

БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ —
филиал федерального государственного автономного образования высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»



СБОРНИК ТРУДОВ

**VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ,
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

ТОМ I

Балаково 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

СБОРНИК ТРУДОВ

**VIII Международной
научно-практической конференции**

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

Том I

Балаково 2022

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

C23

Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» (20 апреля 2022 года). – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2022. – Т. I. – 444 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» 20 апреля 2022 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, В.А. Крошина.

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

Статьи получены до 20 апреля 2022 года. Статьи сборника издаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7262-2881-5

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

Подписано в печать 29.06.2022. Формат 60x84 1/16
Печ. л. 27,75 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

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

СЕКЦИЯ 1

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИКИ, ЭНЕРГЕТИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ»

БИЗОВ А.В., ЕФРЕМОВА Т.А.

Математическое моделирование комбинационных цифровых устройств в среде SimInTech..... 10

БИЗОВ А.В., ЕФРЕМОВА Т.А.

Математическое моделирование многоразрядных цифровых устройств в среде SimInTech..... 15

БИЗОВ А.В., МЕФЕДОВА Ю.А.

Использование среды SimInTech и графического калькулятора Desmos в построении круговой диаграммы тока электрической цепи..... 20

ГОЛОВКО М.В., СЕТРАКОВ А.Н., ТОМИЛИН С.А.

Оценка ветроэнергетики с позиции целей устойчивого развития..... 29

ГОРБАТОВ А.Д., КАРИМОВ В.А.

Исследование зависимости прочности изделий, изготовленных по технологии FDM, от изменения параметров 3D-печати..... 35

ГОРБУНОВ В.А., ПЕРЕВЕЗЕНЦЕВ Г.А., ТЕПЛЯКОВА С.С., МЕЧТАЕВА М.Н.

Исследование влияния различных факторов на коэффициенты эффективной теплопроводности при повышении температуры пористых тел..... 40

ГУБАТЕНКО М.С., ШАХОВ А.А.

Автоматизированное проектирование релейной защиты на основе свободно распространяемого программного обеспечения в условиях зарубежных санкций как инструмент освоения профессиональных компетенций студентами, проходящими обучение по образовательной программе «Электроснабжение» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»..... 45

ЗБИНЯКОВА В.Ю., МЕФЕДОВА Ю.А.	
Анализ способов дистанционного управления электроприводами запорной арматуры на АЭС.....	52
КАЛМЫКОВА Д.С., ПОПОВА Т.С.	
Эксплуатационная надежность зданий и сооружений (на примере системы безопасности АЭС).....	59
КИРЕЕВА О.В., УСТИНОВ Н.А.	
Технология выработки электроэнергии безопасным ветрогенератором Skybrators...	64
КНЯЗЕВ А.А., ГРИЦЮК С.Н.	
Информационное обеспечение интеллектуальных контроллеров.....	67
КНЯЗЬКИН В.В.	
Проблематика перехода от проектов автоматизации к проектам цифровизации крупных промышленных предприятий.....	72
КОЖЕВНИКОВ Д.А., КОЖЕВНИКОВА Е.К., УСТИНОВ Н.А.	
Кавитационная эрозия в местных сопротивлениях теплообменной аппаратуры.....	80
КОЖЕВНИКОВА Е.К., КОЖЕВНИКОВ Д.А., УСТИНОВ Н.А.	
Выбор параметров диагностирования цилиндрично-поршневой группы и подшипников ДВС.....	88
КОЛОМИНА П.С., КОРНИЛОВА Н.В.	
Анализ современного уровня автоматизации в системах водоочистки.....	92
КОРУШИН А.О., КРАСНОЛУДСКИЙ Н.В.	
Устройства автоматической коммутации.....	98
КРАСНЕНКОВ Г.В., КОРНИЛОВА Н.В.	
Анализ современного уровня автоматизации процесса производства пропиленовых нитей.....	104
МАЛУШКИН А.Н., РОГОВА М.В.	
Выбор экономически целесообразного варианта питающей сети завода по производству оборудования для общественного питания.....	108
НАГОРНАЯ О.Ю., ГОРБУНОВ В.А., МИНЕЕВ П.А.	
Верификация детерминированной модели турбины ГУБТ-25.....	116
ОВЧИННИКОВ Д.В., КУДАШЕВА И.О.	
Применение СОЖ для повышения эффективности производства.....	121
РАЗУВАЕВ А.В., ГАБАЛОВА Д.В., КОСТИН Д.А.	
Применение паровой поршневой машины на различных объектах эксплуатации.....	128

РАЗУВАЕВ А.В., ЕПИШИН А.Ю.	
Снижение эксплуатационного расхода топлива энергоустановками за счет изменения частоты вращения коленчатого вала.....	136
РАЗУВАЕВ А.В., ЗОТОВ Л.Д., КНЯЗЬКИНА Е.В.	
Повышение энергобезопасности объектов атомной энергетики.....	141
РАЗУВАЕВ А.В., КОСТИН Д.А.	
Возможность повышения эффективности применения паровой поршневой машины....	150
РАЗУВАЕВ А.В., ШАЛАЕВ В.Д.	
Анализ влияния температуры теплоносителя первого контура атомной энергоустановки на его уровень в корпусе компенсатора давления.....	158
САЙДАНОВ В.О.	
Технологии снижения вредных выбросов резервных дизельных энергоустановок метрополитена.....	164
СИНЕЛЬЩИКОВ В.В., ТОМИЛИН С.А.	
Прогнозирование бездефектного динамического горячего прессования пористых порошковых образцов.....	170
ТРОФИМЕНКО С.Р., ГРИЦЮК С.Н.	
Принципы построения систем охранно-пожарной сигнализации.....	175
ФИНОГЕЕВ Д.Ю., БОРИСОВ Ю.С., МАРКЕЛОВА О.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Конструктивные особенности изготовления телескопического имплантата позвоночника методом селективного лазерного плавления.....	179
ХАЙКОВА Я.Д., КУДАШЕВА И.О., КОСТИН Д.А., КОЛОЯРОВ Д.Р.	
Расширение технических возможностей станков с ЧПУ.....	185
ШМИГИРИЛОВ Ю.Г., ДРУЖИНСКАЯ О.И.	
Решение проблемы нейтрализации статического электричества ионизацией воздушного потока.....	192
ЮРКЕЕВ К.Ю., ГРИЦЮК С.Н.	
Программное обеспечение систем управления.....	197

СЕКЦИЯ 2

«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

ВИШТАК Н.М.

Организационные формы и организационно-педагогические условия дополнительного образования с использованием цифровых технологий.....	202
---	-----

ВИШТАК Н.М., ОНТИКОВА А.Д.	
Программный модуль учета и контроля электромонтажных работ.....	207
ВИШТАК Н.М., ЯНЧЕВ М.Д.	
Облачные технологии в учебной деятельности студентов.....	215
ВИШТАК О.В., БЕЛЯЕВА В.В.	
Программный модуль сопровождения производства металлических конструкций.....	219
ВИШТАК О.В., ЗЕМЛЯНСКАЯ О.В.	
Алгоритм разработки основы структуры интернет-ресурса.....	226
ВИШТАК О.В., МАКЕЕВА А.Ю.	
Цифровые инструменты в дополнительном профессиональном образовании.....	234
ГАНОСОВА Е.Ю., ШТЫРОВА И.А.	
Применение цифровых технологий в дополнительном образовании детей	238
ДОЛГАЧЕВ В.А., ОЧКУР Г.В.	
Об особенностях разработки программного приложения для торговых компаний.....	243
ЖАРКОВ Г.А., ВИШТАК О.В.	
Компетенции веб-разработчиков.....	247
ЗАБРОДИН М.Д., ВИШТАК О.В.	
Функциональные возможности облачных сервисов в преподавательской деятельности...	251
КАЧКОВ М.С., МИХЕЕВ И.В.	
Выбор инструментальных средств для разработки образовательного веб-приложения.	257
КОВАЛЁВ А.А., ОЧКУР Г.В.	
Технология digital rights management как средство защиты авторской информации...	265
КОМИССАРОВА Г.А., БРЕВНОВА Ю.А.	
Компьютерные технологии в производстве швейных изделий.....	269
КОНОВАЛОВ Э.Н., ШТЫРОВА И.А.	
Классификация угроз безопасности в информационных системах	273
ЛЕБЕДЕВА Я.В., ВИШТАК Н.М.	
Анализ информационных обучающих систем по программированию.....	277
ЛЕБЕДЕВА Я.В., ВИШТАК О.В.	
Интернет-ресурсы по обучению программированию.....	283
ЛУКЪЯНОВ А.С., ЛУКЪЯНОВА В.А., МИХЕЕВ И.В.	
Особенности реализации программного интерфейса REST API для маркетплейса услуг....	288
МОСКОВЦЕВ А.А., МИХЕЕВ И.В.	
Инструменты для создания обучающих игр.....	296

НАРАНОВИЧ О.И.	
Реализация алгоритмов анализа и прогноза в CRM системе.....	300
ОЧКУР Г.В., ДЕНИСОВ И.В.	
Обзор машинных методов обучения.....	304
ПАНИНА О.И., ШТЫРОВА И.А.	
Организация проектной деятельности обучающихся в условиях цифровизации образования.....	309
ПАНКРАТОВ А.А., ШТЫРОВА И.А.	
Разработка информационной системы онлайн-заявок для организации общественного питания.....	313
ПАРШИН М.А., ВИШТАК Н.М.	
Структурные особенности веб-ресурса интернет-торговли.....	317
ПОДГОРНОВ А.А.	
Применение Python при модернизации учебных программ на основе анализа вакансий.....	326
ТРУФАНОВ А.В., ВИШТАК О.В.	
Классификационный анализ компьютерных обучающих систем	331

СЕКЦИЯ 3

«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

АНДРЕЕВА Н.В., МАРУСИК А.К.	
Опыт строительства зданий из объемных блоков.....	336
ГАБАЛОВА Д.В., РАЩЕПКИНА С.А.	
О безнасадочных эжекционных градирнях.....	339
ГОЛОВА Т.А., АНДРЕЕВА Н.В.	
Архитектурно-конструктивные решения зданий из объемных блоков.....	345
ГОЛОВА Т.А., БЕЛОВА А.С.	
Особенности технологий изготовления трубобетонных конструкций и их материалов для строительства уникальных зданий.....	349
ГОЛОВА Т.А., ЖУКОВ А.Д.	
Эффективность применения оконных блоков из алюминиевых сплавов для строительства зданий АЭС.....	356

ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., БЕЛОВА А.С., ГАБАЛОВА Д.В., СТАРОСТИНА Е.С., ЗОТОВ Л.Д.	361
Исследования пространственного набухания хвалыньских глин в условиях сложного напряженного состояния.....	
ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ГАБАЛОВА Д.В., БЕЛОВА А.С., ЗОТОВ Л.Д., СТАРОСТИНА Е.С.	
Исследование процесса набухания глинистых грунтов методом математического планирования эксперимента.....	369
ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ЗОТОВ Л.Д., СТАРОСТИНА Е.С., ГАБАЛОВА Д.В., БЕЛОВА А.С.	
Новый принцип увеличения несущей способности слабого грунтового основания за счёт активного горизонтального армирования грунта.....	381
ЗОТОВ Л.Д., МЕЛАНИЧ В.М.	
Повышение эффективности шлакобетона, армированного стальной фиброй.....	385
КНЯЗЬКИНА Е.В., ГАБАЛОВА Д.В., РАЩЕПКИНА С.А.	
Применение основных методов монтажа башенных сооружений.....	395
МАГЕРРАМОВА И.А., ГУЛИВАНСКИЙ Д.Н.	
Особенности изготовления фибробетона и влияние волокон на его характеристики....	403
МЕЛАНИЧ В.М., КНЯЗЬКИНА Е.В.	
Коррозия бетона, основные виды. Защита от коррозии.....	407
МЕЛАНИЧ В.М., СТАРОСТИНА Е.С.	
Проектирование сталебетонных плит перекрытий в конструкциях зданий и сооружений.....	416
ПОПОВА Н.А.	
Итоги НИРС по проведению паспортизации памятников архитектуры г. Балаково во время учебной летней практики.....	423
ПОПОВА Н.А.	
Творчество русских архитекторов конца XIX – начала XX ВЕКА Ф.О. Шустера и Ф.О. Шехтеля в экстерьере и интерьерах главного дома усадьбы Паисия Мальцева....	429
ПОПОВА Н.А., ХОДЯКОВА Д.Д.	
Представительские функции в русской культуре архитектуры усадеб конца XIX века.	433
РЕДКОВ В.И.	
Технологии информационного моделирования в дипломном проектировании уникальных зданий и сооружений.....	439

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

СЕКЦИЯ 1
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИКИ,
ЭНЕРГЕТИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ»

УДК 004.312

Математическое моделирование комбинационных цифровых устройств
в среде SimInTech

Бизов Александр Валерьевич, 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

В статье рассматриваются принципы математического моделирования и проектирования цифровых устройств. Описываются возможности среды SimInTech. Приведены примеры разработанных математических моделей основных элементов цифровой и микропроцессорной техники. Проведено исследование поведения данных моделей с элементами ручного и автоматического управления и с получением временной диаграммы. Разработанные модели позволяют построить модель сложного цифрового устройства.

Одним из основных путей обеспечения надежной и эффективной работы систем нормальной эксплуатации и систем безопасности АЭС является автоматизация технологических процессов. Для автоматизации необходимо перевести работу исполнительных механизмов под программное управление с возможностью контроля и регулирования их параметров дистанционным способом. Программное управление

реализуется с помощью элементов микропроцессорной техники, базирующейся на двоичной логике работы [1].

Перед внедрением нового проекта автоматизированной системы с программным управлением необходимо построить адекватную математическую модель этой системы и непосредственно самого цифрового управляющего устройства. При составлении математической модели важно использовать модульные принципы – «от простого к сложному» и принцип иерархического подхода. Это связано с тем, что любая микропроцессорная техника состоит из набора более простых комбинационных устройств, таких как мультиплексоры и демультиплексоры, шифраторы и дешифраторы, триггеры, счётчики, сумматоры и так далее.

