поверхности. Если влажность воздуха достигает 90 %, а температура окружающей среды 20-30 градусов, то бетон может застывать без усадки, а значит без образования трещин. Поэтому используется увлажнение и паровая обработка конструкций [7].



а



б

в

*Рис. 3. Образование трещин при усадке бетона:
а – усадка бетона в готовом изделии; б – усадка при стяжке полов; в – образование трещин в несущих конструкциях*

Нормы усадки бетона можно уменьшить, используя в замесе:

- расширяющиеся цементы;
- добавки в бетон, компенсирующие усадку;
- снизить содержание цемента;

– снизить содержание песка.

Обязательные предъявляемые требования к замесу это его пластичность, но с минимальным уровнем воды. Чтобы получить пластичную смесь применяют специальные добавки и расширяющиеся портландцементы.

Также усадку при схватывании бетонной смеси возможно сократить с помощью добавки пластификаторов, извести, солей алюминия, а также при армировании бетона, но избежать полной усадки невозможно. Если использовать пористые наполнители, то это свойство можно сократить в 2,5 раза. Также при заливке конструкций используют вибраторы, которые снижают усадку на 0,6-0,8 %.

Усадка бетона определяется при малых показателях влажности окружающей среды. Это значение должно лежать в диапазоне от 50 до 60 %. Еще на усадку влияют капиллярные силы в структуре цементного камня. При испарении воды из капилляров, размер которых в диаметре достигает более 200 нанометров, они сужаются. За счет этого происходит уплотнение бетона, что вызывает усадку. Таким образом можно сделать вывод о том, что влага играет важную роль в установлении причины данного процесса. При изготовлении бетона или раствора необходимо обеспечить измерение всех параметров, исходя из оптимальных условий.

Литература

1. Маилян Л.Р. Легкий бетон на основе пенополиамидбетонной композиции / Л.Р. Маилян, Т.А Голова // Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 7. – № 1. – С. 70-75.
2. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1) (Актуализированная редакция). – Москва, 2018.
3. ГОСТ 24544-81 «Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести» (действующая редакция). – М.: Издательство стандартов, 1987.
4. «Рекомендации по учету ползучести усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций». – М.: НИИЖБ. – 2014.
5. Усадка бетона: особенности, коэффициент усадки. [Электронный ресурс] URL: <https://cementim.ru/usadka-betona/#sposoby-snizheniya-usadki> (дата обращения: 21.12.2020).
6. Виды усадки бетона. [Электронный ресурс] URL: <https://1beton.info/proizvodstvo/rabota/pochemu-proishodit> (дата обращения: 20.12.2020).

7. Деформация бетона. [Электронный ресурс] URL: <https://1pobetonu.ru/izgotovlenie/usadka-betona.html> (дата обращения: 20.12.2020).

УДК 691.327.32

Применение метода модального синтеза к оценке состояния динамических систем

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

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

Статья посвящена разработке алгоритма оценивания напряженно-деформированного состояния строительных конструкций в период их эксплуатации. Предложенная методика позволяет оценивать состояние конструкций с учетом их динамических характеристик, что позволяет получать более точные результаты.

При построении замкнутых систем уравнения с обратными связями необходимо иметь полную информацию о состоянии объекта в каждый момент времени в любой точке пространственной области [1, 2]. Такая информация может быть получена с помощью измерительных устройств, выходные сигналы которых $\bar{y}(t)$ не совпадают со значениями вектора перемещений $y(t)$ динамической системы, даже если пренебречь погрешностями процедуры измерения. Это объясняется тем, что число измеряемых величин оказывается меньшим числа управляемых переменных, т. к. измерить их все невозможно. В связи с этим те значения вектора перемещений, которые не могут быть непосредственно измерены, оцениваются в результате некоторого наблюдения за поведением динамической системы.

Очевидно, что измерение управляемых переменных будет более точным, чем их оценка с помощью наблюдения. Поэтому в большинстве случаев нелогично оценивать те значения вектора перемещений $q(t)$, которые можно измерить. Единственным исключением является случай, когда измерение сопровождается большим шумом.

В связи с этим целесообразно синтезировать наблюдатель, дающий оценку только тех составляющих вектора перемещений $q(t)$, которые не могут быть измерены.

Уравнение свободных колебаний системы (без учёта демпфирования) имеет вид:

$$(K - \lambda M) \cdot Y = 0, \quad (1)$$

где $\lambda = \omega^2$ (ω – частота собственных колебаний системы); Y – вектор амплитуд обобщённых координат.

Разделим все степени свободы динамической системы на измеряемые и подлежащие оценке. Соответствующим этим степеням свободы перемещениям узлов и элементам матриц жесткости K и масс M присвоим индексы r и s :

$$\left(\begin{bmatrix} K_{rr} & K_{rs} \\ K_{sr} & K_{ss} \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} M_{rr} & M_{rs} \\ M_{sr} & M_{ss} \end{bmatrix} \right) \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = 0 \quad (2)$$

Вводя предположение, что силы инерции, возникающие при колебании системы, пренебрежимо малы, упрощаем второе уравнение системы:

$$K_{sr} \cdot y_r + K_{ss} \cdot y_s = 0. \quad (3)$$

Из этого уравнения находим:

$$y_s = -K_{ss}^{-1} \cdot K_{sr} \cdot y_r \quad (4)$$

Эта зависимость устанавливает связь между измеряемыми и оцениваемыми переменными.

Таким образом, вектор перемещений $\{Y\}$ представляется в виде:

$$\{Y\} = \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = [A_r] \{y_r\}, \quad (5)$$

где $[A_r] = \begin{bmatrix} E_r \\ -K_{ss}^{-1} K_{sr} \end{bmatrix}$ – матрица квазистатического преобразования (E_r – единичная матрица порядка r).

Основными недостатками данного метода оценивания являются: погрешность расчёта, вытекающая из допущения о равенстве нулю инерционных сил в системе, и зависимость точности результата от выбора мест расположения узлов, в которых выполняются измерения.

Ниже рассматривается метод модального синтеза, позволяющий исключить данные недостатки.

Алгоритм данного метода заключается в следующем.

Оцениваемые перемещения узлов динамической системы представляются в виде суммы их статических перемещений, вызванных перемещениями узлов с измеряемыми параметрами, и перемещений системы с жёстко закреплёнными узлами с измеряемыми параметрами, представленных в виде разложения по собственным формам колебаний:

$$y_s = y_{ст} + y_{дин} = -K_{ss}^{-1} \cdot K_{sr} \cdot y_r + \Phi_s q_s, \quad (6)$$

где q_s – вектор обобщённых координат (амплитуд); $\Phi_s = (\Phi^{(1)}, \Phi^{(2)}, \dots, \Phi^{(N)})$ – собственные формы колебаний; N – число удерживаемых форм колебаний.

Вектор перемещений системы можно представить следующим образом:

$$\{Y\} = \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = [A_D] \begin{Bmatrix} y_r \\ q_s \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

где $[A_D] = \begin{bmatrix} E_r & 0 \\ -K_{SS}^{-1}K_{Sr} & \Phi_s \end{bmatrix}$ – матрица динамического преобразования, Φ_s – матрица собственных форм колебаний системы при закреплённых узлах с измеряемыми перемещениями ($\{y_r\} = 0$), получаемая при решении задачи:

$$([K_{SS}] - \lambda^{(s)}[M_{SS}])\{y_s\} = 0. \quad (8)$$

Полнота учёта динамических свойств системы в узлах с оцениваемыми перемещениями зависит от количества собственных векторов, включенных в матрицу $[\Phi_s]$. Если в $[\Phi_s]$ включаются все собственные векторы, то происходит полный учёт динамических свойств системы в узлах с оцениваемыми перемещениями.

Часто, в целях сокращения объёма вычислений, в $[\Phi_s]$ включается только n_s первых форм колебаний из N_s , т. е. $n_s \ll N_s$.

Используя матрицу динамического преобразования, получаем следующие выражения для матриц жёсткости и масс системы при переходе к координатам q_s .

$$[K_D] = [A_D]^T [K] [A_D] = \begin{bmatrix} K_{rr}^* & 0 \\ 0 & \Lambda_s \end{bmatrix},$$

$$[M_D] = [A_D]^T [M] [A_D] = \begin{bmatrix} M_{rr}^* & M_{rq} \\ M_{qr} & M_{Ns} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где $[K_{rr}^*] = [A_r]^T [K] [A_r] = K_{rr} - K_{rs}K_{SS}^{-1}K_{Sr}$; $[M_{rr}^*] = [A_r]^T [M] [A_r] = M_{rr} - 2M_{rs}K_{SS}^{-1}K_{Sr} + K_{rs}K_{SS}^{-1}M_{SS}K_{SS}^{-1}K_{Sr}$; Λ_s – диагональная матрица первых n_s из N_s собственных значений, получаемых из решения задачи (8), $M_{qr} = M_{rs}\Phi_s - K_{rs}K_{SS}^{-1}M_{SS}\Phi_s$; $M_{qr} = M_{rq}^T$.

Чтобы исключить координаты q_s , воспользуемся второй строкой матричного уравнения:

$$(K_D - \omega^2 M_D) \begin{Bmatrix} E_r \\ q_s \end{Bmatrix} = 0,$$

которая имеет следующий вид: $\Lambda_s q_s = \Lambda M_{qr} y_r - \Lambda E_r q_s = 0$,

где $\Lambda = \omega_K^2$ – диагональная матрица, порядок которой равен n_s .

Отсюда следует:

$$q_s = B_s \cdot y_r;$$

где $B_s = (\Lambda_s - \Lambda)^{-1} \Lambda M_{qr}$.

Таким образом

$$\{y_s\} = [A_D] \begin{Bmatrix} E_r \\ B_s \end{Bmatrix} \{y_r\} = \begin{bmatrix} E_r \\ -K_{SS}^{-1}K_{Sr} + \Phi_s B_s \end{bmatrix} \{y_r\}.$$

Разработанный алгоритм может быть использован в системах оценивания состояния сооружений в случае их мониторинга. При нештатных ситуациях (пожар, взрыв) алгоритм совместно с системой управления сооружением позволит среагировать на внешнее воздействие исполнительными механизмами.

Литература

1. Леонтьев Н.Н. Основы строительной механики стержневых систем / Н.Н. Леонтьев, Д.Н. Соболев, А.А. Амосов. – М.: АСВ, 1996. – 541 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.twirpx.com/file/1805566/> (дата обращения: 18.12.2020).

2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 543 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.twirpx.com/file/14253/> (дата обращения: 18.12.2020).

УДК 72.025

Теоретические аспекты реконструкции архитектурного наследия городов и парадигма диалектического единства и противоположности старого и нового

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, почётный архитектор России,
почетный член РААСН, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»

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

В статье приводятся основные постулаты и законодательные международные акты, принятые на архитектурных форумах в области охраны и реконструкции памятников архитектуры.