В данной работе приведены примеры разработанных математических моделей комбинационных устройств в среде SimInTech [2], в которой можно построить сложную математическую модель объекта с учетом различных физических процессов или спроектировать определённый алгоритм управления объектом.

На рис. 1 представлена разработанная математическая модель мультиплексора «4 в 1» с приведённой внутренней структурой.

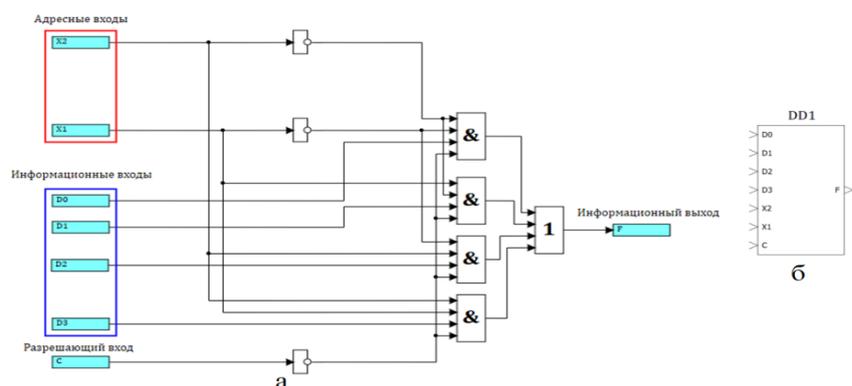


Рис. 1. Математическая модель мультиплексора «4 в 1»:
а – внутренняя структура; б – субмодель

Он является многопозиционным переключателем, который преобразует параллельную кодовую комбинацию на входе в последовательный код на единственном выходе. Его применяют на удаленных объектах для передачи сигнала по одной линии от нескольких размещенных на удаленном расстоянии друг от друга датчиков, в делителях частоты, счётчиках, генераторах кодов и в других узлах вычислительной техники.

К данной модели можно подключить элементы ручного (кнопки-переключатели В1.1-В1.8) и автоматического управления генераторами прямоугольных импульсов (меандрами М1.1 и М1.2), как показано на рис. 2.

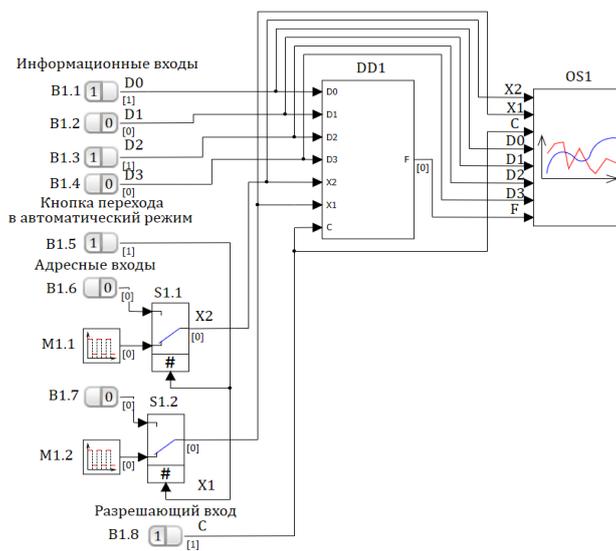


Рис. 2. Субмодель мультиплексора «4 в 1» с элементами управления

При запуске проекта на расчёт в блоке временного графика OS1 (рис. 3) отображается временная диаграмма работы устройства, соответствующая настройкам адресных и информационных входов.

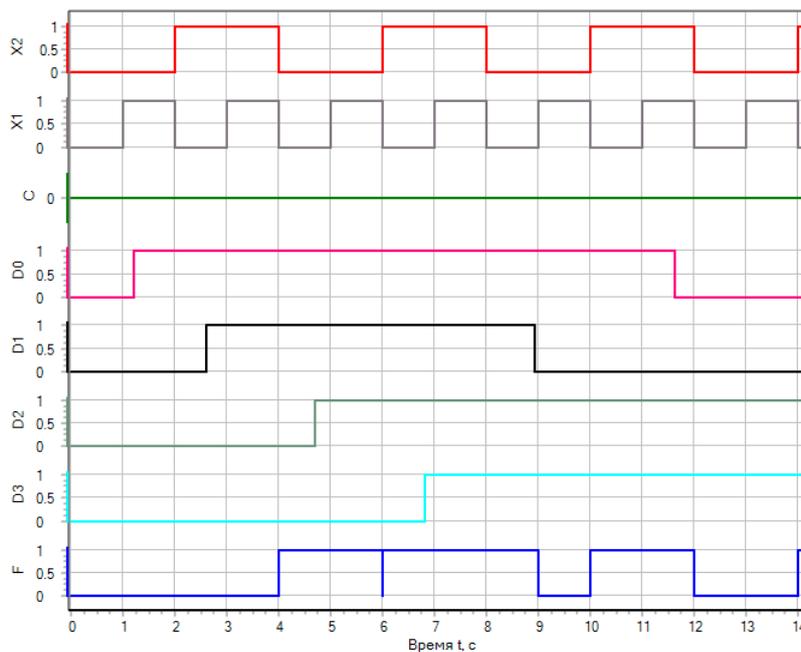


Рис. 3. Временная диаграмма работы мультиплексора

При добавлении большего количества логических элементов во внутреннюю структуру можно собрать мультиплексор с большим числом входов, например «8 в 1» (рис. 4).

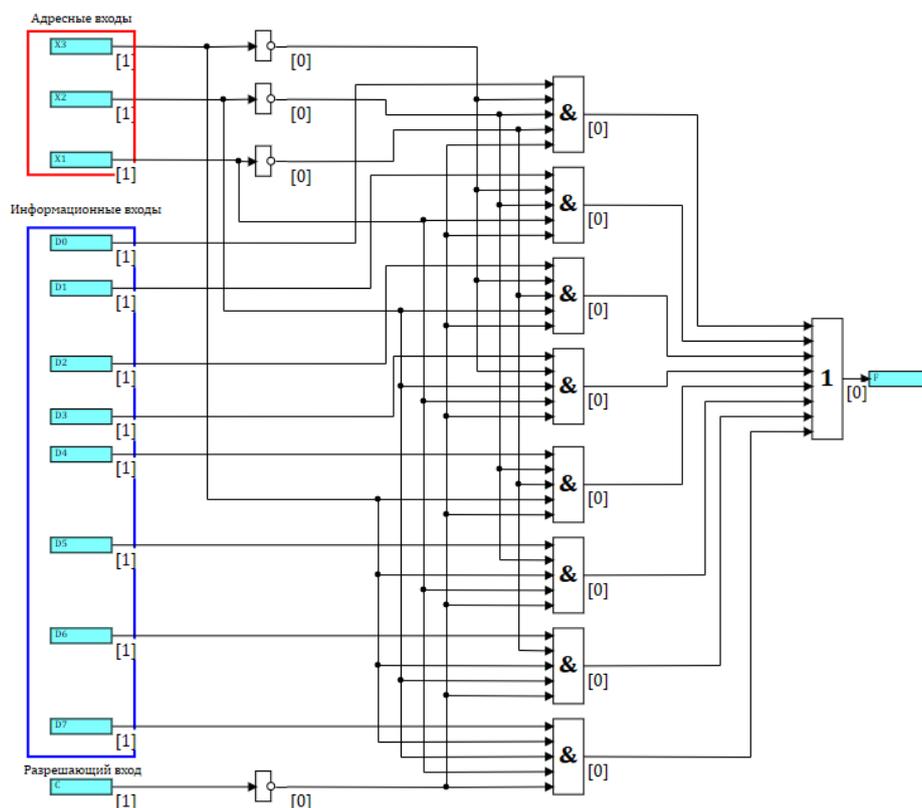


Рис. 4. Математическая модель мультиплексора «8 в 1»

На рис. 5 представлена математическая модель трёхразрядного приоритетного шифратора с его внутренней структурой.

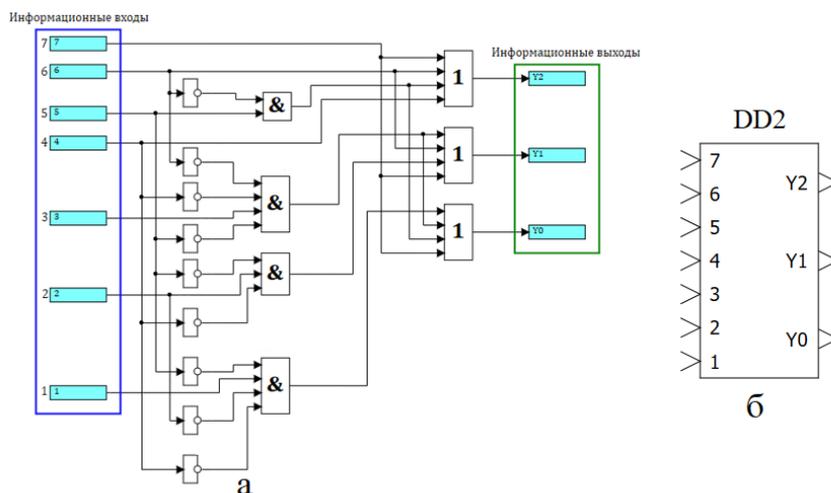


Рис. 5. Математическая модель трёхразрядного шифратора:
а – внутренняя структура; б – субмодель

Шифратор преобразует десятичный код на входе в двоичный код на выходе, при этом десятичное число соответствует определенному возбужденному информационному входу. Его используют, например, для ввода десятичных чисел из пульта управления в дискретные системы [3].

Приоритетность шифратора означает то, что при появлении одновременно двух информационных сигналов устройство учитывает сигнал большего десятичного числа, а младшие разряды блокирует с помощью логического элемента «НЕ».

Для проверки работы шифратора подключим к входам устройства кнопки-переключатели В2.1-В2.7, которые генерируют постоянные активные или пассивные уровни сигнала. Далее запустим проект и нажмём на кнопки В2.2 (число 6) и В2.5 (число 3). На выходах Y2-Y0 присутствуют сигналы 1 1 0, что соответствует числу 6 в десятичной системе счисления, а младший разряд блокируется (рис. 6).

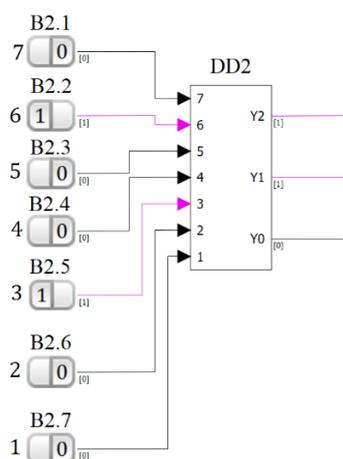


Рис. 6. Проверка работы приоритетного шифратора

Таким образом, в настоящей статье с применением среды динамического моделирования SimInTech приведены примеры и исследования поведения моделей основных комбинационных устройств цифровой техники. Разработанные математические модели позволяют нарастить разрядность микросхем, синхронизировать с другими моделями цифровых устройств и построить комплексную модель сложного цифрового устройства.

Литература

1. Пионкевич, В. А. Математическое моделирование элементов цифровой электроники для решения задач автоматического управления в энергетике / В. А. Пионкевич // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 4(111). – С. 136-144.
2. Справочная система SimInTech (v11.03.2022). Начало работы со справочной системой: [сайт]. – URL: https://help.simintech.ru/#spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka/DIR_nachalo_raboty_so_spravocnojoj_sistemoj.html (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

3. Дискретные устройства: синтез и анализ: учебное пособие / В. А. Алексеенко [и др.]. – Иркутск: ИрГУПС, 2020. – 116 с. / Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/200156> (дата обращения: 06.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный

УДК 004.312

Математическое моделирование многоразрядных цифровых устройств в среде SimInTech

Бизов Александр Валерьевич, 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

В статье описываются особенности проектирования цифровых устройств. Описываются возможности среды SimInTech при использовании субмоделей. Разработаны математические модели многоразрядных комбинационных цифровых устройств путём наращивания разрядности. Показан пример проектирования десятичного счётчика.

Для проектирования сложных цифровых устройств различного назначения важно использовать модели многоразрядных микросхем. Это связано с тем, что в современной технике для высокоскоростной обработки больших операндов часто используются от 8 и более разрядов двоичных чисел. В противном случае при отсутствии длинной кодовой комбинации устройство будет продолжать корректно функционировать, при этом не задействуются входы и выходы для старших битов.

В среде динамического моделирования SimInTech можно собрать модель многоразрядного цифрового устройства, используя принцип наращивания с применением готовых субмоделей, а также изучить внутренние сигналы устройства для понимания его функционирования [1].

Покажем пример наращивания разрядности для комбинационных цифровых устройств, которые не имеют ячеек памяти. На рис. 1 представлена разработанная субмодель мультиплексора «16 в 1» в процессе моделирования с подключенными

ручными элементами управления. Данная субмодель получена последовательным наращиванием разрядности четырёх субмоделей мультиплексора «4 в 1» [2].

Для понимания работы данного мультиплексора на рис. 2. приведена его внутренняя структура. По ней видно, что при наличии на адресных входах X4-X1 сигналов 1 1 1 0 логические элементы «НЕ» блокируют работу верхних трёх субмоделей и разрешают работу нижней, подавая на её инвертирующий вход С пассивный уровень сигнала. Поэтому на выходе F устройства будет присутствовать положительный сигнал D14.

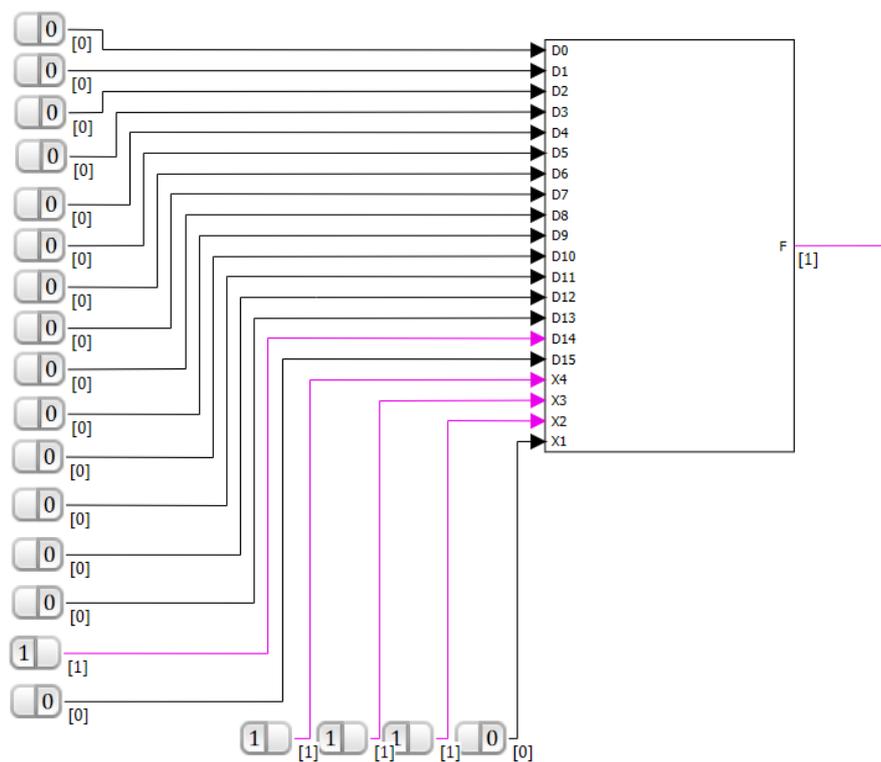


Рис. 1. Субмодель мультиплексора «16 в 1»

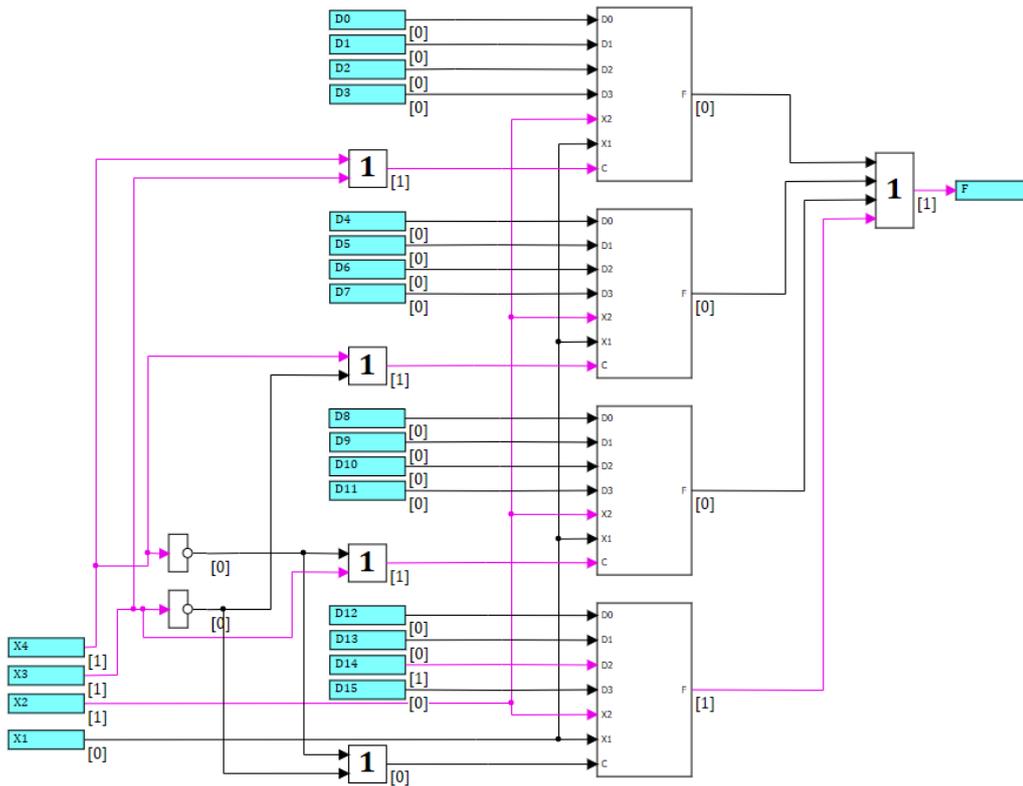


Рис. 2. Внутренняя структура мультиплексора «16 в 1»

Далее покажем комплексную модель цифрового устройства как пример наращивания разрядности комбинационного устройства – дешифратора «4 на 16» и D-триггеров. На рис. 3 представлена математическая модель десятичного счётчика прямоугольных импульсов, генерируемых меандром. Счёт в данном случае будет происходить по спаду импульса на входе С, а коэффициент пересчёта равен 15. Работа данного счётчика реализуется с помощью петель обратной связи и передачи информационного сигнала на вход С следующего D-триггера. Временная диаграмма работы счётчика приведена на рис. 4.

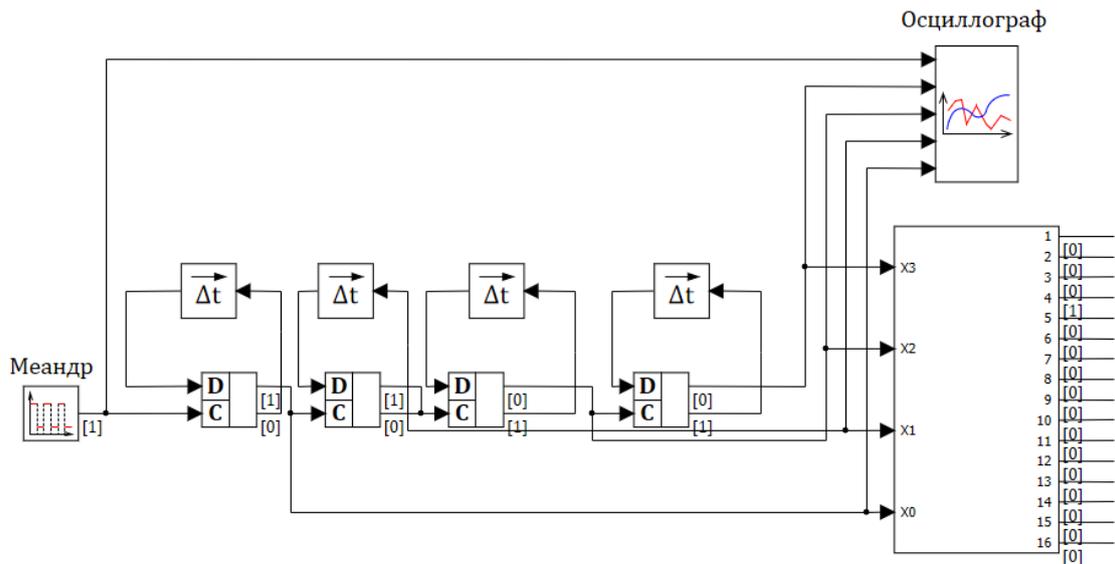


Рис. 3. Десятичный счётчик тактовых импульсов

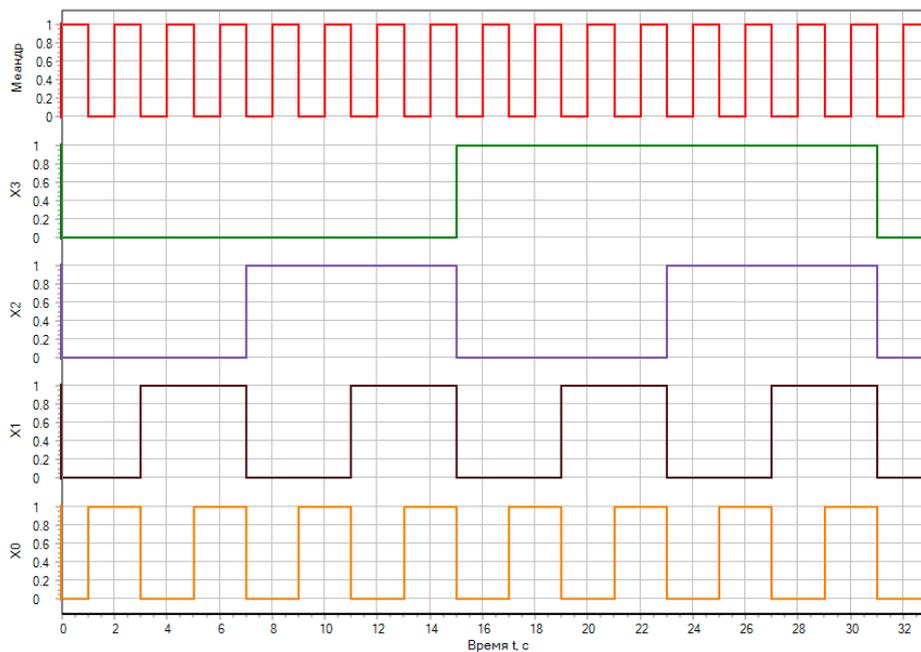


Рис. 4. Временная диаграмма работы счётчика

На диаграмме видно, что при каждом спаде импульса С счётчик «добавляет» единицу до комбинации 1 1 1 1, далее двоичный счётчик сбрасывается.

Для разработки десятичного счётчика необходимо перевести двоичное число в десятичное. Для этого в схему встроена субмодель дешифратора «4 на 16», принимающего сигналы на адресные входы X3-X0. Он получен каскадным соединением субмоделей дешифраторов «2 на 4» с использованием внешних логических элементов «И».

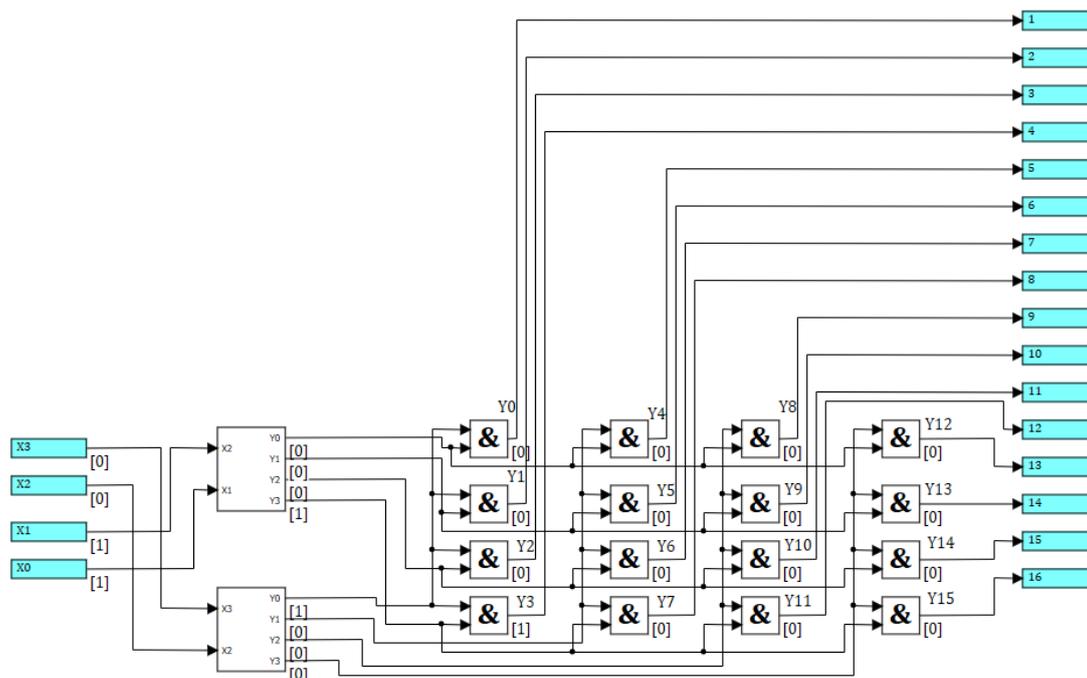


Рис. 5. Каскадное соединение дешифраторов «2 на 4»

Таким образом, в среде динамического моделирования SimInTech можно спроектировать комплексную модель цифрового устройства, предварительно разработав субмодели многоразрядных комбинационных устройств путём наращивания их разрядности. Это позволяет построить и отладить алгоритм управления для работы программируемых логических контроллеров и различных узлов ЭВМ для автоматизации технологических процессов.

Литература

1. Справочная система SimInTech (v11.03.2022). Начало работы со справочной системой: [сайт]. – URL: https://help.simintech.ru/#spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka/DIR_nachalo_raboty_so_spravочноj_sistemoj.html (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
2. Легостаев, Н. С. Микроэлектроника: учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. – Москва: ТУСУР, 2013. – 172 с. / Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/110393> (дата обращения: 24.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

**Использование среды SimInTech и графического калькулятора Desmos
в построении круговой диаграммы тока электрической цепи**

Бизов Александр Валерьевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

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

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

В статье говорится о важности и актуальности применения круговых диаграмм. Описывается разработанный алгоритм построения круговой диаграммы переменного тока электрической цепи с использованием среды SimInTech и графического калькулятора Desmos. Выведены математические уравнения, позволяющие построить круговую диаграмму тока в любых графических программах.

Для анализа перераспределения энергии в электрических цепях, электросетях или целых энергосистемах широко используются круговые диаграммы. Данные диаграммы можно назвать многофункциональным инструментом для проведения быстрых и точных электрических расчётов, уменьшая многочисленное количество повторяющихся измерений. При этом основными измеряемыми электрическими характеристиками являются токи, напряжения, мощности, полные сопротивления [1].

Круговые диаграммы также имеют важное значение при проектировании и эксплуатации асинхронных электродвигателей, электропечей, устройств-регуляторов напряжения под нагрузкой (составная часть силовых трансформаторов).