Неуклонно растущий интерес к сохранению, восстановлению и современному использованию старой застройки стал примечательным явлением последнего десятилетия в развитии градостроительной теории и практики. Еще совсем недавно эта область деятельности находилась на далекой периферии общественного сознания, считалась не престижной в архитектурной профессии. Проекты реконструкции вызывают наибольший интерес в среде профессионалов. Самые авангардные архитектурные поиски обязательно несут отпечаток заигрывания с «ретро», разрабатываются специальные методики сохранения и приспособления старых зданий.

Появилось целое семейство новых понятий, обозначающих виды деятельности реконструкции и реставрации, такие как регенерация, реабилитация, ревалоризация. Несмотря на различные оттенки, смысл их сходен: приставка «ре» – возобновление, возврат из прошлого, а следовательно, и его переоценка, переосмысление. Парадигма реконструкции архитектурного наследия исторических городов должна опираться на мировой и отечественный опыт [1] и традиции и на следующие международные законодательные акты, принятые в области охраны памятников архитектуры:

- В 1931 году в Афинской хартии – первой международной конвенции – сформулированы принципы охраны памятников культуры, в частности – запрет стилизации новой застройки в духе памятников в исторических кварталах.

- В 1943 году во Франции принят закон, запрещающий переделки в зданиях, воспринимаемых вместе с памятником в радиусе 500 метров и фиксирующие объем застройки в исторических кварталах.

- В 1964 году Венецианской конвенцией были провозглашены учения о реставрации памятников градостроительства и архитектуры:

- идея сохранения памятника распространена с единичного объекта на весь контекст воспринимаемой вместе с ним городской исторически сложившейся среды;
- сохранение памятника предполагает его «реанимацию» – оживление, использование в современной жизни;
- строгая научная методология в подходе к выбору способа реставрации (консервация, документальная реставрация, реконструкция), реконструкции на основе категорий ценности памятника и внедрением современной техники изысканий и укреплений.

В 1972 году, проведенный опрос в 21 стране на Ассамблее Международного комитета по охране памятников (ИКОМОС) выявил несколько позиций подхода к новой застройке в районе старинных ансамблей: это либо документальная реставрация; либо роль нейтрального фона для памятников; либо стилизация в духе исторической эпохи; либо откровенно современный характер.

Ведущую тенденцию мирового зодчества сформулировал симпозиум ИКОМОС в Кесересе: проектирование новых зданий в исторических ансамблях и вблизи их должно идти на языке современной архитектуры, но в параметрах, заданных историческим окружением, с учетом этажности, объема, масштабного строя, цветовых отношений, материалов покрытий, пространственных членений и силуэта. Таким образом, наличие прекрасной старинной архитектуры призывает к созданию полноценных работ, принадлежащих нашему веку. (Как сказал французский

архитектор Алломар: «Проблема современного здания в старинном городе, это проблема хорошей архитектуры».) [1].

Итак, высшая форма сохранения наследия – это архитектурное творчество! Но при этом любые операции в районе памятников требуют максимально высоких стандартов. В прошлом шедевры художественного симбиоза создавались на новом эстетическом созвучии и взаимодействии. Поиски гармонии в одном лишь формальном соответствии параметров – обедняют саму среду, обрекая её на безразличное сосуществование с памятником.

Памятник задает художественное «силовое поле» воспринимаемой вместе с ним среде, которая находится в единстве, в сложном напряженном взаимодействии с ним. Обезличивание среды разрывает это единство, художественный потенциал памятника не реализуется, памятник в нейтральной среде проигрывает. Рекомендуется взамен утраченных элементов среды вводить современные активизирующие элементы, без формального уподобления памятнику, но равные ему по художественной ценности. При этом сохраняется двустороннее взаимодействие: памятник – среда и среда – памятник. При синтезе с новыми художественными ценностями памятник сохраняет специфику образа и обретает новый смысл и выразительность.

Таким образом, в основе синтеза – новая идея духовной общности. Архитектурное толкование её может быть двойко:

1) памятник – носитель темы, среда – поле ее выразительной разработки с использованием средств композиции ритма, напряжений, акцентов;

2) среда – вторая тема в единстве старого и нового. Способы интерпретации в содержательных ассоциативных связях неисчерпаемы, но за этим должна стоять бдительность эрудита-реставратора и творца. Это должно быть не сожительство, а диалог эпох. Современность всегда говорит нечто значительное, но в правильном режиссёрском толковании.

Цель реставрации, сформулированная на Ассамблее (Будапешт, 1972): дать памятнику место в жизни современного общества, ввести его в сферу социальных функций архитектуры. Но, делая памятники активными элементами, модернизируя их для использования, надо сохранять их структуру выбором уместных функций.

В прошлом здание появлялось на свет с определенным назначением. Сегодня этот объект – художественная и историческая ценность, и назначение ему новой общественной функции должно идти без «взрыва» оболочки и изменения его облика.

Однако в отечественной практике реконструкции исторических центров, обладающих ценным наследием, часто наблюдается несоответствие мировым актам

законодательства по охране памятников архитектуры. Необходимо признать, что дело сохранения национального наследия, его уникальной культуры исторического города неожиданно оказалось на грани уничтожения. Резко возросшие темпы строительства в историческом городе привели к тому, что стали возникать на их территории целые новые города, принадлежащие практически одному нашему времени, с утратой духа времени и знаков прошлого. В большинстве крупных городов историческая часть буквально утонула в море современной застройки. В Москве историческое ядро составляет меньше 10 % всей территории города. Началось активное и разрушительное проникновение новой архитектуры в старые городские центры.

Имеется более глубокая и трудноуловимая причина: ее можно назвать утратой масштаба времени. Глубинная, фундаментальная взаимосвязь пространства и времени интуитивно осознается человеком с давних пор, задолго до того, как Эйнштейн строго доказал ее в теории относительности. Нет места вне времени, и каждое время оставляет свой пространственный отпечаток. В городе эти отпечатки самым удивительным образом соседствуют друг с другом. Нет другого явления культуры, в котором история была бы сконцентрирована столь наглядно и в такой легко доступной форме. Здесь человек зримо ощущает временной масштаб своей реальности, соотносит себя с мировым потоком времени, отождествляет себя со своим временем. Все это не требует каких-либо специальных усилий, а делается непреднамеренно, ненавязчиво, как бы само собой.

И вот тут, перед лицом реальной угрозы невосполнимой утраты, стало ясно, что ощущение своего времени невозможно вне исторического напластования времен. Что само новое осмысливается, как новое, только в сравнении со старым, а без этого лишается временной контрастности своего существования. Что эта соразмерность времени является такой же неотъемлемой и фундаментальной потребностью человека, как соразмерность пространства.

Кризисная ситуация породила немедленный ответ – ускоренное развитие программ сохранения и восстановления исторически сложившейся среды городских центров.

Старый городской центр обретает новую роль в жизни современного города. Его уникальность определяется теперь не удобством транспортных связей (новые общественные комплексы могут быть лучше обеспечены транспортом) и не рангом размещаемых в нем объектов (иные периферийные магазины, театры, даже музеи могут быть классом выше), но исторический городской центр незаменим для горожанина в своем главном качестве – хранителя времени. Эта новая специфическая роль требует

особого режима функционирования. Конечно, не превращая в музей-заповедник старые центры должны остаться полнокровным элементом современности, не застоя, но успокоения. Им нужно оживление, но не суета, насыщенность, но не толкучка. Такой центр не только по содержанию, но и по своей архитектурной форме с полным правом может считаться самым человеческим, самым экологическим местом во всем городе.

Средства, которые надо вложить в реабилитацию старых центров, окупятся сторицей. Они вернут сотням тысяч людей бесценное достояние – ощущение живой сопричастности истории и понимание собственного места в ее развитии. Итак, реконструкция – это проявление и важная составляющая более общей и широкой тенденции поисков полноценного, достойного человека городского окружения. Тенденция движения к человеку, к естествену, к природе, к поискам соответствия между человеком и средой его обитания, в том числе и во временном срезе этого процесса. Нет, интерес к реконструкции гораздо глубже и содержательнее, чем переменчивая мода на «ретро». Он указывает на серьезные изменения, которые претерпевает наше отношение к городу, на новый подход к его исследованию и проектированию.

Сегодня, в XXI столетии, конфликтная ситуация, порождающая такой подход, обозначилась со всей определенностью. Число его сторонников непрерывно растет. Уже имеются некоторые обнадеживающие результаты. Все это позволяет думать, что архитектура и градостроительство входят в полосу активных перемен, радикального изменения ориентации, по своему значению, масштабам и последствиям не уступающего технической революции, начавшейся столетие тому назад.

Ключевым моментом в этой уже начавшейся перестройке является новое и во многом непривычное для градостроителя отношение к городу, как к высокоорганизованному, естественно развивающемуся объекту. Подобное отношение или даже ощущение «живого» города, в чем-то близкое к поэтическому образу, является, как это ни парадоксально, непременным условием успешного изучения и правильного понимания городских процессов. Слишком часто и слишком сильно мы ошибались, наивно полагая, что город – это всего лишь объект профессиональной деятельности архитектора-градостроителя, своего рода гигантский дом, создаваемый по законам «красоты и пользы». Город есть нечто большее чем то, что мы проектируем и строим. Это часть сложного и многообразного мира, в котором мы существуем, и который подчиняется действию объективных закономерностей развития. Только осознав эту простую истину, сделав ее отправным пунктом своего мышления, мы можем надеяться понять эти закономерности и научиться эффективно управлять процессами городского развития.

Такое отношение еще не стало общепринятым, оно не нашло отражения в градостроительной теории – слишком велико еще влияние традиционного «нормативного» подхода к городу как инженерно-строительному объекту. И здесь наиболее актуальной в аспекте современного подхода к городу становится проблематика, связанная с реконструкцией.

Особое место в ряду проблем градостроительной реконструкции занимают вопросы сохранения и обновления исторически сложившейся среды, которые решаются на уровне реконструкции отдельных фрагментов и узлов планировочной структуры, т. е. улиц, площадей, кварталов, расположенных в центральной исторически сложившейся части города.

Исторический центр – особо значимый в функциональном, композиционно-художественном и символическом отношении элемент городской структуры. Здесь сосредоточена большая часть памятников архитектуры, истории и культуры, что делает старое ядро города специфической зоной культурного восстановления, которая принадлежит всему населению города.