Круговые диаграммы позволяют установить зависимости искомого параметра от характера и величины каких-либо нагрузок при неизменности состояния остальных нагрузок. Впоследствии данный анализ позволит обеспечить оптимальное проектное решение, корректную настройку, надёжный и устойчивый режим работы электромеханизмов и систем управления с требуемыми показателями качества. Данные факты говорят об актуальности данного анализа.

Основы вопроса перераспределения энергии изучены и подробно описаны в теоретических основах электротехники (ТОЭ) и теории электромеханики [2, 3]. В ТОЭ круговая диаграмма представляет собой геометрическое место концов вектора искомого

параметров (комплекса тока, напряжения, мощности) при изменении по модулю резистивной, индуктивной или ёмкостной составляющей от 0 до ∞ в электрической цепи переменного тока.

Для разработки алгоритма построения круговой диаграммы и её проверки в среде SimInTech реализовано динамическое моделирование электрической цепи с использованием библиотеки базовых элементов электротехники «ЭЦ-Динамика» [4]. Исходная схема представлена на рис. 1.

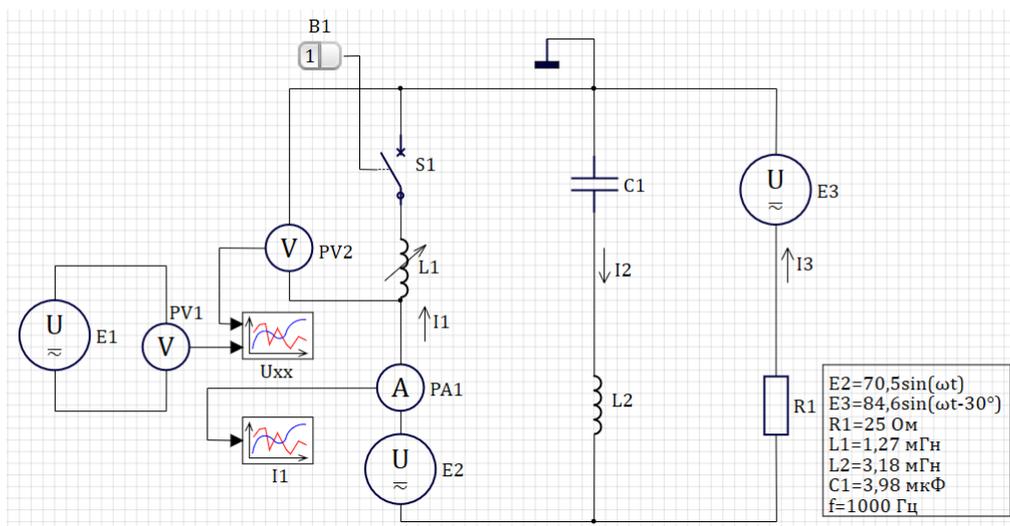


Рис. 1. Исходная схема в среде SimInTech

В данной схеме переменной по модулю величиной является идеальная катушка индуктивности L1. Запустив модель на расчёт, снятый сигнал с идеального вольтметра PV2 поступает на блок временного графика «UXX». Зафиксировав амплитудное значение напряжения холостого хода ($U_{XXm} = 81,4919883$ В), необходимо также определить точное значение начальной фазы. Для этого в схему с идеальным вольтметром PV1 добавлен источник ЭДС E1 с тем же амплитудным значением, но нулевой начальной фазой. Определим сдвиг по фазе у UXX по графику (рис. 2) в установившемся режиме с помощью трассировки. Смещение синусоид $\Delta t = 1,10795 \cdot 10^{-4}$ с, тогда фазовый сдвиг напряжения холостого хода рассчитывается по формуле:

$$\varphi = \Delta t \cdot 360 f = 1,10795 \cdot 10^{-4} \cdot 360 \cdot 1000 = 39,8862^\circ.$$

Запишем комплексное действующее значение U_{XX} , используя формулу Эйлера:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{XX} &= \frac{U_{XXm}}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = \frac{81,4919883}{\sqrt{2}} e^{j39,8862^\circ} = \frac{81,4919883}{\sqrt{2}} \cos(39,8862^\circ) + \\ &+ j \frac{81,4919883}{\sqrt{2}} \cdot \sin(39,8862^\circ) = (44,21567128 + j36,95194841) \text{ В}. \end{aligned}$$

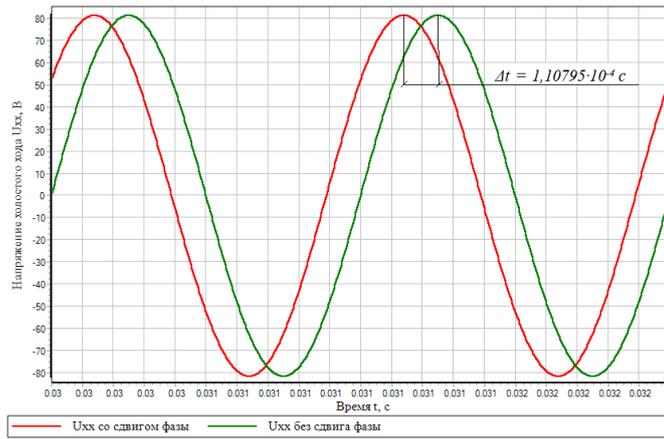


Рис. 2. График U_{XX} для определения сдвига фазы

Теперь определим входное сопротивление электрической цепи в месте разрыва (рис. 1):

$$Z_{BX} = \frac{\left(\frac{1}{j\omega C_1} + j\omega L_2 \right) \cdot R_1}{\frac{1}{j\omega C_1} + j\omega L_2 + R_1} = \frac{\left(\frac{1}{j2\pi \cdot 1000 \cdot 3,98 \cdot 10^{-6}} + j2\pi \cdot 1000 \cdot 3,18 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 25}{\frac{1}{j2\pi \cdot 1000 \cdot 3,98 \cdot 10^{-6}} + j2\pi \cdot 1000 \cdot 3,18 \cdot 10^{-3} + 25} =$$

$$= (9,76094525 - j12,19621167) \text{ Ом.}$$

Показательная форма записи Z_{BX} примет вид:

$$Z_{BX} = 15,62125575 e^{-j51,32880442^\circ} \text{ Ом.}$$

Угол сдвига входного сопротивления из показательной формы записи равен:

$$\varphi_{BX} = -51,32880442^\circ.$$

Поскольку переменной нагрузкой служит катушка индуктивности L_1 , то угол сдвига нагрузки равен:

$$\varphi_H = 90^\circ.$$

Для построения круговой диаграммы тока I_I необходимо определить результирующий угол сдвига, который рассчитывается по формуле:

$$\psi = \varphi_H - \varphi_{BX} = 90^\circ - (-51,32880442^\circ) = 141,32880442^\circ.$$

Зная значение напряжения холостого хода и входного сопротивления, вычислим величину тока короткого замыкания $\dot{I}_{KЗ}$, без которого также невозможно построение круговой диаграммы:

$$\dot{I}_{KЗ} = \frac{\dot{U}_{XX}}{Z_{BX}} = \frac{44,21567128 + j36,95194841}{9,76094525 - j12,19621167} = (-0,07821799 + j3,687960984) \text{ А.}$$

Для непосредственного поэтапного построения круговой диаграммы применён графический калькулятор Desmos, позволяющий строить с высокой точностью сложные

графики и диаграммы для решения различных задач по математическому анализу (числовые и функциональные ряды, интегральное и дифференциальное исчисление и др.), нелинейному математическому программированию, аналитической геометрии и другим областям наук [5]. Во всех представленных этапах каждая выведенная зависимость $y_i(x)$ и таблица записываются в отдельное поле ввода графического калькулятора.

Этап I. Нанесём на плоскость вектор короткого замыкания \dot{I}_{K3} (хорда круговой диаграммы), как показано в таблице на рис. 3.

x_0		y_0
0		0
-0.07821799		3.687960984

Рис. 3. Таблица задания вектора \dot{I}_{K3}

Для этапа II и V нужно знать уравнение прямой, совпадающей с вектором \dot{I}_{K3} . Оно определено с помощью уравнения прямой, проходящей через две точки, и равно:

$$y_0(x) = \frac{\operatorname{Im}(\dot{I}_{K3})}{\operatorname{Re}(\dot{I}_{K3})} x. \quad (1)$$

Этап II. Под углом сдвига ψ к прямой (1) строится прямая, которая послужит касательной к окружности. Для получения касательной прямой выведено результирующее уравнение, которое основывается на двух уравнениях из аналитической геометрии – уравнении прямой с угловым коэффициентом, проходящей через заданную точку, и формуле тангенса угла между прямыми на плоскости.

Полученное уравнение имеет вид:

$$y_1(x) = \operatorname{Im}(\dot{I}_{K3}) + (x - \operatorname{Re}(\dot{I}_{K3})) \cdot \tan \left(\arctg \left(\frac{\operatorname{Im}(\dot{I}_{K3})}{\operatorname{Re}(\dot{I}_{K3})} \right) + \psi \right). \quad (2)$$

Построим первую прямую для определения центра O окружности. Данная прямая проходит через конец вектора \dot{I}_{K3} перпендикулярно касательной (2). Выведенное уравнение имеет вид:

$$y_2(x) = \operatorname{Im}(\dot{I}_{K3}) - \frac{(x - \operatorname{Re}(\dot{I}_{K3}))}{\tan \left(\arctg \left(\frac{\operatorname{Im}(\dot{I}_{K3})}{\operatorname{Re}(\dot{I}_{K3})} \right) + \psi \right)}. \quad (3)$$

Этап III. Второй прямой для определения центра O окружности служит прямая, проведённая через точку середины вектора \dot{I}_{K3} перпендикулярно данному вектору.

Выведенное уравнение второй прямой имеет вид:

$$y_3(x) = \frac{\operatorname{Im}(I_{K3})}{2} - \frac{\operatorname{Re}(I_{K3})}{\operatorname{Im}(I_{K3})} \left(x - \frac{\operatorname{Re}(I_{K3})}{2} \right). \quad (4)$$

Этап IV. При пересечении прямых (3) и (4) на плоскости будут найдены численные значения координат x_0, y_0 центра круговой диаграммы. Найти уравнение и построить окружность можно и другим способом, тем самым исключив графические построения в этапах II и III. Для этого выполним замену постоянных значений:

$$\operatorname{Re}(I_{K3}) \rightarrow a; \operatorname{Im}(I_{K3}) \rightarrow b; \tan \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{Im}(I_{K3})}{\operatorname{Re}(I_{K3})} \right) + \psi \right) \rightarrow c. \quad (5)$$

Составим систему уравнений с учетом замен (5), приравняв уравнения (3) и (4) к нулю:

$$\begin{cases} y_0 = b - \frac{x_0 - a}{c} = 0; \\ y_0 = \frac{b}{2} - \frac{a}{b} \left(x_0 - \frac{a}{2} \right) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Решив систему уравнений (6), получим значения x_0 и y_0 в общем виде:

$$x_0 = \frac{b^2 c + 2ab - a^2 c}{2(b - ac)}; y_0 = \frac{b^2 - 2abc - a^2}{2(b - ac)}. \quad (7)$$

Уравнение окружности для круговой диаграммы в общем виде примет вид:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = \left(\sqrt{(x_0 - \operatorname{Re}(I_{K3}))^2 + (y_0 - \operatorname{Im}(I_{K3}))^2} \right)^2. \quad (8)$$

Определив графически (с помощью трассировки графиков) или вычислив по формулам (7) значения x_0 и y_0 , получим частное уравнение (8) следующего вида:

$$(x - 2,264927737)^2 + (y - 1,892846823)^2 = 2,95173961402^2.$$

Подставим численные значения для прямых $y_1(x), y_2(x), y_3(x)$ и зададим в программе ограничивающие неравенства по двум точкам, как показано на рис. 4. Отобразим также график $y_2(x)$ и $y_3(x)$ пунктирными линиями.

$$\begin{aligned} & 3.687960984 + (x + 0.07821799) \cdot \tan \left(\tan^{-1} \left(\frac{3.687960984}{-0.07821799} \right) + 141.32880442 \right) \{ -0.8 \leq x \leq 1 \} \\ & 3.687960984 - \frac{(x + 0.07821799)}{\tan \left(\tan^{-1} \left(\frac{3.687960984}{-0.07821799} \right) + 141.32880442 \right)} \{ -0.07821799 \leq x \leq 2.264927737 \} \\ & \frac{3.687960984}{2} + \frac{0.07821799}{3.687960984} \cdot \left(x + \frac{0.07821799}{2} \right) \left\{ -\frac{0.07821799}{2} \leq x \leq 2.264927737 \right\} \end{aligned}$$

Рис. 4. Уравнения с ограничивающими неравенствами

Этап V. Далее необходимо отложить модуль входного сопротивления Z_{BX} (отрезок oe) по линии вектора \dot{I}_{K3} , чтобы в дальнейшем построить нагрузочную прямую. Для этого зададим масштаб для значения сопротивлений. Масштаб выбираем таким образом, чтобы длина построенного отрезка oe была меньше длины вектора \dot{I}_{K3} . В данном случае выберем следующее значение:

$$m = 6 \frac{Ом}{см}. \quad (9)$$

Отложение отрезка oe вдоль вектора \dot{I}_{K3} можно произвести поиском конца отрезка с помощью построения вспомогательной окружности от центра координат. Её уравнение имеет вид:

$$x^2 + y^2 = \left(\frac{|Z_{BX}|}{m} \right)^2. \quad (10)$$

Границей отрезка oe является точка пересечения прямой (1) и окружности (10). Опишем второй способ. Для удобства выполним замену в уравнении (10):

$$\left(\frac{|Z_{BX}|}{m} \right)^2 \rightarrow d. \quad (11)$$

С учетом замены (11) составим систему из уравнений (1) и (10) для поиска координат пересечения:

$$\begin{cases} y_e = \frac{b}{a} x_e; \\ x_e^2 + y_e^2 = d. \end{cases} \quad (12)$$

Решив систему уравнений (12) методом подстановки, получим значения x_e и y_e в общем виде:

$$x_e = \pm \sqrt{\frac{a^2 d}{a^2 + b^2}}; y_e = \mp b \sqrt{\frac{d}{a^2 + b^2}}. \quad (13)$$

Определив координаты границы отрезка по формулам (13), откладываем необходимую длину отрезка, добавив в таблицу (из этапа I) координаты точки e .