Возникает трудноразрешимое противоречие. С одной стороны, необходимо сохранять старый центр, его сложившуюся планировочную структуру, расположенные на его территории памятники, многие из которых находятся в плохом состоянии. С другой стороны, старые центры зачастую плохо приспособлены для условий современной жизни. Неудовлетворительное состояние жилого фонда, часто ветхого и не отвечающего современным нормам. Неудобные, стесненные условия размещения важных объектов общественного обслуживания, нехватка озелененных пешеходных пространств, плохо сдерживаемое наступление деловых учреждений на традиционно жилые кварталы, перегруженность транспортом, нехватка автостоянок и гаражей – таков далеко не полный перечень проблем существования старых городских центров. Без решения этих насущных проблем невозможно добиться главной цели – полноценного включения старых городских центров в современную действительность крупного развивающегося города. Но их невозможно решить, не осуществляя широкого и планомерного вмешательства в исторически сложившуюся среду.

Вопросы сохранения и обновления исторической среды нельзя решить изолированно, они составляют две стороны одной проблемы. Чтобы сохранить сложившуюся городскую среду, надо сделать ее по-настоящему жизнеспособной, надо не только бережно поддерживать, но и непрерывно обновлять ее. Это единый комплексный процесс, включающий и реставрацию, и ремонт, и благоустройство, и новое строительство как необходимые составляющие.

Действительная проблема заключена не в том, осуществлять ли реконструктивное вмешательство как таковое, а в том, как именно, какими средствами его осуществлять. Опыт многих городов, в том числе Москвы, Санкт-Петербурга и др. убеждает, что сложившаяся городская среда может быть поставлена на службу задачам сегодняшнего дня без какого-либо ущерба для историко-культурного наследия, а напротив, с пользой для его сохранения [3].

Архитектурно-художественная культура реконструируемого города включает все многообразие элементов, из которых слагается жизнедеятельность города как социального, технического и архитектурно-пространственного организма. Город представляет собой сложное образование, которое находится в непрерывном изменении и обновлении. Здесь уживаются и сосуществуют в близком соседстве сооружения разных эпох и стилей. Активное переустройство исторических зон с ценными архитектурными памятниками и культурным наследием обуславливает необходимость найти наиболее целесообразные формы старой исторической и новой застройки с сохранением ценного наследия. Отдельные черты будущего развития города подготавливаются на предыдущих этапах, так как преемственность прошлого в настоящем подчеркивает индивидуальность и неповторимость облика данного города.

Традиционные городские пространства – исторически сложившиеся улицы, площади – не меняют своего привычного облика, но реальное пространство функционирования человека не замыкается в этих границах. Оно развивается изнутри, пронизывает сооружения и кварталы, и приметы каждой эпохи удивительным образом притираются друг к другу и образуют, в конечном счете, единую, органическую ткань. И это совмещение старого и нового в центре города составляет одну из самых характерных его черт.

Есть примеры, когда время сформировало город как собрание совершенно уникальных памятников архитектуры. Таковы Суздаль или, скажем, Венеция – примеры удивительного творения народа и зодчих, города, уже практически полностью сформировавшиеся. Задача заключается лишь в том, чтобы сохранять их как можно дольше.

Этот случай, пожалуй, наиболее понятный, хотя здесь есть свои проблемы, связанные с тем, что необходимы определенные технические решения, чтобы сохранить памятники архитектуры или удобно и современно организовать туристическое обслуживание. Но эти проблемы гораздо проще, чем те, которые возникают в центре крупного развивающегося современного города, который к тому же

не обладает таким представительным и бесспорным набором памятников архитектуры, как Суздаль или Венеция.

В Москве или, скажем, в Париже в центральной части очень много исторически ценной застройки, с другой стороны, здесь немало и ветхих зданий, не представляющих большого интереса. При этом не слабеющая притягательность столичного центра стимулирует дальнейшую концентрацию важнейших городских функций, например, все новые и новые учреждения стремятся получить здесь место.

Где логическое завершение этого процесса? Может быть, лондонский Сити – колоссальный кусок города, который утром наполняется служащими контор, а по вечерам превращается в совершенно безлюдную зону, в пустыню среди центральной части? Такая перспектива не кажется заманчивой. Центр – это как раз то место, которое должно функционировать полнокровно и полноценно почти круглые сутки.

Возьмем проблемы жилья в центре крупных исторических городов. Сейчас численность населения городских центров во многих случаях падает, жилыми становятся периферийные районы. Но дальнейшее развитие этого процесса в принципе нежелательно. Видимо, следует не только сносить ветхое, неблагоустроенное жилье в центре и расчищать тем самым его территорию, но и строить новые комфортабельные жилые здания таким образом, чтобы количество населения в центре не увеличивалось, но и существенно не уменьшалось. Это должны быть дома не слишком большой этажности, чтобы не создавать чисто зрительных конфликтов с привычной застройкой центра.

Предстоит развивать свойственные традициям общественному месту торговые и культурные функции, комфортабельно размещать учреждения и конторы, которые здесь неизбежны. Придется подумать и об удобстве пребывания и обслуживания многотысячных посетителей центра, например, об организации транспорта. Во всяком случае, планы реконструкции, предполагающие снос участков старой застройки для прокладки автомобильных магистралей, представляются неубедительными. Вместе с тем, придется подумать и о дополнительных удобствах для автомобиля. Однако проектные решения в этой области связаны, в основном, с освоением подземного пространства, строительством, тоннелей и многоярусных подземных стоянок.

Еще один актуальный аспект реконструкции – бережное отношение к исторически сложившейся городской среде. Не к отдельным памятникам архитектуры, а именно ко всему окружению, к тому облику города, который стал не только достоянием истории и нашего времени, но и для каждого из нас – частью сознания, символом общности наших традиций и мироощущения. Внося неизбежное новое в

спрессованную временем городскую среду, надо позаботиться, чтобы оно нашло себя в сложившейся застройке.

Шестнадцатиэтажный дом, поставленный среди старогородских небольших домиков с фронтонами, своим видом и своей мощью, конечно, противоречит окружающей среде. Такое же число новых квартир можно получить в этом месте, но совсем другими средствами. Например, то же здание можно разбить на блоки, соразмерные небольшим домикам, чтобы не противоречить духу исторической застройки, соединить их в изогнутые плотные структуры, что обогатит ее.

При реставрации зданий в Венгрии придерживаются строгой методологической системы: устраняют элементы деградации в наслоениях, сохраняя ценное и жизненное, отчетливо выделяют дополнения, чтобы исключить фальсификацию старины, ведущей к неверному прочтению памятника.

Наше время требует подлинности, достоверности, точности информации в показе объекта. Главными принципами во всех странах остаются: неприкосновенность сохранившихся частей памятника; невозможность восстановления исчезнувших бесследно; ограниченное заполнение пробелов, с целью лишь облегчить восприятие, проследить главные линии целого, обязательно в новой манере: отвращение к подделкам – явление абсолютно новое. От реставрации очень разрушенных зданий, руин воздерживаются, считая, что они при этом теряют научную и художественную ценность, превращаясь в макет.

Избыток рвения к исчерпывающей реставрации опасен для памятника; но специфическая осторожность реставраторов приводит зачастую к их отчуждению с публикой или руководством. Но, например, в Будапеште [4] разрушенный королевский замок отреставрировали только снаружи, по документальным остаткам. «Начинку» здания составляет благоустроенный современный музей. Фрагменты стен старого замка под дворцом экспонируются в подвале, без каких-либо дополнений.

В Сехешфехерваре, небольшом барочном городке, стоящем над римским поселением, – при рытье котлована под жилой дом были вскрыты руины часовни при королевской базилике. Проект дома переработали, он был поднят на опоры и прикрыл собой законсервированные археологические раскопки. План расположенной рядом королевской базилики выложен на некоторую высоту от уровня древней вымостки и законсервирован под открытым небом. На одной из улиц этого города, посреди мостовой, были вскрыты остатки стен крипты при капелле святой Анны. Чтобы не закрыть проезда по улице, реставраторы вымостили контур плана крипты над стенами белым камнем прямо на проезжей дороге; план утраченного здания выделяется на фоне

черной торцовки. Сама капелла при реставрации предстала вдруг готическим собором в барочном футляре. Каменные готические «розы» под барочным декором оставлены для обзора в открытых зондажах.

Шопрон – городок на Австрийской границе – особенно интересен разнообразием постановки и решения задач оживления и сохранения памятников и ансамблей. Как остатки римских, а над ними средневековых городских укреплений скрыты со стороны главной улицы города гладкой железобетонной поверхностью из вертикальных плит, в которой снизу как бы вырезаны и отогнуты в виде клапанов изогнутые прямоугольные участки, позволяющие подойти к кладке вплотную для изучения. Этот железобетонный «занавес» устроен с косметической целью, но не закрывает доступа к памятнику с фасада. Над стеной, на высоту всего утраченного парапета, устроена легкая пергола, увитая диким виноградом: прием, дающий представление о величине утраченной конструкции, но без попытки ее воссоздания, так как нет достаточных оснований.

Кстати, так смело и открыто вводят современные формы и материалы в памятники только две страны – Италия и Венгрия, обладающие высокими стандартами проектирования и производства, остальные придерживаются традиционных (подобных древним) конструкций и материалов.

Нельзя не отметить мастерства сохранения в Венгрии археологических памятников – культурных слоев, остатков стен. Оснований колонн, а порой лишь следов былых сооружений – фундаментных котлованов, отмосток полов. Например: в центре города вскрыли храмовый комплекс римского времени со святилищем Изиды. На обширной площади была осуществлена консервация археологических слоев и архитектурных руин, водружены упавшие колонны, святилище Изиды. Выношена реконструкция в плане. Вблизи памятника сооружен лапидарий, где хранятся отдельные архитектурные фрагменты и археологические предметы. Расходы на консервацию быстро окупились, так как объект стал притягательным пунктом для многочисленных туристов.

Реставрационная теория [5] предстает перед нами как бесконечный процесс развития, изменения взглядов на наследие и связанных с ними методов реставрационных работ. Развитие сложное, происходящее в постоянном преодолении указанных выше противоречий, в противоборстве тенденций, по-разному оценивающих эти противоречия. И в то же время развитие целенаправленное, путь, отмеченный рядом выдающихся несомненных успехов. Постоянно совершенствуются методы натурных и историко-аналитических изысканий, повышается научная обоснованность

принимаемых решений, появляются новые приемы решения стоящих перед реставратором задач.

Противоборствующие тенденции в равной степени способствуют развитию реставрационного дела. Ни один из существующих сегодня методов не может быть признан универсальным и единственно верным. В ходе исторического развития они, благодаря совершенствованию средств научного анализа, в какой-то мере сближаются, но полностью их противоречие преодолено быть не может. Поэтому будущее реставрации видится в их диалектическом сосуществовании.