Этап VI. Далее построим нагрузочную прямую (линию переменного параметра или переменного сопротивления), которая проводится под углом $-\psi$ к прямой (1) и начинается с точки e . Данное уравнение в общем виде имеет вид:

$$y_4(x) = y_e + (x - x_e) \cdot \tan \left(\arctg \left(\frac{\operatorname{Im}(\dot{I}_{K3})}{\operatorname{Re}(\dot{I}_{K3})} \right) - \psi \right). \quad (14)$$

Этап VIII. Осуществим программную проверку полученной диаграммы в схеме рис.1. Для этого необходимо выбрать конкретное сопротивление на ЛПП и определить с помощью трассировки координаты конца соответствующего вектора.

Пусть модуль нагрузки $X_{LI} = 24$ Ом. Тогда координаты конца вектора комплексного тока \dot{I}_1'''' будут следующими:

$$\operatorname{Re}(\dot{I}_1''') = 3,699 \text{ A}; \operatorname{Im}(\dot{I}_1''') = -0,6872 \text{ A}. \quad (15)$$

Учитывая (15), мгновенное значение тока \dot{I}_1'''' будет равным:

$$\dot{I}_1''''(t) = 5,321 \sin(\omega t - 10,524^\circ) \quad (16)$$

Далее следует в построенной расчетной модели в SimInTech выставить такое же сопротивление нагрузки, изменив индуктивность катушки L_1 :

$$L_1 = \frac{24}{2\pi f} = \frac{24}{2\pi \cdot 1000} = 3,819718634 \text{ мГн}. \quad (17)$$

Для включения индуктивности L_1 в электрическую цепь замыкаем ранее разомкнутый ключ S_1 нажатием на механическую кнопку $B1$. В схеме рис. 1 предусмотрен идеальный амперметр $PA1$ для снятия сигнала тока первой ветви и отображения его в блоке временного графика «I1». Запустив динамическое моделирование электрической цепи, получаем мгновенное значение тока первой ветви, представленное на рис. 6, с учетом изменённой индуктивности (17).

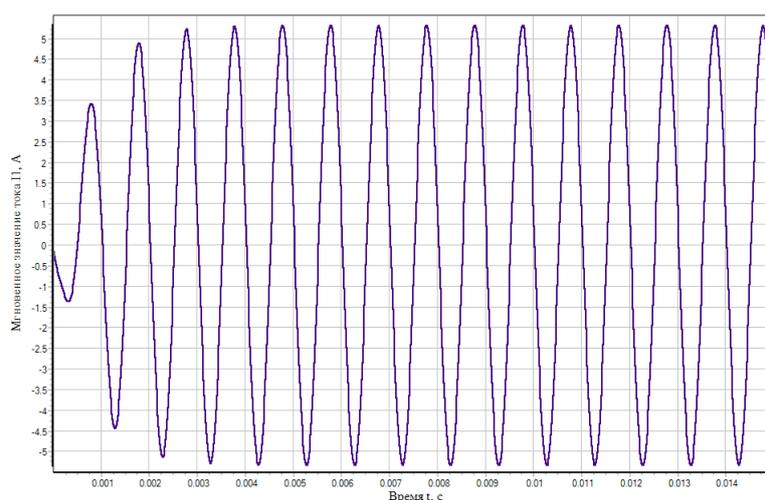


Рис. 6. Мгновенное значение тока \dot{I}_1''''

В установившемся колебательном режиме электрической цепи полученный график тока полностью совпадает с определённым по круговой диаграмме значением

тока (16), что означает правильность приведённого алгоритма и результата построения (рис. 5).

Таким образом, можно сделать вывод, что представленный алгоритм построения круговой диаграммы с применением SimInTech и Desmos и выводом математических уравнений предоставляет возможность получить точные комплексные значения искомого тока. Конечная диаграмма с применением данной методики позволяет произвести глубокий анализ режима работы данной и более сложных электрических цепей. Сделав на диаграмме дополнительные построения векторов напряжения и мощности, можно реализовать комплексное исследование электрической цепи с определением номинальных и максимальных характеристик тока и напряжения, с нахождением областей с индуктивным и/или ёмкостным характером нагрузки и условий оптимального распределения мощности.

Литература

1. Вязовский, А. К. Анализ энергетических процессов в электрических цепях при помощи уравнений круговых и эллиптических диаграмм / А. К. Вязовский, В. И. Сафонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2011. – № 34(251). – С. 75-80.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 701 с.
3. Саватеев, Д. А. Электрические машины: практический курс: учебное пособие: в 2 частях / Д. А. Саватеев. – Мурманск: МГТУ, 2016 – Ч. 1: Электрические машины: практический курс. – 2016. – 194 с. / Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142632> (дата обращения: 27.03.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
4. SimInTech. Справочная система: [сайт]. – URL: <http://help.simintech.ru>. (дата обращения: 27.03.2022). – Текст: электронный.
5. Кожухова, В. Н. Использование возможностей графических систем для мобильных устройств Desmos и Geogebra при обучении высшей математике студентов технических специальностей / Под ред. Г. М. Ильмушкина, В. Н. Кожуховой // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы подготовки специалистов для предприятий атомной отрасли». – Димитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 155-159.

Оценка ветроэнергетики с позиции целей устойчивого развития

¹Головки Мария Владимировна, доктор экономических наук,
профессор кафедры «Бизнес-процессы и экономическая безопасность»;

²Сетраков Александр Николаевич, начальник кафедры
«Специальные дисциплины», полковник полиции;

³Томилин Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Машиностроение и прикладная механика»

¹Негосударственное аккредитованное некоммерческое частное образовательное
учреждение высшего образования «Академия маркетинга
и социально-информационных технологий – ИМСИТ», г. Краснодар;

²Волгодонский филиал федерального государственного казенного
образовательного учреждения высшего образования «Ростовский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Волгодонск;

³Волгодонский инженерно-технический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

В статье проанализированы современные особенности развития ветроэнергетики как нового бизнеса ГК «Росатом». Определено значение возобновляемых источников энергии для решения проблем ограниченности ресурсов и экологической безопасности. Приведены некоторые экономические аспекты ветроэнергетики и оценки с позиции целей устойчивого развития. Рассмотрено положительное воздействие ветроэнергетики в контексте реализации целей устойчивого развития.

В настоящее время глобальным мировым трендом является развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Несмотря на их относительную ненадежность в известном смысле (солнечные батареи, например, совершенно бесполезны ночью и малоэффективны в пасмурную погоду, ветроэнергетические установки – в безветренную), суммарная установленная мощность возобновляемой энергии в 2020 году составила 2838 ГВт.

На развитие рынка ВИЭ оказывают влияние два основных фактора:

– стоимость технологий, которая в настоящее время настолько снизилась, что ВИЭ могут конкурировать даже с углеводородами;

– глобальное изменение климата, которое стимулирует на государственном уровне предпринимать действия к сокращению выбросов CO₂, что возможно только при развитии «зеленой» энергетики.

Развитие ВИЭ привело как к появлению новых, высокотехнологичных промышленных кластеров, так и к включению этого сегмента в номенклатуру уже существующих предприятий в формате «нового бизнеса». Уровень развития ВИЭ стал рассматриваться как один из маркеров промышленного и технологического развития и драйверов экономического роста.

Одним из самых быстрорастущих компонентов рынка ВИЭ является ветрогенерация. Общая установленная мощность ветряных электростанций в мире опередила атомную генерацию, составив 539 ГВт в 2017 году (против почти 400 ГВт атомной установленной мощности).

В рамках диверсификации и развития сегмента новых бизнесов ГК «Росатом» создала новый дивизион АО «НоваВинд», который занимается консолидацией усилий в передовых сегментах и технологических платформах электроэнергетики, объединяя ветроэнергетические активы и отвечая за реализацию стратегии госкорпорации в области ветроэнергетики. Технологический партнер Росатома – голландская компания Lagerwey, совместно с которой в ноябре 2017 года было создано предприятие Red Wind B. V. Собственное производство компонентов ветроэнергетических установок запущено в г. Волгодонске.

В настоящее время актуален вопрос оценки ветроэнергетики с позиции целей устойчивого развития (ЦУР). Для такого анализа необходимо рассмотреть этот сегмент в рамках триады глобальных целей устойчивого развития: достижения экономического роста, высокого уровня социальной ответственности и экологической безопасности. В программном документе ООН «Повестка дня в области устойчивого развития», принятом в 2015 г., сформулировано 17 ЦУР, которые обладают разной актуальностью для разных стран, но разработка мероприятий по их достижению является основой для обеспечения национальной безопасности каждой из них, что должно позволить повысить качество жизни всего населения, включая будущие поколения. Развитие ВИЭ и в частности ветроэнергетики является одним из эффективных инструментов реализации ЦУР как в области экологии, так и в области социально-экономического развития.

Оценку энергетического потенциала ветроэнергетики можно проводить по направлениям, показанным на рис. 1. Важнейшим структурным элементом здесь является экономический потенциал, поскольку он позволяет определить

целесообразность и масштабы применения любого ВИЭ, а также зависит от сложившейся рыночной конъюнктуры.

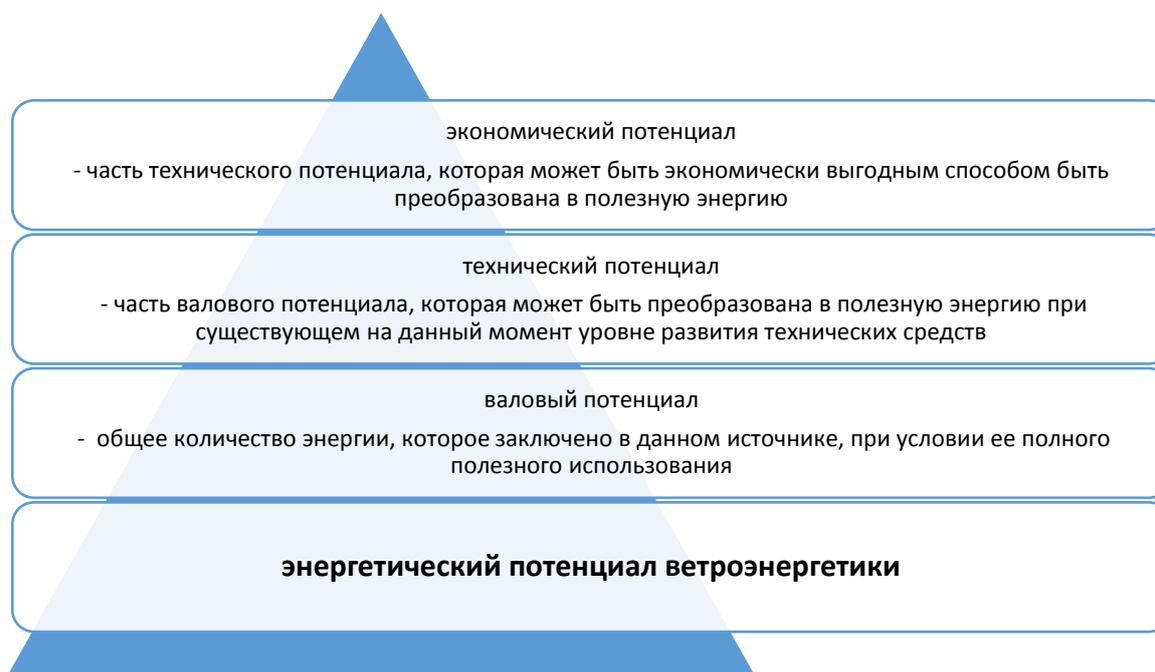


Рис. 1. Структура энергетического потенциала ветроэнергетики

Развитие ветроэнергетики прямо соответствует двум ЦУР:

- цель 7 – обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех;
- цель 13 – принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Оценка экономической эффективности ветроэнергетики является достаточно проблематичной, так как она зависит от ряда факторов – как контролируемых (например, стоимость ветроустановки, ВЭУ), так и не поддающихся контролю и регуляции (например, скорость ветра и стоимость электроэнергии, получаемой из традиционных источников, которую замещает ВЭУ). Экономическая эффективность ВЭУ, по оценкам экспертов, может быть достигнута в случае, когда срок эксплуатации оборудования больше срока окупаемости, но на сегодняшний день эти требования не выполняются:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = nQT_{\text{сл}}(T_{\text{сл}} - T_{\text{ок}}) \times (E_{\text{СТ}} - I_{\text{экс}}) \times (C_n - C_T), \quad (1)$$

где n – число ВЭУ в составе ветроэнергетической системы; Q – годовой дефицит электроэнергии в регионе, кВт ч/год; $С_T$ – удельная стоимость производства электроэнергии от ТИЭ (региональный тариф), руб./кВт ч; $E=NT$ – электроэнергия, вырабатываемая ВЭУ в год, кВт ч/год; $I_{\text{экс}} = uK$ – издержки эксплуатации, руб.; K – капитальные затраты (общая стоимость ВЭУ), руб.; $T_{\text{сл}}$ – срок службы установки, лет; $T_{\text{ок}}$ – период окупаемости, лет [1].

Анализ данных по времени окупаемости показал, что экономическая целесообразность использования ВЭУ будет достигнута в случае, когда срок службы установки будет больше либо равен периоду окупаемости проекта ($T_{сл} \geq T_{ок}$).

Сегодня активный прирост мощности ВИЭ в мире обусловлен скорее не экономическим фактором, а экологическим. При этом во многих странах происходит выравнивание стоимости энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками и традиционными, так как ужесточаются требования к экологической безопасности эксплуатации последних, особенно работающих на угольном топливе. В то же время можно отметить не столько непосредственно экономическую эффективность ветроэнергетики, сколько экономический фактор, обуславливающий стратегический для России приоритет ее развития.