Литература

1. Рыцарев К.В. Отечественная и европейская методология реставрации. В сборнике «Памятники архитектуры в дореволюционной России». – М., 2002.
2. Попова Н.А. Реконструкция и реставрация историко-архитектурного наследия: учеб. пособие / Н.А. Попова. – Саратов: Изд-во: «Аквариус», 2003. – 53 с.
3. Гутнов А.А. Города и люди / А.А. Гутнов. – М.: Ладыя, 1993. – 317 с.
4. Современный облик памятников прошлого: Историко-художественные проблемы реставрации памятников архитектуры / под. ред. А.С. Щенкова. – М.: Стройиздат, 1983. – 187 с.
5. Методика реставрации памятников архитектуры / под ред. Е.В. Михайловского. – М.: Стройиздат, 1977. – 168 с.

УДК 72. 03

Результаты историко-архивного исследования и поиска сведений о купцах

Мальцевых и доме Паисия Мальцева

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, почётный архитектор России,
почетный член РААСН, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»

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

Городская усадьба Паисия Мальцева является федеральным памятником архитектуры и относится к высоким образцам русского городского усадебного зодчества конца XIX – начала XX века, результат творчества известных

архитекторов и тесно связана с историей города, купцами Мальцевыми. В статье приводятся основные исторические сведения.

В результате историко-архивных и литературных исследований установлено, что Балаково было основано в 1762 году старообрядцами переселенцами из польской Ветки [1], согласно указу Екатерины 2 на месте рыбного стана и казачьего разъезда-юрта. В 1765 году они построили церковь и основали удельное село.

В середине XIX века богатые купцы-старообрядцы (в т. ч. Мальцевы) из Николаевска и Вольска переселяются в село Балаково, что объясняет начало его экономического подъема, в связи со становлением его крупным торговым центром, знаменитой пшеницы-белотурки, выращиваемой в степях Заволжья [2].

Бывшие мирские старообрядческие слободы Балаково, Николаевск, Криволучье вырастают в значительные зерновые центры, в которых богатые хозяйства – уже не крестьянско-любительского, а фермерско-рыночного типа поставляют пшеницу-белотурку не только на русские, но и на заграничные рынки [3].

«Большое торговое село Балаково (22 тыс. чел.) на рубеже веков становится международным торговым портом, «пшеничной столицей» России, а также основой хлебных операций купцов-миллионеров, чьи зерновые сделки в 1840-1870-х гг. отражаются на продуктовых биржах и ценах Гамбурга, Лондона и Парижа»[4].

Купцы сами часто арендуют и обрабатывают землю, и их плантации нередко достигают нескольких десятков тысяч десятин, таковыми были «хлебные короли» Балаково – старообрядцы купцы Мальцевы. По Волге зерно шло или в Петербург, или в Ростов-на-Дону, а оттуда за границу. Импозантные и дорогие дома местных купцов-миллионеров ничем не отставали от дворянских помещичьих и городских резиденций и «с честью выдержали бы конкуренцию даже с домами на хороших улицах любой столицы», – писал П.П. Мельников[5].

Старообрядческий купеческий род Мальцевых становится известным в России в конце XIX века как «хлебные короли», крупнейшие землевладельцы, обладатели многомиллионного состояния, по-столичному образованные люди – и ревнители древнего благочестия, староверы, приемлющие священство Белокриницкой иерархии, попечители старообрядческих монастырей и скитов, благотворители, храмоздатели [6].

1. Купцы Мальцевы и Паисий Мальцев

Родоначальником являлся Михаил Трофимович Мальцев, а продолжателями два его сына Анисим и Паисий. Паисий Михайлович Мальцев (1856-1919), николаевский купец – старообрядец 1-й гильдии состоял в торговом союзе старообрядческой Рогожи, был широко знаком с богатыми купцами-

старобрядцами Москвы и занимался сбытом заволжской пшеницы и был творческой и одаренной натурой, получил образование в Московском университете.

Во время учебы в МГУ Паисий общался и дружил с братом А.П. Чехова, общался с Гиляровским и многими известными людьми, в том числе известнейшим московским букинистом Павлом Шибановым. Был известным библиографом, коллекционировал древние иконы, рукописные церковные богослужебные дониконовские книги и даже в Москве слыл образованнейшим человеком. Коллекция книг, которую он собирал всю жизнь, пополнила фонд Российской государственной библиотеки и стала основой фонда редкой книги научной библиотеки Саратовского государственного университета.

В Балаково сохранилась знаменитая музей-усадьба, главный дом которой построен по проекту академика архитектуры Шустера Франциска Ивановича в 1890 году.

2. Сведение об авторе дома Паисия Мальцева



Шустер Ф.И.

Находим: Барановский Г.В. Юбилейный сборник сведений о деятельности бывших воспитанников института гражданских инженеров (Строительного училища) 1842-1892 [7].

Шустер Франциск Иванович, инженер-архитектор, академик архитектуры, родился в Варшаве в 1832 г. Первоначальное воспитание получил в варшавской гимназии, затем в варшавской художественной школе, отсюда в 1852 г. со званием архитектора I-ой степени поступил для дальнейшего совершенствования в строительном деле в СПб. Имп. Академию художеств. В 1852 и 1853 гг. был награжден серебряными медалями I-ой и 2-ой степени. В 1857 г. Ф.И. возведен СПб. Имп. Академией художеств в звание академика, а в 1871 году Совет Стр.Уч. признал его в звании инженера-архитектора.

Был действительным членом Императорского русского технического общества и Общества Санкт-Петербургских архитекторов, а также Общества инженеров в Лондоне.

Вел активную общественную жизнь. В Саратове состоял директором тюремного комитета, председателем правления попечительского общества Саратовского Дома трудолюбия, правления кассы служащих Саратовского губернского правления, действительным членом Саратовского губернского статистического комитета; был членом различных благотворительных обществ: Общества Красного и Белого Креста, Общества спасения на водах, Общества вспомоществования учащимся.

Постройки в Псковской губернии, в Санкт-Петербурге, в Минске, в Саратовской губернии, в г. Саратове, в Харькове. В Самарской губернии – дом-особняк П. Мальцева в с. Балаково (рис. 1).

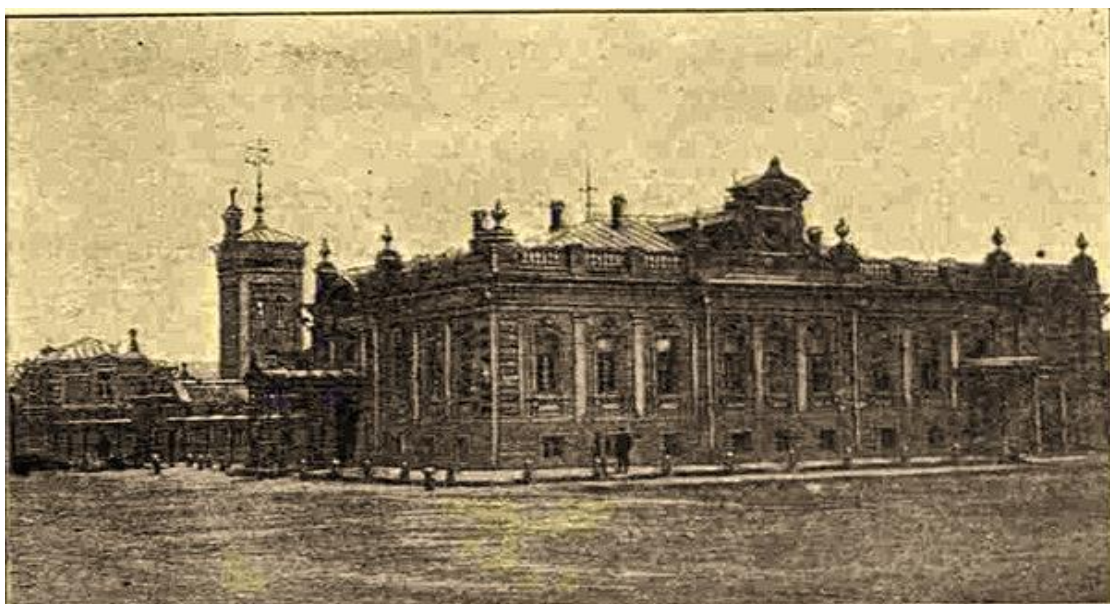


Рис. 1. Историческое фото главного дома усадьбы купца Паисия Мальцева, осуществленного проекта Шустера Ф.И. [7]

Усадьба купца-старообрядца Паисия Мальцева по ул. Коммунистической – федеральный памятник архитектуры конца XIX – начала XX века. Усадьба построена по проектам архитекторов Ф.И. Шустера и Ф.О. Шехтеля.

История ее создания тесно связана с жизнью ее владельца Паисия Мальцева, старшего сына богатого купца – старообрядца Михаила Трофимовича Мальцева. Который, якобы еще в Крымскую войну 1845-1850 годы рядовым солдатом, храбро сражался против турок. За это ему – выходцу из белорусских крепостных, самодержец дал свободу и земли в Балаковском приказе.

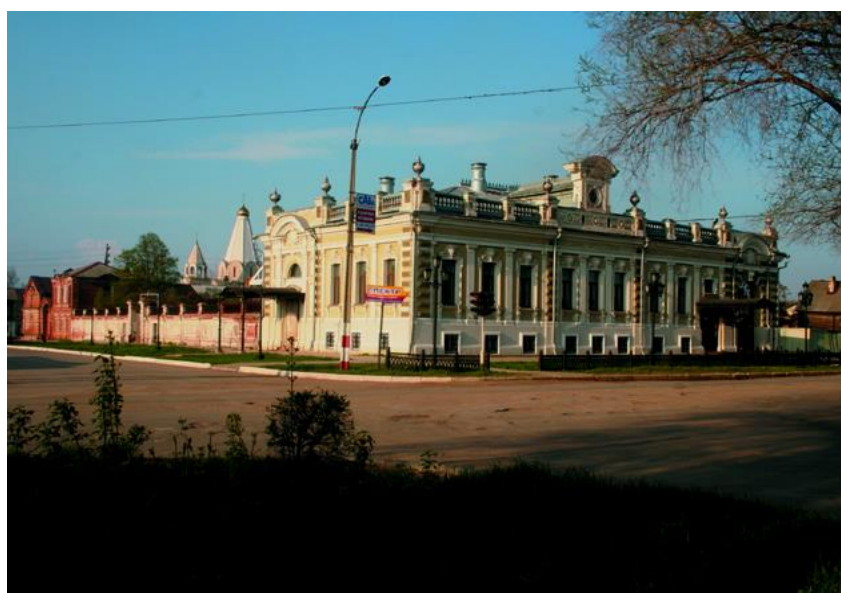
В конце XIX века представители купеческого рода Мальцевых (Михаил и его сыновья Паисий и Анисим) становятся самыми крупными землевладельцами и

хлебопромышленниками степного края Заволжья (Николаевского уезда). Они занимались производством знаменитой пшеницы белотурки и сбытом ее на российский и зарубежные рынки, с помощью связей с московскими купцами-старообрядцами. Михаил Трофимович отправил в Москву старшего сына Паисия, вначале на учебу, а попутно и организацию сбыта зерна через Рогожу, где он остался жить постоянно. Вращаясь в просвещенных кругах, собирал рукописные древнерусские книги, которые пересылал в Балаково. В результате образовалась домашняя библиотека древних рукописей, которая сейчас размещена как фонд Паисия Мальцева в Российской государственной библиотеке в Москве и в библиотеке Саратовского государственного университета. Паисий Мальцев был знаком с Чеховым, Гиляровским и с архитектором Шехтелем, которого пригласил в начале XX века в Балаково для строительства староверческой Белокриницкой церкви за средства старшего брата Анисима Мальцева и реконструкции собственной усадьбы, куда приезжал редко, в целях отдыха.

3. Историко-архивный анализ возникновения усадебного комплекса, развитие планировочной структуры

Усадьба Паисия Мальцева самая богатая из балаковских усадеб по своему внешнему и внутреннему убранству. Усадьба может быть отнесена к высоким образцам русской архитектуры периода конца XIX века.

В начале XX века Паисием был построен добротный одноэтажный дом на высоком цоколе, выполненный в формах архитектуры позднего ренессанса по проекту академика архитектуры Ф.И. Шустера, исполнявшего обязанности губернского инженера в Саратове.



*Рис. 2. Городская усадьба купца Паисия Мальцева. Фото 2020 г.
Памятник федерального значения*

Почти ничего не изменив, зодчий добавил новые элементы: грифоны, подпирающие аттик, грифоны поменьше на водосточных трубах, тумбы парапетов, установил декоративные амфоры с пламенем. В центральной части верхнего фриза автор расположил герб усадьбы – жезл Меркурия – покровителя торговли и воровства без злой иронии. Шехтелем выполнены прекрасные интерьеры дома в духе итальянского барокко.

Существует версия, что Паисий специально реконструировал дом к визиту своей возлюбленной иностранки в Балаково, которая приплыла по Волге на яхте, приехала на карете по специально выложенной для этой цели белым камнем дамбе от причала до дома, осмотрела усадьбу, отдохнула там 2-3 часа, а затем отбыла в Москву.

Усадьба включает: основной дом, сиреневый сад, дом для дворовых с хозяйственным блоком, каретную, конюшню и прачечную, кирпичную с ажурными решетками ограду и двое литых ворот, брандмауэр.

Литература

1. Брокгауз Ф.А. Энциклопедический словарь / Ф.А. Брокгауз, И.А. Эфрон. – СПб., 1891. – Т.11А. – С. 947.
2. ЦГИАЛ.Ф. 1424. Оп.6. Д.11.Л.18, конец XIX.
3. Зеньковский С.А. Русское старообрядчество / С.А. Зеньковский. – М.: Церковь, 2009. – Т. 11. – С. 410.
4. Русская старина. 1896. – Т.2. – С. 308.
5. Мельников П.И. На горах / П.И. Мельников. – М.: Изд-во Аст, 1955. – С. 183.
6. Будкина И. Хлебные короли (Балаковский купеческий род Мальцевых) / И. Будкина // Самарское староверье. [Электронный ресурс] URL: <https://www.samstar.ru/document/168/> (дата обращения: 12.12.2020).
7. Барановский Г.В. Юбилейный сборник сведений о деятельности бывших воспитанников института гражданских инженеров (Строительного училища) 1842-1892. / СПб.: Изд-во Ин-т гражд. инж., 1893. – Вып. 2. – С. 386.

Архитектура главного дома Паисия Мальцева

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, почётный архитектор России,
почетный член РААСН, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Дворядкина Дарья Андреевна, студент направления «Строительство»;

Дворядкина Полина Андреевна, студент направления «Строительство»

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

Архивные материалы свидетельствуют, что в 1886 г. было приобретено пустопорожнее усадебное место с участком 85x40 сажен. В этот период зодчий Шустер Ф.И. выполняет проект дома-особняка господину Мальцеву в селе Балаково. 1888-1890 г.г. были построены два дома и все надворные постройки [1].

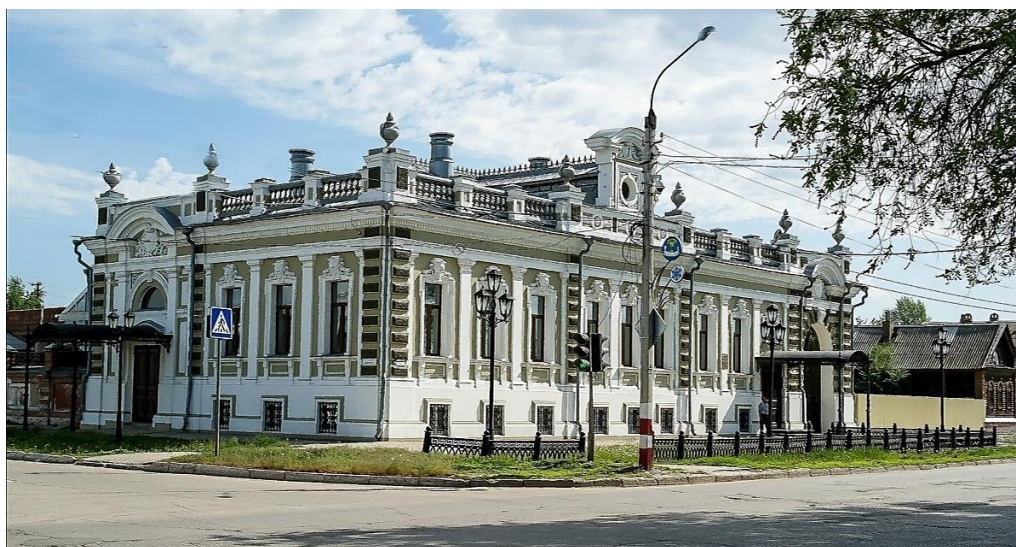


Рис. 1. Главный дом усадьбы Паисия Мальцева

Главный дом усадьбы купца Паисия Мальцева (рис. 1) построен в стиле позднего ренессанса [2] по проекту академика архитектуры Ф.И. Шустера, исполнявшего обязанности губернского инженера в Саратове (имеется проект 1880 года в Саратовском государственном архиве). Купец Паисий Мальцев, большей частью проживая в Москве, заказывает себе усадьбу столичного уровня с богатым домом и садом, где ярко выражены вкус и духовный мир владельца.

На современном фото представлены два уличных фасада дома улиц Николаевской (Коммунистической) и Новоузенской (в настоящем Ленина). Далее наименование улиц будет даваться в настоящих наименованиях.

Главное звено усадьбы основной дом, который представляет собой одноэтажный объем с высоким цокольным этажом, мансардой и крышей сложной формы. План дома имеет Г-образную конфигурацию. Дом выполнен в формах неоренессанса и историзма [2] – характерной стилистики периода модерна конца XIX-начала XX века.

Главный фасад разделен рустованными лопатками на три равновеликие части. Каждая из частей в свою очередь делится с помощью двух пилястр дорического ордера на три части, где размещаются оконные проемы. Каждое окно украшено замковым камнем в виде античных мужских масок.



Рис. 2. Северный фасад дома с ул. Коммунистической (2020)

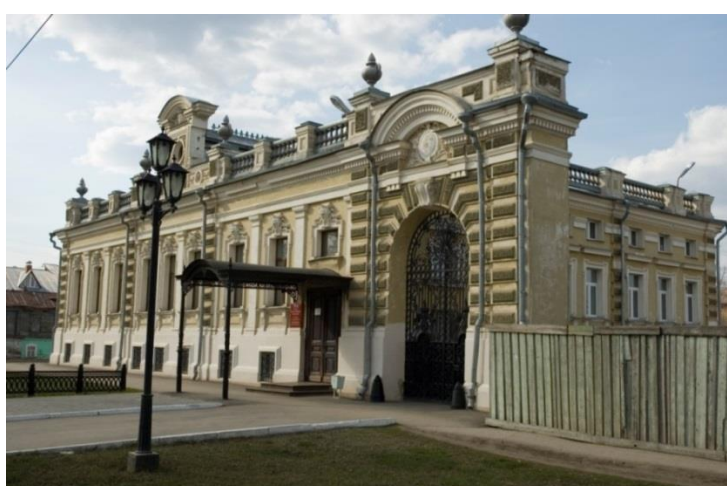


Рис. 3. Северо-восточный вид главного дома (2019)

Аттик украшают затейливые фигуры грифонов (рис. 7), которые подпирают его квадратное основание. Парапет выполнен в виде балюстрады по кирпичным столбикам

и сплошной стенки, украшенной розетками и картушами. Его украшают греческие вазоны-амфоры, поставленные на кирпичные столбики [2, 3].



Рис. 4. Фасад дома с ул. Ленина (2019)

С восточной стороны к фасаду улицы Коммунистической примыкают торжественные въездные ворота, а в угловой части расположен вход в дом, соединенный с воротами.

Боковой фасад с Ленина, раскрытый на главную улицу, разделен на две части с помощью рустованных лопаток [2] на парадный вход и трехконное пространство стены, архитектурная пластика которой повторяет пластику главного фасада. Пространство парадного входа выделено с помощью рустованных лопаток и высокого торжественного аттика в самостоятельную композицию. Центральный дверной проем имел ранее навес с металлическими декоративными кронштейнами, был утрачен, ныне восстановлен. Вход фланкируется пилястрами дорического ордера, переходящими в декоративный арочный карниз. По центральной оси входа над дверным проемом размещен сандрик, в виде прямоугольного фронтона центральным замковым камнем подъема арочного карниза, ult расположен герб.



Рис. 5. Фрагмент 1 южного фасада дома (2019)



Рис. 6. Фрагмент 2 южного фасада главного дома (2019)



Рис. 7. Убранство северного фасада дома: аттик с грифонами; маскорон (2020)

Дворовый фасад (рис. 5, 6) представлен более спокойной, менее декоративной, но тщательно обработанной пластикой линейных обрамлений прямоугольных и квадратных окон, угловых рустованных лопаток [2, 3]. Во второй половине фасада за балконом имелась открытая веранда со спуском в сиреневый сад. В настоящее время веранда остеклена (рис. 5, 6).