Создание ветроэнергетических объектов на различных территориях способствует реализации не только прямых ЦУР, но и косвенных. Например, цели 9 – формированию современной и инновационной инфраструктуры, эффективной индустриализации, позволяющим создавать и развивать конкурентные активы хозяйствующих субъектов, стимулируя тем самым рост занятости и доходов населения. Научно-технический прогресс и инновационные разработки как его результаты являются приоритетным инструментом в подготовке стратегических решений не только в сфере экономики, но и экологии, направленных на повышение экономической и энергетической эффективности. Отметим, что в случае отсутствия отечественных технологий энергомашиностроения для ветроэнергетики будет закреплена зависимость от импорта технологий, что создаст дополнительные угрозы экономической безопасности государства. В этой связи крайне важным является обеспечение импортозамещения в данном сегменте промышленности. Данный аспект необходимо учитывать не только на производственном этапе, но и на этапе подготовки кадров в профильных образовательных организациях, в том числе при стратегическом планировании их деятельности [2, 3].

Развитие новых технологий в сфере возобновляемых источников энергии создает дополнительные возможности для инноваций в сопредельных сферах производства и обслуживания – мультипликационный эффект результатов инновационной деятельности. Это, в свою очередь, обеспечивает конкурентоспособность компаний на международном уровне.

Реализация цели 9, в свою очередь, дает возможность достичь цели 11 – обеспечение открытости, безопасности, экологической устойчивости городов и

населенных пунктов, сделав их центрами экономического роста при сохранении должного уровня экологической безопасности.

Решение задач в рамках целей 7, 9 и 11 сформирует предпосылки для достижения цели 8 – содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.

Для поступательного развития ветроэнергетики необходимо проводить мониторинг сдерживающих факторов с целью выбора приоритетов воздействия. Так, по результатам проведенного электронного анкетирования и интервью экспертами был определен ряд следующих факторов (табл. 1). Экспертам были заданы вопросы: В 1: «Считаете ли вы этот фактор барьером?»; В 2: «Сталкивались ли вы с данным фактором-барьером в вашей проектной деятельности?»; В 3: «Оценка значимости фактора-барьера (среднеарифметическое от 1 – абсолютно не важен, до 5 – очень важен; факторы классифицируются на финансовые (Ф), нормативно-правовые (Н), инфраструктурные и сетевые (ИС).

Таблица 1

Экспертная оценка барьеров развития ветроэнергетики [4]

Тип	Факторы	В1		В2		В3
		Да	Нет	Да	Нет	
Ф	Недостаток инвестиций	8	5	7	6	4,3
Ф	Макроэкономическая ситуация в стране	10	3	8	5	4,2
Ф	Механизм установки тарифов при покупке электроэнергии	7	6	4	9	3,7
Н	Отсутствие координации с другими участниками рынка (университетами, банками, компаниями-производителями)	5	8	7	6	3,4
Ф	Нестабильность курса валют	6	7	7	6	3,3
Н	Недостаток государственных стандартов в отрасли	3	10	4	9	3,3
ИС	Сложность подключения к сети	5	8	5	8	3,3
Н	Отсутствие координации между государством и проектными агентствами	6	7	6	7	3,2
Н	Сложность при получении земли под проекты или при проведении конкурсных отборов	5	8	4	9	3,2
Н	Высокая степень локализации	1	12	3	10	3
ИС	Влияние на устойчивость энергосистемы	2	11	4	9	2,8
Н	Доступность данных о ветровых ресурсах	2	11	2	11	2,5
Ф	Слабая господдержка проектов	10	3	7	6	4,5
ИС	Инфраструктура (в т.ч. транспортная доступность)	9	4	8	5	3,8
ИС	Отсутствие оборудования, адаптированного к использованию в данных регионах	6	7	7	6	3,7
ИС	Доступность квалифицированного персонала	5	8	6	7	3,6
Н	Сложности взаимодействия с органами местного самоуправления	6	7	3	10	3,4
Ф	Перекрестное субсидирование	2	11	2	11	2,9
-	Отсутствие методик оценки эффективности проектов ВИЭ	3	10	2	11	2,8
Ф	Сложная система налогообложения в регионах	3	10	1	12	2,6
-	Социальные факторы (культура, организация жизни в поселках)	3	10	3	10	2,5
-	Изобилие природных ресурсов в регионе (нефть, газ, уголь)	1	12	1	12	2,1

В данной таблице факторы проранжированы по степени их важности – от наиболее важных к наименее важным. Таким образом, получаем перечень приоритетов для принятия целенаправленных стратегических решений по преодолению барьеров развития ветроэнергетики. Как видно из представленной таблицы, финансовые факторы

доминируют в перечне барьеров – это недостаток инвестиций, макроэкономическая нестабильность в целом, а также механизмы формирования тарифов при закупке электроэнергии. Определенные мероприятия в этом направлении уже запланированы и проводятся, однако на данный момент не являются достаточными для исправления ситуации. На четвертом месте экспертами обозначен фактор недостаточной (местами полное отсутствие) координации между всеми стейкхолдерами глобального проекта по развитию ветроэнергетики. Нормативно-правовая база еще не окончательно сформирована, что, с одной стороны, можно назвать объективным фактором в краткосрочном периоде, но необходимо осознавать, что он является, наряду с финансовым, базисом для эффективной реализации любых проектов. Производственный потенциал национальной экономики также недостаточно адаптирован к новым задачам – это касается и материально–технической базы, и кадрового обеспечения предприятий сферы ветроэнергетики. Важно отметить, что ситуация в ГК «Росатом» несколько отличается от приведенной картины в связи с возможностью задействования значительных административных и финансовых ресурсов.

Таким образом, развитие ветроэнергетики является важным сегментом нового бизнеса ГК «Росатом» и необходимым трендом развития «зеленой» энергетики. Существующие барьеры данного стратегического проекта достаточно серьезны и требуют решения при участии всех заинтересованных сторон. Кроме того, проблема развития ветроэнергетики требует проведения дальнейших исследований в рамках междисциплинарного подхода, что позволит при оценке эффективности учитывать все составляющие – и техническую, и экономическую, и социальную.

Литература

1. Шмырев, Е. М. Некоторые аспекты энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения / Е. М. Шмырев, Л. Д. Сатанов // Энергетик. – 1998. – № 9. – С. 65-74.
2. Факторы и вектор стратегического развития вуза в контексте реализации инновационного потенциала региона / В. А. Руденко, С. П. Агапова, С. А. Томилин [и др.] // Современное образование. – 2017. – № 1. – С. 19-31.
3. Синхронизация задач отраслевых вузов со стратегией развития ГК «Росатом» как фактор обеспечения безопасности атомной энергетики / В. А. Руденко, М. В. Головкин, С. А. Томилин, О. Ф. Цуверкалова // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 1(34). – С. 98-106.

4. Перспективы ветроэнергетического рынка в России: [сайт]. – URL: <https://wwindea.org/wp-content/uploads/2017/06/170612-FES-Windenergie-rus-print.pdf>. (дата обращения: 12.04.2022). Текст: электронный.

УДК 620.172.225

Исследование зависимости прочности изделий, изготовленных по технологии FDM, от изменения параметров 3D-печати

Горбатов Александр Дмитриевич, студент направления
«Проектирование технологических машин и комплексов»,
лаборант кафедры «Технология машиностроения»;

Каримов Валерьян Адыгамович, студент направления
«Боеприпасы и взрыватели»

Снежинский физико-технический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Снежинск

Технология FDM – технология 3D-печати, позволяющая создавать трехмерные объекты за счет нанесения последовательных слоев материала. Данная работа посвящена изучению влияния определенных параметров 3D-печати на прочностные характеристики изготовленных образцов. Была определена выборочная совокупность параметров в программе-слайсере, на основе которых изготовлены образцы из пластикового филамента, испытываемые на растяжение.

Технология FDM представляет собой создание трёхмерных объектов за счёт нанесения последовательных слоёв материала, повторяющих контуры цифровой модели. В качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков.

Цель работы: расчет предела прочности образцов на растяжение для оценки влияния параметров на прочность деталей.

Задачи:

- По литературным и интернет-источникам выяснить параметры, влияющие на 3D-печать.
- Выделить контрольную группу параметров для проведения исследования.
- Познакомиться с методиками определения прочности на разрыв.
- Провести анализ полученных данных.

Для того чтобы деталь, созданная по цифровой 3D-модели, обладала достаточной прочностью после изготовления, в программе-слайсере задаются необходимые параметры печати на аддитивной установке – 3D-принтере.

Параметры по-разному влияют на прочностные характеристики изделий. В данном исследовании рассмотрено влияние таких параметров, как:

- толщина слоя;
- температура сопла;
- степень (плотность) заполнения.

Также было рассмотрено различие прочностных характеристик пластиков от двух производителей филамента: «REC» и «SEM».

Печать образцов производилась пластиком PLA (полилактид) на 3D-принтере Anycubic i3 Mega S. Данный принтер был выбран вследствие простоты конструкции, недорогой эксплуатации, а также большой распространенности во всем мире.

Толщина слоя изменялась в интервале от 0,05 до 0,3 мм через шаг, равный 0,05 мм. Температура плавления пластика – от 205 до 225 °С с шагом изменения 5 °С. Степень заполнения – от 10 до 100 % с различным шагом вследствие неравномерного влияния данного параметра на прочность образцов. Печать пластиком SEM производилась толщиной слоя 0,2 мм при температуре 215 °С со степенью заполнения 20 %.

Каждый параметр изменялся по отдельности, чтобы исключить их совместное влияние на исследуемые данные. Для каждого значения параметра изготавливалось по 3 образца, испытываемых на растяжение на учебной универсальной испытательной машине МИМ-09ЛР-010.

Геометрия образцов выбрана в соответствии с техническими характеристиками установки (рис. 1):

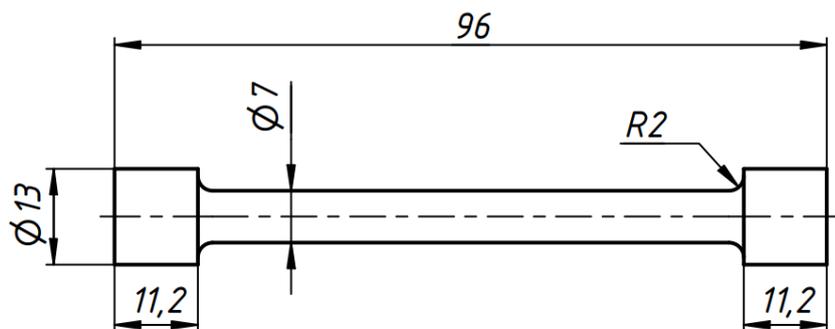


Рис. 1. Геометрические характеристики образцов, испытываемых на растяжение

В качестве прочностной характеристики определялся предел прочности изделий. Для его вычисления на учебной универсальной испытательной машине регистрировалась максимальная нагрузка, действующая на образцы, далее по формуле (1) рассчитывался предел прочности:

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{S}, \quad (1)$$

где F_{max} – максимальная нагрузка, действующая на образцы, Н; S – площадь поперечных сечений образцов, m^2 , вычисляемая по формуле (2):

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где $d = 7 * 10^{-3}$ м – диаметр образцов на растяжение.

Проанализировав обработанные данные, мы получили следующие результаты: при увеличении толщины слоя прочность образцов была максимальной до значения 0,15 мм. Дальнейшее уменьшение прочности может говорить об ухудшении адгезии между слоями детали (табл. 1).

Таблица 1

Значения предела прочности образцов при изменении толщины слоя печати

Константы	Толщина слоя, мм	Предел прочности, МПа			
		1 образец	2 образец	3 образец	Среднее
Температура = 215 °С. Степень заполнения = 20 %. Производитель – REC	0,05	68,42	37,32	62,2	55,98
	0,1	55,98	62,2	55,98	58,05
	0,15	43,54	62,2	62,2	55,98
	0,2	49,76	55,98	37,32	47,69
	0,25	68,42	43,54	37,32	49,76
	0,3	55,98	49,76	61,94	55,84

При увеличении температуры сопла прочность изменялась неравномерно. Максимальное значение предела прочности было достигнуто при выборе рекомендуемой температуры печати от производителя пластика (табл. 2).

Таблица 2

Значения предела прочности образцов при изменении температуры печати

Константы	Температура печати, °С	Предел прочности, МПа			
		1 образец	2 образец	3 образец	Среднее
Толщина слоя = 0,2 мм; Степень заполнения = 20 %; Производитель – REC	205	68,42	43,54	62,2	58,05
	210	62,2	68,42	68,42	66,35
	220	62,2	55,98	68,42	62,2
	225	49,76	55,98	55,98	53,91

При увеличении степени внутреннего заполнения образцов максимальные значения прочности были достигнуты при сплошном заполнении образцов (табл. 3).

Таблица 3

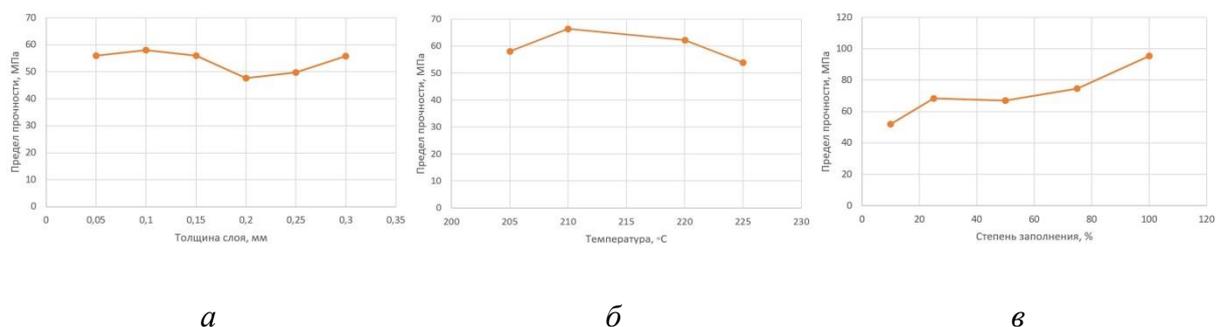
Значения предела прочности образцов при изменении степени внутреннего заполнения

Константы	Степень заполнения, %	Предел прочности, МПа			
		1 образец	2 образец	3 образец	Среднее
Толщина слоя = 0,2 мм. Температура = 215 °С. Производитель – REC	10	43,54	55,98	55,98	51,83
	25	49,76	93,3	62,2	68,42
	50	68,42	58,28	74,64	67,11
	75	74,64	62,2	87,08	74,64
	100	93,3	99,51	93,3	95,37

На представленных рисунках (рис. 2) указаны средние арифметические пределов прочности трёх образцов для каждого параметра.