Дом имеет анфиладно-кольцевое планировочное решение [5]. Рядом с парадным входом расположен приемный кабинет с библиотекой. Из кабинета попадаем в малую гостиную. Следующий по анфиладе торжественный зал, самый большой и главный в интерьере. Он занимает угловое положение в доме и окнами выходит на улицы. Прихожая с бокового фасада улицы соединяет зал со столовой. Столовая – проходное помещение и соединена со спальней. В тоже время отдельные пространства комнат имеют связь с распределительным холлом, откуда осуществляется связь со столовой, мансардой, служебными помещениями. Дом имеет пять входов. Два парадных – с улиц Коммунистической и Ленина, с литыми металлическими навесами. Один – для приема гостей, а второй – для повседневного обслуживания дома. Третий вход со двора – в прихожую. Четвертый – через столовую с террасой – в сиреневый сад. Пятый вход – в цокольный этаж под балконом. Внутридомовая деревянная лестница соединяет холл с мансардой и подвалом. Прихожая парадного входа с улицы включает две металлические площадки, лестницу и три двери.

Литература

1. ГУСО «ЦГАСО» Ф. 5 Оп. 19 Д. 980 Бланки переписи частновладельческих и арендаторских хозяйств. Усадьба Паисия Мальцева. [Электронный ресурс] URL: <https://www.archive-nnov.ru> (дата обращения: 12.12.2020).
2. История русской архитектуры / Н.И. Брунов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1956. – С. 611.
3. Баторевич Н.И. Архитектурный словарь / Н.И. Баторевич, Т.Д. Кожицева. – 2-е изд., доп. – СПб.: Стройиздат, 2001. – С. 383.
4. Плужников. В.И. Термины российского архитектурного наследия. Искусство. / В.И. Плужников. – М.: Искусство – XXI век, 2011. – 424 с.
5. Попова Н.А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н.А. Попова. – Саратов: Изд-во Саратовской епархии, 2008.

Распределение усилий в элементах каркаса стальной башни ТЭС

Попова Юлия Александровна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

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

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

В статье показана значимость затронутой темы. Расчет, выполненный с применением программного комплекса ЛИРА-САПР, позволил выявить сложное напряженное состояние исследуемых стержней. Рассмотрено распределение усилий в поясе, раскосе и распорке на разных отметках. Показано, что практически по всем стержням лидирует трубчатый профиль, однако в ряде случаев занимает выгодную позицию угловой профиль. Выявлено, что при статической ветровой нагрузке в одних и тех же элементах различные профили ведут себя по-разному и имеют существенную разницу по усилиям.

1. Актуальность вопроса

В настоящее время увеличенное строительство тепловых электростанций, вызвало увеличение объемов специфических отходов производства, выдвинуло в качестве одной из важнейших проблем современности охрану чистоты атмосферного воздуха.

Вытяжные стальные башни – это сооружения, с помощью которых отходы производства с остаточным содержанием вредных веществ выбрасываются на значительной высоте (от 60 до 600 м). Потребности в таких сооружениях непрерывно возрастают [1, 2]. Вытяжные башни возводятся не только на ТЭС, но и на объектах таких основных отраслей промышленности, как химическая, черная и цветная металлургия.

В последнее время все больше возводятся башни с несколькими газоходами. Этого требует специфическая технология производства с возможностью одновременного выполнения ремонтных работ оборудования и башни. Внутри башни может располагаться несколько газоотводящих труб диаметром от 1 до 8 м.

Большая высота, неблагоприятные аэродинамические формы поперечного сечения распорок, связей и поясов, а также оборудования, находящегося внутри таких сооружений, делают их очень восприимчивыми к действию ветровых нагрузок.

Особенно сложная работа таких сооружений, если внутри расположено несколько труб [3-5]. Это требует высокой ответственности в проектировании каркаса стальной башни. Таким образом, изучение работы стальных башен для возведения на различных объектах – одна из актуальных тем современности.

Целью данной работы является изучение распределения усилий в элементах каркаса стальной башни с несколькими газоходами.

2. Нагрузки на башню

Необходимо провести анализ распределения усилий в стержнях каркаса четырехгранной башни при следующих данных: высота стальной башни $H_1=171,0$ м; высота дымовых труб $H=175$ м, подвешенных на отметке 155 м; количество газоотводящих стволов $n = 4$ шт; диаметр газоотводящих стволов $d = 5000$ м (рис. 1).

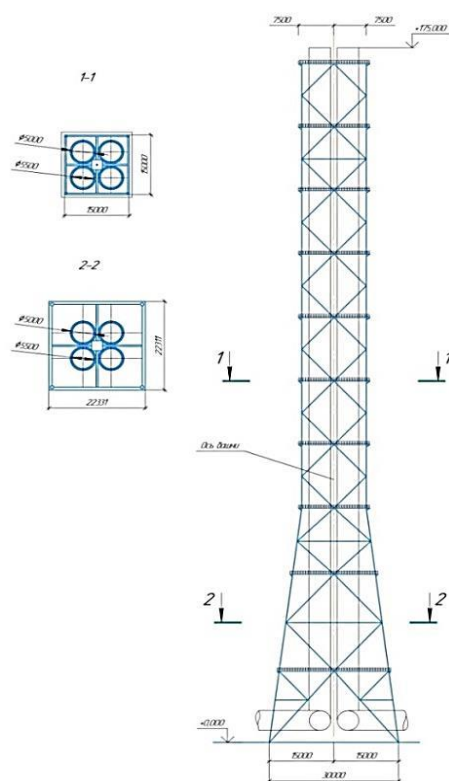


Рис. 1. Общий вид четырехгранной башни

Сооружение будет расположено в Калужской области. Ветровой район – I, снеговой район – III по СП [6]. Расчет велся на 4 типа нагрузок:

- собственный вес металлического каркаса (стоек, раскосов, ригелей, просечного вытяжного листа);
- собственный вес металлической вытяжной трубы;
- узловая ветровая нагрузка, действующая вдоль оси X;
- динамическая составляющая 1-ой и 2-ой нагрузок.

В основу расчета положен метод конечных элементов с использованием программного комплекса «ЛИРА – САПР» [7].

3. Распределение усилий в элементах башни

3.1. Рассмотрим, как изменяются усилия в элементах из трубчатого профиля (табл. 1). Анализ полученных результатов расчета усилий на различных отметках высотного металлического сооружения показал:

- с увеличением отметки усилия в поясах, раскосах и распорках стальной башни заметно изменяются;

- на более высокой отметке отмечается, что усилия в распорках изменились в 4 раза: значение $Q_z = 0,449$ кН (отметка 55,0) и значение $Q_z = 0,119$ кН (отметка 119,0); усилия N в раскосах на отметке 119,0 м в 2 раза меньше, чем на отметке 150,0;

- значение усилий N от собственного веса в поясе на отметке 55,0 м превышает значение усилий N на отметке 119,0 м в 2,5 раза;

- усилия от воздействия статической ветровой нагрузки больше в 5,5 раз; а от пульсационных воздействий превышает в 4,4 раза; аналогичный результат имеем при сравнении усилий в поясах на отметках 119,0 м и 150,0 м;

- от собственного веса элементов башни усилия в поясах имеют существенную разницу в сравнении с усилиями в раскосах; причем разница (отметка 150,0 м) достигает до 85 %.

Таблица 1

Усилия в элементах башни при трубчатом профиле на разных отметках
(отметка 55,0 м; отметка 119,0 м; отметка 150,0 м.)

№ элемента	Усилия в стержнях от веса башни, кН			Усилия в стержнях от ветровой статической нагрузки, кН			Усилия в стержнях от ветровой пульсационной нагрузки, кН		
	N	Q_y	Q_z	N	Q_y	Q_z	N	Q_y	Q_z
Отм. 55,000									
Пояс, 189	-18,93	0,000	0,115	1205,67	-2,025	2,302	1534,31	0,082	0,438
Раскос 10	-0,751	0,022	0,184	-0,273	-0,731	-0,068	-41,924	0,090	0,074
Распорка, 442	4,279	0,000	0,449	-3,721	-0,679	0,174	-53,529	0,039	0,054
Отм. 119,000									
Пояс, 278	-8,446	-0,020	0,020	218,13	-0,014	-3,576	351,65	-0,088	0,097
Раскос, 95	-0,845	0,009	0,114	108,518	-1,002	-0,031	141,928	-0,559	-0,060
Распорка, 342	0,006	0,000	0,119	-13,490	-2,508	-0,017	-6,419	-2,068	0,006
Отм. 150,000									
Пояс, 282	-3,240	-0,042	0,042	42,665	-0,052	-4,043	49,417	-0,027	0,034
Раскос, 103	-0,494	0,017	0,100	29,741	-1,274	-0,004	61,105	-0,667	-0,018
Распорка, 326	-0,023	0,000	0,124	-13,960	-2,937	0,095	-9,263	-2,755	-0,021

3.2. Эффективность применения трубчатых профилей по стержням

Для анализа эффективности применения профилей в башенных конструкциях приняли пять разных вариантов выполнения элементов башни из различных профилей: трубы, двутавра, одиночного уголка, двух швеллеров, замкнутого сечения [8].

Рассмотрим изменение усилий в стержнях, например для статической ветровой нагрузки, как наиболее характерной для высотных сооружений.

На рис. 2-4 приведены номограммы (отметка 119.0 м) для различных стержней башни: пояса, раскоса, распорки.

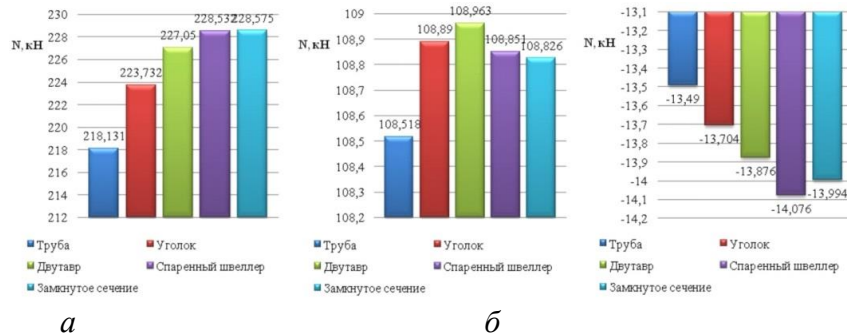


Рис. 2. Сравнение усилий N в стержнях от статической ветровой нагрузки:
а – в поясах; б – в раскосах; в – в распорках

По усилиям N во всех стержнях (пояс, раскос распорка) при статической ветровой нагрузке лидирующую позицию занимает трубчатое сечение. За ним идет уголковое поперечное сечение. Другие профили (двутавр, замкнутое сечение, спаренный швеллер) имеют небольшие расхождения во всех элементах.

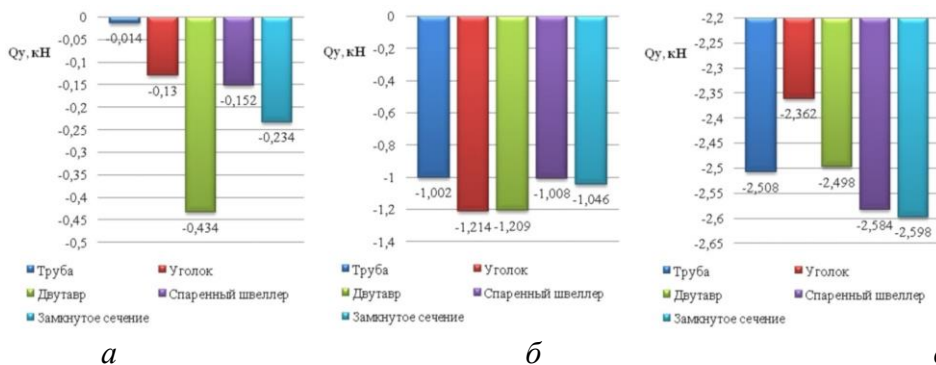


Рис. 3. Сравнение усилий Q_y в стержнях от статической ветровой нагрузки:
а – в поясах; б – в раскосах; в – в распорках

Из анализа гистограмм по Q_y от статической ветровой нагрузки четко видно, что трубчатый профиль имеет минимальное значение в поясе, а уголок и двутавр имеют близкие значения по Q_y и по величине не существенно отстают от трубчатого профиля. Однако в раскосах во всех стержнях имеем практически одинаковые значения при всех профилях. В распорках наименьшее значение Q_y имеет уголковый профиль.

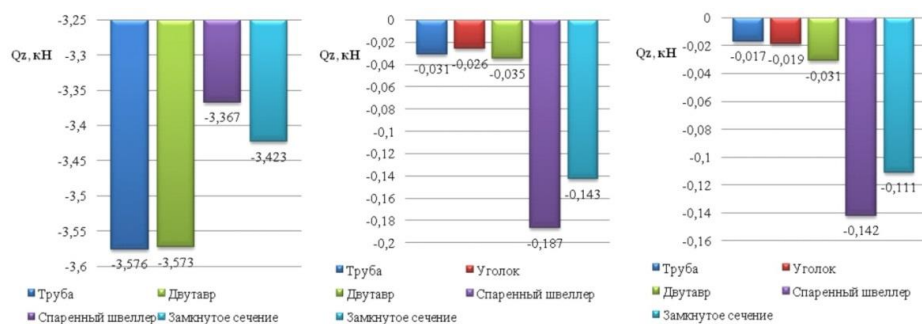


Рис. 4. Сравнение усилий Q_z в стержнях от статической ветровой нагрузки:
 а – в поясах; б – в раскосах; в – в распорках

Следует заметить, что в поясе значение Q_z имеет наибольшую величину именно в трубчатом профиле и проигрывает другим поперечным сечениям данного элемента. Причем в раскосах и распорках три профиля (труба, двутавр и замкнутое сечение) имеют незначительные числовые величины, приближающиеся к нулю. Причем, спаренный швеллер и замкнутое сечение существенно проигрывают другим сечениям.

Выводы:

- Проведенные расчеты и анализ усилий в трех стержнях (пояс, раскос и распорка) выявили их сложное напряженное состояние, существенно изменяющееся по высоте башни.
- Практически по всем стержням лидирует трубчатый профиль. Однако в ряде случаев занимает выгодную позицию уголкового профиля.
- Наибольшие усилия практически во всех стержнях (пояс, раскос, уголок) возникают при двутавровом поперечном сечении.

Проведенные исследования рекомендуются к применению при проектировании стальных вытяжных башен для газоотводящих труб на объектах энергетики.

Литература

1. Павловский В.Ф. Стальные башни (проектирование и монтаж) // В.Ф. Павловский, М.П. Кондра. – К.: Будівельник, 1979. – 200 с.
2. Ращепкина С.А. Разновидности дымовых труб применяемых на различных промышленных объектах / С.А. Ращепкина, Ю.А. Попова // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С.73-86.
3. Ключникова О.Н. Сравнительный анализ поведения стальной решетчатой башни в ветровом потоке / О.Н. Ключникова, Л.Ю. Колегова // Южно-сибирский научный вестник. – 2013. – № 1. – С. 87-89.

4. Попова Ю.А. Особенности проектирования башенных труб // Достижения науки в 2019 году / Ю.А. Попова, Э.К. Акимова, С.А. Ращепкина. – К.: Велес, 2019. – Ч. 1. – С. 61-72.

5. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Стальные конструкции вытяжных башен. Серия 3.400-8. КМ. Ленинград: ЦНИИПроектстальконструкция. – 1980. – Вып. 4.

6. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)». – М.: АО НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко, 2016. – 228 с.

7. Городецкий А.С. Программный комплекс ЛИРА-САПР // А.С. Городецкий, М.А. Ромашкина, В.П. Титок. – М.: Электронное издание, 2018. – 254 с. [Электронный ресурс] URL: https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book_LIRA_SAPR_2018.pdf (дата обращения: 28.11.2020).

8. Сортамент стальных профилей ГОСТ 10704-91, ГОСТ 8509–93, ГОСТ 26020-83, ГОСТ 8240-97, ГОСТ 30245-2003. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 29.11.2020).

УДК 539.3

Экспертиза и мониторинг инженерных сооружений на территориях с геодинамическими процессами

Редков Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теория сооружений и строительных конструкций»;
Чурочкин Никита Сергеевич, магистрант кафедры
«Теория сооружений и строительных конструкций»

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

Приводятся результаты компьютерного моделирования геотехнических условий и напряженно-деформированного состояния основания подземных сооружений резервуарного типа. Для основных эксплуатационных схем работы подземных сооружений установлен характер напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов и геомассива склона с выявлением областей предельного состояния.

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности строительных объектов и инженерной защиты городских территорий с активными геодинамическими процессами является актуальной для г. Саратова. Площадь потенциально опасных оползневых участков на городской территории составляет 2700 га [1, 2]. В оползневую зону входят 16 км прибрежной полосы от Гуселки до Глебучева оврага и от поселка Лесопильный до поселка Нефтяной. Коэффициенты устойчивости склонов в районе Гуселки, Зоналки, Лысой горы, Князевского склона меньше 1. На территории города зафиксировано 30 действующих оползневых участков, общая площадь которых составляет 500 га. Систематически проявляются оползневые деформации склонов Соколовогорского, Лысогорского массивов, а также Октябрьского и Смирновского ущелий.

Поэтому одной из основных задач экспертизы и мониторинга строительных объектов и урбанизированных территорий в сложных инженерно-геологических условиях г. Саратова является выявление, оценка и прогнозирование геотехнических рисков развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Компьютерное моделирование с использованием специализированных программных комплексов является одним из важных инструментов исследования напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов для оценки критических параметров техногенного нагружения и геотехнических рисков эксплуатации строительных объектов на территории с оползневыми процессами [1, 2].

Рассмотрим результаты численного моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) основания и плитных фундаментов подземных резервуаров, нагруженных полезной нагрузкой и работающих в условиях подтопления территории и развития оползневых процессов.

Построение модели и численные расчеты выполнены методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программного комплекса PLAXIS 3D Foundation, работающего на основе современной технологии информационного моделирования (BIM – Building Information Modeling). Этот комплекс успешно применяется для конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния системы «основание-фундамент-сооружение» в условиях трехмерной (пространственной) задачи. Расчетный комплекс PLAXIS 3D Foundation ориентирован на решение сложных геотехнических задач, возникающих на этапах строительства, эксплуатации и реконструкции сооружений.

При построении компьютерной 3D-модели геотехнической системы использованы материалы инженерно-геологических изысканий на площадке

Соколовогорского массива г. Саратова и материалы обследования технического состояния двух подземных резервуаров объемом по 20000 м³ каждый [3].

В соответствии с заданием, разработанным СГТУ, на площадке были проведены дополнительные инженерно-геологические изыскания с бурением 20 скважин, вскрытием и обследованием 16 шурфов, обследование ограждающих и фундаментных конструкций подземных сооружений, а также полевые испытания грунтов методом статического зондирования [3].

Два отдельных резервуара с размерами в плане по 54×60 м и высотой 6 м построены в 1989 г. Стены, колонны и перекрытия изготовлены из типовых сборных железобетонных конструкций. Колонны сечением 400×400 мм (с шагом 6 м) жестко закреплены в подколонниках (с размерами подошвы 2,1×2,1 м и высотой 1,05 м), которые опираются на монолитное железобетонное днище (рис. 1). Плита днища резервуара толщиной 12 см на бетонной подготовке толщиной 10 см по контуру сопрягается с плитной частью стенового ограждения.

Сборные стеновые панели толщиной 150 мм и размерами 3×6 м соединены между собой сваркой закладных деталей и монолитным бетоном. Угловые стыки решены в монолитном варианте. Несущая система резервуаров образована одноэтажными рамами с ригелями, опирающимися на колонны.