По результатам проведенных замеров и расчетов были сделаны следующие выводы:

- Наиболее прочные образцы получены при малых значениях толщины слоя (рис. 2а).
- При использовании рекомендуемых производителем температур плавления пластика (210 °С) достигаются наибольшие значения прочности образцов (рис. 2б).
- Наибольшее влияние на прочность образцов оказывает плотность заполнения (рис. 2в).
- Пластик от производителя «SEM» обладает лучшими прочностными характеристиками в отличие от производителя «REC» (рис. 3).



*Рис. 2. Графики зависимостей прочности образцов на разрыв от различных параметров 3D-печати:
а – толщина печатаемого слоя; б – температура печати;
в – степень внутреннего заполнения*



Рис. 3. Сравнительная характеристика прочности образцов на разрыв в зависимости от производителя филамента

Литература

1. «Low cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development» / Под ред. Энрике Канесса, Карло Фонда, Марко Зеннаро. – Изд-во: Международный центр теоретической физики Фбдус Салам-МЦТФ, 2013.
2. Строганов, Р. 3D печать. Коротко и максимально ясно / Роман Строганов. – Изд-во: LittleTinyN Books, 2016. – 72 с.
3. Сопротивление материалов: учебное пособие / В. А. Хохлов, К. Н. Цукублина, Н. А. Куприянов, Н. А. Логвина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 228 с.
4. Коробейников, К. А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Сопротивление материалов». Раздел I. Механические испытания материалов / К. А. Коробейников. – Снежинск: СФТИ, 2001. – 42 с.

Исследование влияния различных факторов на коэффициенты эффективной теплопроводности при повышении температуры пористых тел

¹Горбунов Владимир Александрович, доктор технических наук,
профессор кафедры «Атомные электрические станции»;

²Перевезенцев Григорий Александрович, инженер-конструктор;

¹Теплякова Светлана Сергеевна, аспирант кафедры «Атомные электрические станции»;

¹Мечтаева Мария Николаевна, аспирант кафедры «Атомные электрические станции»

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина», г. Иваново;

²Общество с ограниченной ответственностью «Ковровские котлы», г. Ковров

Статья посвящена исследованию пористых тел на основе методики определения коэффициентов эффективной теплопроводности с использованием фракталоподобных структур. Решены задачи теплотехники с помощью численного пакета теплофизического моделирования. В статье показано влияние геометрических параметров фракталоподобной структуры и радиационного теплообмена на теплофизические свойства тел.

Широкое распространение в энергетике, машиностроении и многих отраслях промышленности получили пористые материалы. Энергетическая отрасль активно использует теплоизоляционные, пористые композитные, керамические, шихтовые материалы, а также порошки. Порошки являются одним из основных материалов для изготовления таблеток тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ). При этом ТВЭЛ является основной составляющей активной зоны реакторов на АЭС [1, 2].

В последнее время было показано, что термическая обработка может обеспечить улучшение структуры и придание материалам необходимых свойств для конкретных условий производства. Известно, что при термической обработке используют массив заготовок – насыпные садки, которые помещаются в термические печи.

Важнейшим параметром, характеризующим насыпные садки, является порозность. Она определяется как доля объема пор в общем объеме пористого тела.

Расчет процессов теплообмена в насыпных садках сводится к поиску эффективных теплофизических свойств, приведению тела к условно однородному. Поиск эффективной плотности и теплоемкости не доставляет проблем, а определение эффективной теплопроводности затруднительно [4].

Цель работы: исследование влияния различных факторов на коэффициенты эффективной теплопроводности на основе методики [4], которая проводит унификацию геометрии пористого тела и заменяет его на фракталоподобную структуру, имеющую свойства самоподобия. В работе рассматриваются тела с закрытыми порами.

Объектом исследования является геометрическая модель, которая построена на основе структуры фрактальной геометрии, в частности «губки Менгера», т. е. трехмерной модели ковра Серпинского [3]. В работе выбрана фрактальная модель 2 ранга разбиения, со значением порозности, лежащим в пределах от 0,15 до 0,9 [3].

Для построения моделей, решения задач теплотехники и исследования особенностей тепловыделения использован программный комплекс COMSOL Multiphysics [5, 6].

Материалом фракталоподобной структуры принимается сталь 40. Воздушное пространство, находящееся внутри структуры, называют порой [3]. Для исследования фракталоподобной структуры была выбрана простая геометрическая фигура – куб, и определены его параметры: сторона куба $L_1 = 0,09$ м; размер поры $l_1 = 0,01$ м.

Распределение теплоты может быть неравномерным, так как кубическая фракталоподобная структура является условно однородной. Поэтому было выбрано три геометрических параметра куба при различных вариантах сечения: 1 – по средней линии, 2 – по малой диагонали, 3 – по большей диагонали, которые показаны на рис. 1.

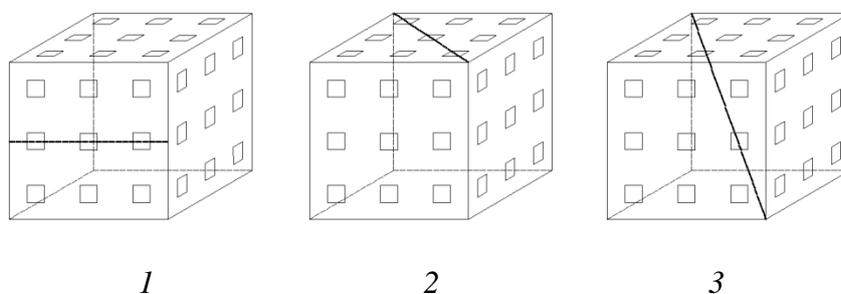


Рис. 1. Исследуемые варианты сечения кубической фракталоподобной структуры

В табл. 1 приведены значения параметров кубической фракталоподобной структуры и размеры пор.

Таблица 1

Значения исследуемых параметров кубической фракталоподобной структуры и соответствующие им размеры пор

№	Длина, м	№	Размер поры, м
L_1	0,0900	l_1	0,01000
L_2	0,1273	l_2	0,01414
L_3	0,1559	l_3	0,01732

На следующих этапах исследовательской работы были построены одномерные модели сечений фракталоподобной структуры. Процессы в расчетных моделях описаны основным уравнением теплопроводности в стационарном режиме нагрева, а также начальными и граничными условиями. Начальное температурное поле соответствует температуре окружающей среды 273 К. К левой стороне фракталоподобной структуры подается тепловой поток, который повышает температуру материала $T_1(0, \tau)$. На правой стороне задается температура $T_2(l, \tau)$. В программном комплексе Comsol Multiphysics решаются задачи теплотехники и находится эффективный тепловой поток с достижением интервала температур $\Delta T = 100$ °С, далее рассчитывается эффективный коэффициент теплопроводности.

Исследование влияния вида сечения кубической фракталоподобной структуры на эффективный коэффициент теплопроводности проводилось с учетом радиационного теплообмена. Поскольку газ является прозрачной средой, надо учитывать два вида теплообмена: конвективный и радиационный. Предварительные исследования показали, что учет конвективного теплообмена в закрытых порах находится в пределах погрешности [1, 2].

В ходе исследования был подключен механизм передачи теплоты радиационным теплообменом от поверхности к окружающему пространству согласно методике, описанной в COMSOL Multiphysics [2, 5, 6].

Таким образом, в табл. 2 представлены значения эффективных коэффициентов теплопроводности с учетом радиационного теплообмена.

Таблица 2

Расчетные значения эффективных коэффициентов теплопроводности
с учетом радиационного теплообмена

№	Температура, °С	Эффективный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)			
		Воздух	L1	L2	L3
1	0-100	0,0283	0,0849	0,0853	0,0856
2	100-200	0,0357	0,1075	0,1081	0,1086
3	200-300	0,0427	0,1288	0,1300	0,1309
4	300-400	0,0491	0,1485	0,1503	0,1518
5	400-500	0,0548	0,1662	0,1687	0,1710
6	500-600	0,0599	0,1825	0,1859	0,1893
7	600-700	0,0647	0,1981	0,2029	0,2075
8	700-800	0,0695	0,2137	0,2202	0,2264
9	800-900	0,0741	0,2293	0,2377	0,2458
10	900-1000	0,0785	0,2449	0,2556	0,2660

В зависимости от различного сечения фракталоподобного элемента с учетом радиационного теплообмена наибольшее расхождение расчетных значений составляет 8 %. Наибольшее расхождение значений эффективного коэффициента теплопроводности без учета радиационного теплообмена и с его учетом превышает 12 %.

На основе полученных параметров построены графики изменения эффективного коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры нагрева фракталоподобного элемента и для различных видов сечения (рис. 2).

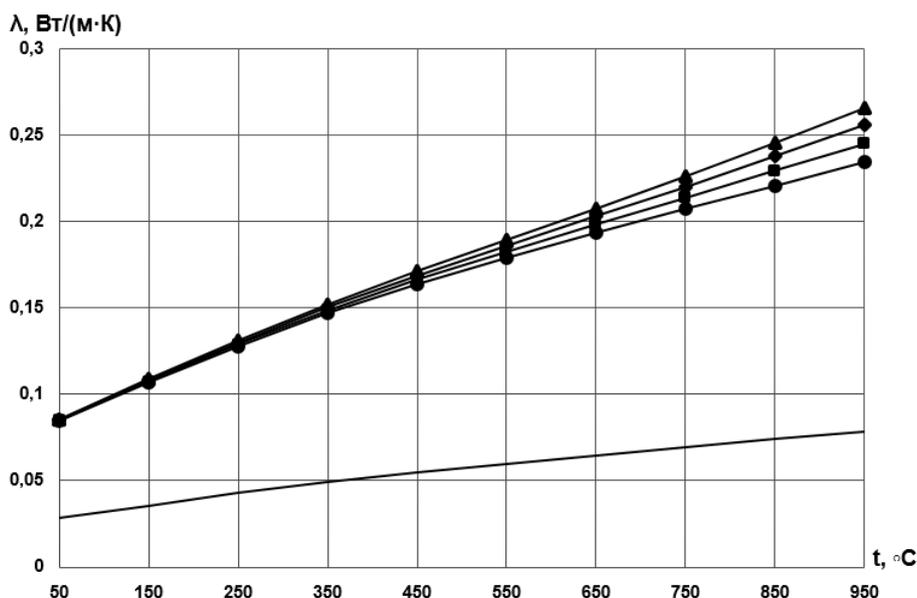


Рис. 2. Зависимости эффективного коэффициента теплопроводности от температур, которые находятся в различных диапазонах:

— - для воздуха; ● - без учета радиационного теплообмена с сечением по средней линии L_1 ; С учетом радиационного теплообмена с сечением: ■ - по средней линии L_1 ; ● - по малой диагонали куба L_2 ; ▲ - по большей диагонали L_3

В ходе выполнения исследования получены следующие выводы:

– при относительно невысоких температурах до 400 °C радиационный теплообмен слабо влияет на эффективный коэффициент теплопроводности. Свыше 400 °C он начинает оказывать существенное влияние [6];

– при расчете температурного поля трехмерного тела следует учитывать анизотропность эффективного коэффициента теплопроводности;

– радиационный теплообмен в порах необходимо учитывать через эффективные коэффициенты плотности, теплоемкости, теплопроводности.

Методика [3] может применяться для математического моделирования процессов теплообмена теплоэнергетических объектов при расчете температурных полей и

определении режимов нагрева. Эффективность заключается в снижении времени расчетов и затрат на проведение физических экспериментов.

Литература

1. Разработка модели по определению температурного поля ТВЭЛа в двумерной постановке задачи / В. А. Горбунов, Н. Б. Иванова, Н. А. Лоншаков, Я. В. Белов // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2019. – № 2. – С. 174-184.

2. Горбунов, В. А. Оценка влияния радиационного теплообмена на параметры температурных полей ТВЭЛов различного конструктивного исполнения / В. А. Горбунов, С. Г. Андрианов, С. С. Коновальцева // Вестник ИГЭУ. – 2021. – № 2. – С. 23-31.

3. Методика определения коэффициентов эффективной теплопроводности при нагреве пористых тел на основе использования фракталоподобных структур / В. А. Горбунов, Г. А. Перевезенцев, С. С. Теплякова, М. Н. Мечтаева // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2022. – № 1. – С. 5-11.

4. Перевезенцев, Г. А. Метод фрактального моделирования насыпной садки при ее нагреве в термической печи / Г. А. Перевезенцев, В.А. Горбунов, О. Б. Колибаба // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». – 2017. – № 1. – С. 84-87.

5. Heat Transfer Module User's Guide, Version COMSOL 5.4, 2018. – 702 с.: [сайт]. – URL:<https://doc.comsol.com/5.4/doc/com.comsol.help.heat/HeatTransferModuleUsersGuide.pdf>. (дата обращения: 02.04.2022). – Текст: электронный.

6. Перевезенцев, Г. А. Фрактальная модель насыпной садки при ее нагреве в термической печи / Г. А. Перевезенцев, О. Б. Колибаба, В. А. Горбунов // Сборник научных трудов VIII международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования печей». – М: Изд-во Дом МИСиС, 2016. – С. 141-146.