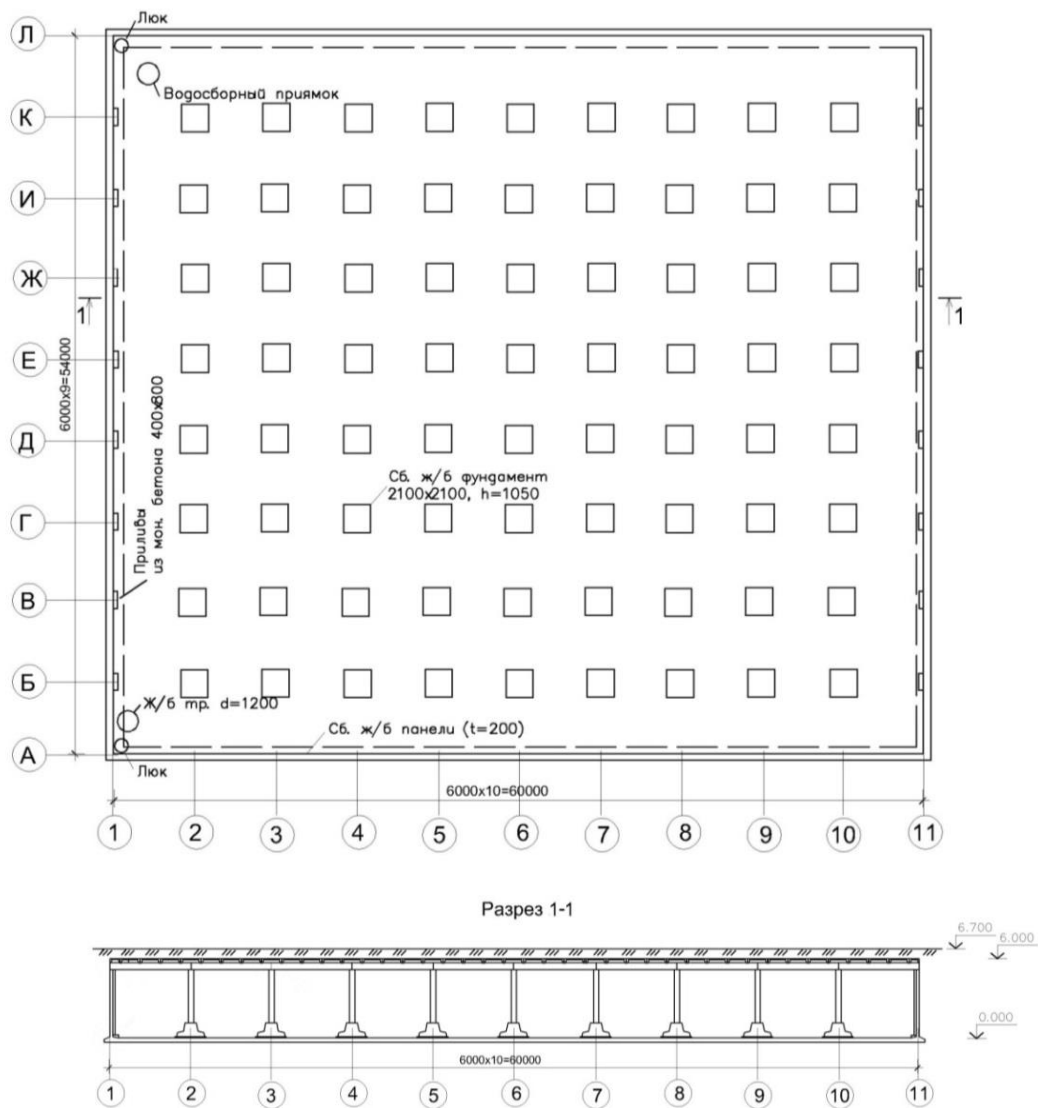


Рис. 1. План и разрез подземного резервуара

Плитная конструкция дна резервуара имеет сложный характер деформирования, особенно при совместном действии равномерно распределенных, полосовых и сосредоточенных нагрузок. При натурном обследовании конструкций резервуара установлено наличие трещин в плите дна шириной раскрытия от 0,2 до 3 мм и локальные участки механических повреждений на глубину до 120 мм. В стыках между сборными панелями стен имеются вертикальные трещины с шириной раскрытия до 1 мм на всю высоту сооружений, а также горизонтальные трещины в местах сопряжения стен и дна.

По данным проведенных инженерно-геологических изысканий установлено, что в основании резервуаров залегают мелкие водонасыщенные пески средней плотности, подстилаемые на глубине более 30 м суглинками и глинами (песок мелкий ожелезненный, средней плотности, влажный; суглинок желтовато-коричневый,

плотный с включениями щебня дресвы опоки полутвердой-мягкопластичной консистенции; глины темно-серые, черные, плотные с присыпками светло-серого алевролита твердой консистенции).

Анализ схемы обводнённости территории водопроводного комплекса показал наличие зон интенсивного обводнения вследствие утечек воды из подземных резервуаров, очистных емкостных сооружений и технологических трубопроводов.

В соответствии с заключением [3], оползни склона Соколовой горы относятся к суффозионно-структурным оползням, образующимся в связных глинистых грунтах, залегающих в чередовании с пластами и линзами водоносных песков. Причинами образования оползней является вынос пылеватых и песчаных частиц грунта подземными водами при обводнении песчаных грунтов на склоне за счёт атмосферных осадков, утечек воды из резервуаров и водонесущих коммуникаций.

В процессе эксплуатации строительных объектов в сложных геотехнических условиях возможно изменение НДС основания до критического уровня, что приводит к прогрессирующему увеличению пластических областей, резкому и внезапному нарушению общей устойчивости основания. Часто геодинамические процессы носят катастрофический характер. Процесс деформирования геомассива склона, в котором касательные напряжения достигают предельного сопротивления грунтов сдвигу, связан с образованием областей, в которых происходит локальное нарушение прочности грунта.

Для компьютерного моделирования участка склона Соколовогорского массива с комплексом подземных резервуаров в ПК PLAXIS 3D Foundation построена КЭ-модель (рис. 1а).

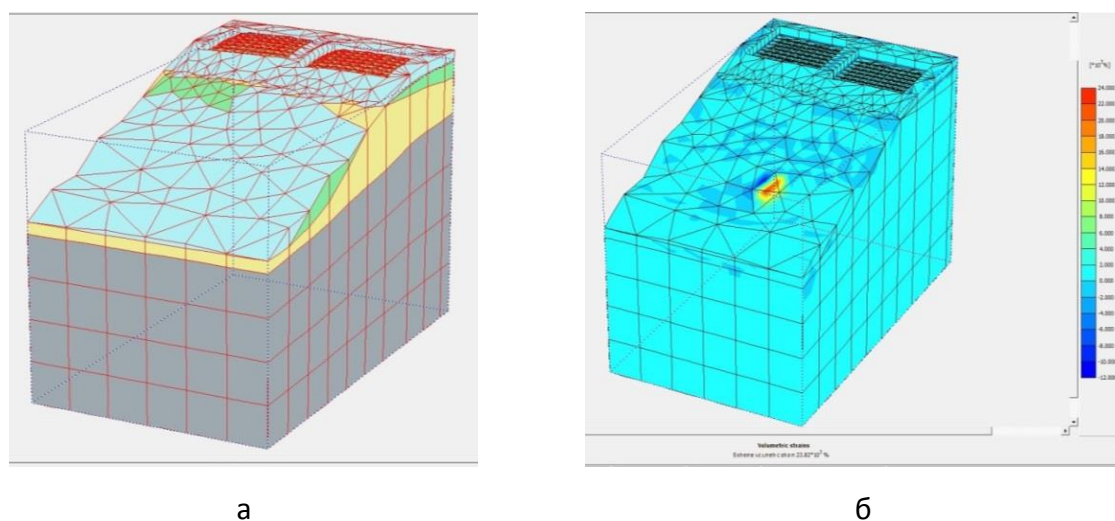


Рис. 2. Компьютерная модель склона с комплексом подземных резервуаров: а – 3D-модель геотехнической системы; б – изополю объёмных деформаций

При выполнении расчетов рассмотрены следующие расчетные фазы:

Фаза 1 – активация конструктивных элементов резервуаров (осуществляется активация конструктивных элементов резервуаров, а также действующих нагрузок на фундаментную плиту днища резервуаров).

Фаза 2 – активация нагрузки от гидростатического давления воды (выполняется активация нагрузки от гидростатического давления воды на днище и стенки резервуаров).

Фаза 3 – деактивация нагрузки от гидростатического давления воды (осуществляется деактивация нагрузки от гидростатического давления воды на днище и стенки резервуаров. При этом, может учитываться изменение показателей физико-механических свойств грунтов вследствие их увлажнения в результате утечек воды из резервуаров).

Фаза 4 – повторная активация нагрузки от гидростатического давления воды (осуществляется повторная активация нагрузки от гидростатического давления воды на днище и стенки резервуаров).

Расчеты НДС геомассива в ПК PLAXIS 3D Foundation выполнялись пошаговым методом последовательных нагружений с использованием модели упругопластической среды основания Кулона-Мора. Результатом МКЭ-расчётов геотехнической системы являются все компоненты напряжений, перемещений в геомассиве и усилий в конструктивных элементах резервуаров (плитах днища). На рис. 3 приведены отдельные результаты геотехнических расчетов в виде 3D-изополей перемещений и напряжений в геомассиве.

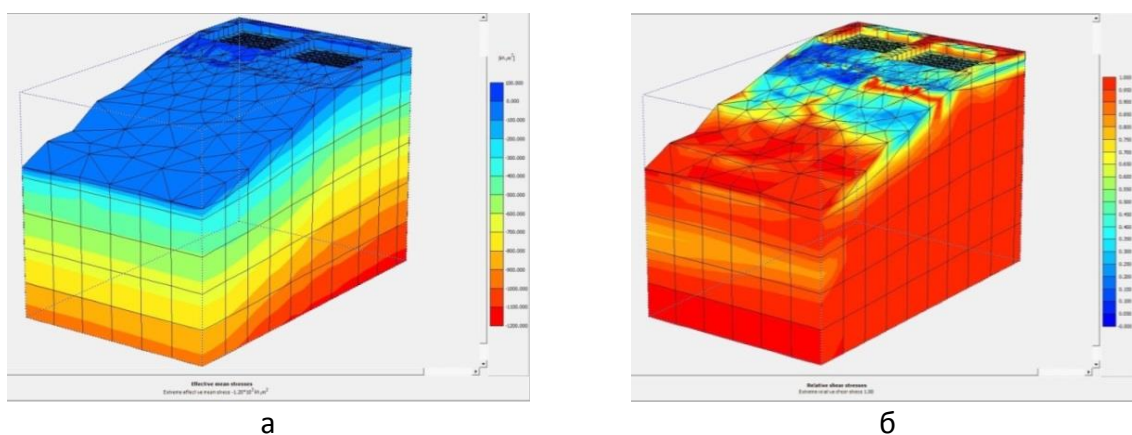


Рис. 3. Изополя напряжений в геомассиве склона:

а – эффективные напряжения; б – относительные касательные напряжения

Изополя перемещений, нормальных и касательных напряжений в основании подземных резервуаров дают полную информацию о напряжено-деформированном состоянии геомассива. В сложившихся условиях эксплуатации резервуарных сооружений в верхней части склона возможно образование локальных участков

неустойчивого состояния основания из песчаных грунтов. С глубиной значения касательных напряжений достигают предельных значений с образованием сплошных областей предельного состояния грунтов (рис. 3).

Распределение касательных напряжений в пределах массива склона имеет сложный пространственный характер и зависит от инженерно-геологических условий, особенностей расположения резервуаров на склоне, схем их нагружения и условий эксплуатации.

Построенная ПК PLAXIS 3D Foundation компьютерная модель склона Соколовогорского массива с комплексом подземных резервуаров позволяет осуществлять численное моделирование НДС геотехнической системы и осуществлять ее экспертизу и мониторинг на различных этапах жизненного цикла подземных инженерных сооружений, в том числе, при развитии неблагоприятных техногенных процессов (изменение инженерно-геологических условий, подтопление и т. д.).

Литература

1. Иноземцев В.К. Математическая модель деформирования геомассивов применительно к деформационным процессам в основаниях сооружений / В.К. Иноземцев, В.И. Редков. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2005. – 412 с.
2. Иноземцев В.К. Экспертиза и мониторинг урбанизированных территорий и строительных объектов: учеб. пособие / В.К. Иноземцев, В.И. Редков. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2017. – 472 с.
3. Отчет о научно-технической работе по теме «Проектные и аварийно-восстановительные работы по водопроводному комплексу в г. Саратове», НИИОСП им. Н.М. Герсевича. – Москва, 2003.