Автоматизированное проектирование релейной защиты на основе свободно распространяемого программного обеспечения в условиях зарубежных санкций как инструмент освоения профессиональных компетенций студентами, проходящими обучение по образовательной программе «Электроснабжение» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Губатенко Марк Сергеевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Шахов Александр Алексеевич, студент направления

«Электроэнергетика и электротехника»

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

В данной работе рассматривается методика автоматизированного расчёта дифференциальной защиты трансформатора на основе свободно распространяемого программного обеспечения в условиях зарубежных санкций.

В условиях зарубежных санкций достаточно распространённое и применяемое в настоящее время программное обеспечение для решения широкого круга задач, возможно, вскоре станет недоступным. В процессе подготовки студентов направления «Электроэнергетика и электротехника» используется популярное программное обеспечение Microsoft Office Excel для решения широкого круга задач, в том числе выполнения инженерных расчётов. Однако в ближайшее время такое программное обеспечение с высокой долей вероятности станет недоступным после окончания срока действия лицензии или подписки.

В соответствии с основной образовательной программой «Электроснабжение», по которой студенты проходят обучение, каждый из них должен освоить ряд общепрофессиональных и профессиональных компетенций, включающих способность выполнять автоматизированные расчёты объектов профессиональной деятельности, а также иметь навыки по составлению таких расчётов в различном виде и уметь применять для этого различное программное обеспечение.

Рассмотрена возможность использования бесплатного общедоступного программного обеспечения для составления и выполнения таких автоматизированных расчётов на примере расчёта дифференциальной защиты трансформатора. В качестве

аналогичного программного обеспечения Microsoft Office предполагается рассматривать WPS Office (ограничение функциональности по истечении пробного периода не задаёт ограничений для проведения расчётов [1]).

Дифференциальная защита трансформаторов применяется в качестве основной защиты трансформаторов при повреждениях их обмоток, на вводах и ошиновке. Дифференциальная защита устанавливается на одиночно работающих трансформаторах мощностью 6300 кВА и выше, на параллельно работающих трансформаторах – мощностью 4000 кВА и выше.

Дифференциальная защита основана на принципе сравнения величин токов в начале и в конце защищаемого участка. С обеих сторон трансформатора устанавливаются трансформаторы тока ТТ1 и ТТ2, вторичные обмотки которых включены последовательно. Параллельно им подключается токовое реле Т (рис. 1) [2]. Дифференциальная защита вычисляет сумму всех токов, втекающих и вытекающих из защищаемой зоны. Пренебрегая токами намагничивания и ёмкостными токами, можно сказать, что указанная сумма токов всегда будет равна нулю (согласно закону Кирхгофа), если защищаемый объект не повреждён. Внутренние повреждения обнаруживаются за счёт того, что появляется дифференциальный ток. Для исключения излишних срабатываний защиты из-за погрешностей измерительных трансформаторов тока значение уставки срабатывания увеличивается пропорционально сумме протекающих токов (осуществляется торможение). Таким образом, чувствительность защиты автоматически определяется условиями возникновения повреждения [3].

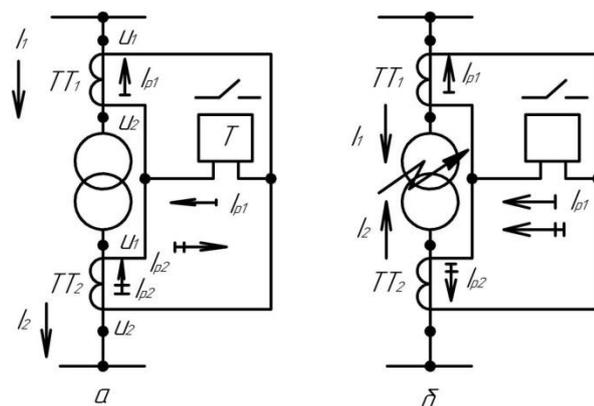


Рис. 1. Дифференциальная защита трансформатора:
а – токораспределение при нормальном режиме; б – при коротком замыкании в трансформаторе

Дифференциальная защита обладает высокой чувствительностью и является быстродействующей, так как для нее не требуется выдержки времени, она может выполняться с мгновенным действием, что и является ее главным положительным

свойством. Однако она не обеспечивает защиты при внешних коротких замыканиях и может вызывать ложные отключения при обрыве в соединительных проводах вторичной цепи [2].

На основе WPS Office была составлена программа автоматизированного расчёта дифференциальной защиты силового двухобмоточного трансформатора на базе реле РНТ-565, позволяющая проводить расчёты для различных наборов исходных данных. При этом программа расчета должна быть максимально простой и интуитивно понятной, с минимальным числом вводимых данных, визуализировать получающиеся недопустимые результаты, например, если значение коэффициента чувствительности меньше двух.

Для ввода исходных данных в программном обеспечении WPS Office была разработана интерактивная форма, позволяющая выбрать следующие данные: тип трансформатора (программа предложит выбрать трансформатор из имеющегося каталога), $U_{1НН}$ – линейное напряжение на стороне низшего напряжения, $I_{k\max КЗ}^{(3)}$ – максимальный сквозной ток при трёхфазном КЗ за трансформатором, приведённый к стороне НН, а также схемы соединения и коэффициенты трансформации трансформаторов тока (рис. 2).

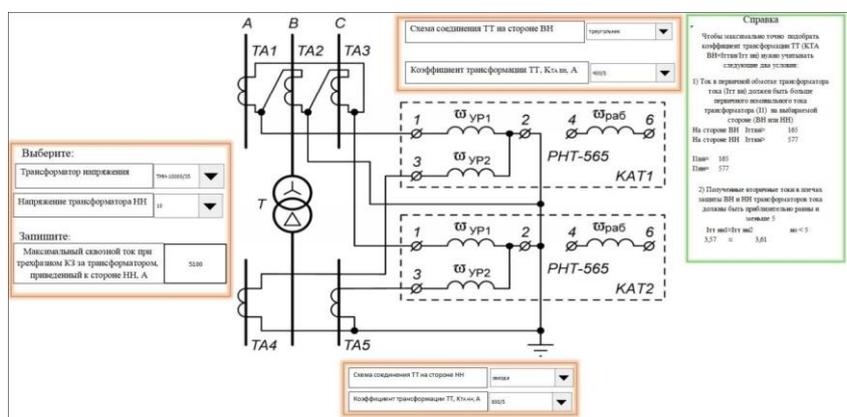


Рис. 2. Интерактивная форма для ввода данных

Чтобы максимально точно подобрать коэффициент трансформации ТТ из выпадающего списка, нужно учитывать следующие два условия:

1. Ток в первичной обмотке трансформатора тока ($I_{пт\ вн}$) должен быть больше первичного номинального тока трансформатора (I_1) на выбираемой стороне (ВН или НН). Первичный номинальный ток рассчитывается программой автоматически и выводится в окне «Справка».

2. Полученные вторичные токи в плечах защиты ВН и НН трансформаторов тока (рассчитываются программой автоматически и выводятся в окно «Справка») должны быть максимально приближены друг к другу и меньше 5 А.

В программе создана база данных трансформаторов напряжения (с номинальными напряжениями 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ), которая используется как для автоматического выбора трансформатора при заполнении исходных данных, так и для самого расчёта. Это позволило упростить программу и автоматизировать её за счёт уменьшения вводимых исходных данных, необходимых для расчёта.

После введения исходных данных программа производит вычисления и выводит полученные результаты в окне «Данные полученные в ходе расчёта» (рис. 3).

Данные полученные в ходе расчета	
Выбранное число витков $W_{вн}$	8,00
Ток срабатывания реле с учетом выбранного числа витков, А	12,50
Первичный ток срабатывания защиты на стороне ВН, А	433,01
Выбранное число витков $W_{нн}$	8
Ток срабатывания защиты на стороне ВН с учетом уточненного значения тока небаланса	436,17
Ток срабатывания реле при уточненном значении тока небаланса, А	12,59
Минимальное значение коэффициента чувствительности при уточненных параметрах	2,89

Рис. 3. Результаты автоматизированного расчета по разработанной программе

При этом если коэффициент чувствительности получается меньшим или равным двум, то ячейка окраситься в красный цвет, а если больше двух, то в зелёный цвет. Это позволяет дополнительно визуализировать результаты расчета и обратить внимание пользователей. При этом поэтапный расчет можно просмотреть на дополнительной вкладке – Расчет и БД ТН (база данных трансформаторов напряжения), рис. 4.

Дифференциальная защита с насыщающимися промежуточными трансформаторами без торможения на основе реле РНТ-565						англи U		Каталожные данные										Расчетные данные			
Наименование трансформатора		треугольник				50/5	6	Тип	Сном.	Пределы	Каталожные данные						Расчетные данные				
Мощность трансформатора S, кВА	10000,00	2	35		звезда	100/5	10				Ином. обмоток	Uк, %	ΔРк, кВт	Рх, кВт	Кх, %	Rт, Ом	Xт, Ом	ΔQх, квар			
Напряжение ВН, кВ	35,00		0			150/5		1	ТМН(ТМ)-6300/35	6,3	9	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	1,4	14,6	56,7	
Напряжение НН, кВ	10,00	2	0		Прелем S	200/5		2	ТД-10000/35	10	5	38,5	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,96	11,1	80	
Диапазон регулирования коэффициента трансформации трансформатора	0,05		0	0	0	10	300/5	3	ТМН-10000/35	10	12	36,75	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80	
Максимальный сквозной ток при трехфазном КЗ за трансформатором (на границе зоны действия дифференциальной защиты с внешней стороны), приведенный к стороне НН, А	5100,00		10	0	0	0	400/5	4	ТДНС-10000/35	10	12	36,75	6,3;10,5	8	60	12,5	0,6	0,81	10,8	60	
Максимальный сквозной ток при трехфазном КЗ за трансформатором (на границе зоны действия дифференциальной защиты с внешней стороны), приведенный к стороне ВН, А	1457,14					0	600/5	5	ТД-16000/35	16	5	38,5	6,3;10,5	8	90	21	0,6	0,52	7,4	96	
Минимальный ток при двухфазном КЗ за трансформатором (на границе зоны действия дифференциальной защиты с внутренней стороны), приведенный к стороне НН, А	4416,73					5	800/5	6	ТМН-6300/110	6,3	16	115	6,6;11	10,5	44	11,5	0,8	14,7	220,4	50,4	
Минимальный ток при двухфазном КЗ за трансформатором (на границе зоны действия дифференциальной защиты с внутренней стороны), приведенный к стороне НН, А	1261,92					0	1000/5	7	ТДН-10000/110	10	16	115	6,6; 11	10,5	60	14	0,7	7,95	139	70	
Первичный номинальный ток трансформатора на стороне ВН, А	164,96					0	1500/5	8	ТДН-16000/110	16	16	115	6,6; 11; 3,15;	10,5	85	19	0,7	4,38	86,7	112	
Первичный номинальный ток трансформатора на стороне НН, А	577,35					0	2000/5	9	ТД-40000/110	40	5	121	6,3; 10,5	10,5	160	50	0,65	1,46	48,4	260	
Ток первичной обмотки трансформатора тока на стороне ВН (выбирается ток больше первичного номинального тока трансформатора)	300,00		5			0	3000/5	10	ТДН-80000/110	80	5	121	6,3; 10,5; 13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480	
Ток вторичной обмотки трансформатора тока на стороне ВН	5,00							11	ТДН-125000/110	125	5	121	10,5; 13,8	10,5	400	120	0,55	0,37	12,3	687,5	
Ток первичной обмотки трансформатора тока на стороне НН (выбирается ток больше первичного номинального тока трансформатора)	800,00		8		0	0		12	ТДН-200000/110	200	5	121	13,8; 15,75;	10,5	550	170	0,5	0,2	7,7	1000	
Ток вторичной обмотки трансформатора тока на стороне	5,00				0	0		13	ТДН-80000/220	80	5	242	6,3; 10,5;	11	320	105	0,6	0,2.сеч	80,5	480	
Схема соединения ТТ на стороне ВН ("звезда" или "треугольник")	треугольник		1		0	0		14	ТДН-125000/220	125	5	242	10,5; 13,8	11	380	135	0,5	1,4	51,5	625	
Схема соединения ТТ на стороне НН ("звезда" или "треугольник")	звезда		2		0	0		15	ТДН-200000/220	200	5	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900	
Коэффициент схемы на стороне ВН	1,732050808				300	0		16	ТДН-200000/220	200	5	242	15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900	
Коэффициент схемы на стороне НН	1				0	0		17	ТДН-250000/220	250	5	242	13,8; 15,75;	11	650	240	0,45	0,6	25,7	1125	
Вторичные токи в штеках защиты ВН	4,76				0	0															
Вторичные токи в штеках защиты НН	3,61				0	800															
Коэффициент единичности	1				0	0															
Максимальная допустимая погрешность ТТ	0,1				0	0															
Максимальное значение первичного тока небаланса, А	218,57				0	0															
Первичный ток срабатывания защиты (приведенное к стороне ВН), по условию отстройки от тока небаланса, А	284,14																				
Ток срабатывания защиты от броска тока намагничивания при включении трансформатора, А	214,44																				
Ток срабатывания защиты, А	285,00	284,1428571																			
Ток срабатывания реле на стороне ВН, А	8,23																				
Ток в реле на стороне ВН, соответствующий минимальному току КЗ, при котором дифференциальная защита должна срабатывать	36,43																				
Коэффициент чувствительности по предварительным данным (должен быть больше 2 если условие выполняется то ячейка будет зеленой, если нет то красной)	4,43																				

Рис. 4. Результаты поэтапного расчета по разработанной программе

Также присутствует возможность расчета с ручным вводом данных на отдельной вкладке, что даёт возможность проводить расчёты для трансформаторов с нестандартными параметрами.

Если в предварительном расчёте коэффициента чувствительности ячейка стала красной, то следует проверить выбранные исходные данные или изменить коэффициенты трансформации трансформаторов тока. Но в том случае, если результат расчета все равно выводит недопустимое значение коэффициента чувствительности, возможно, необходимо предусмотреть изменение реле защиты РНТ-565 на реле типа ДЗТ-11. Алгоритм, по которому производится расчёт дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора, представлен на рис. 5.

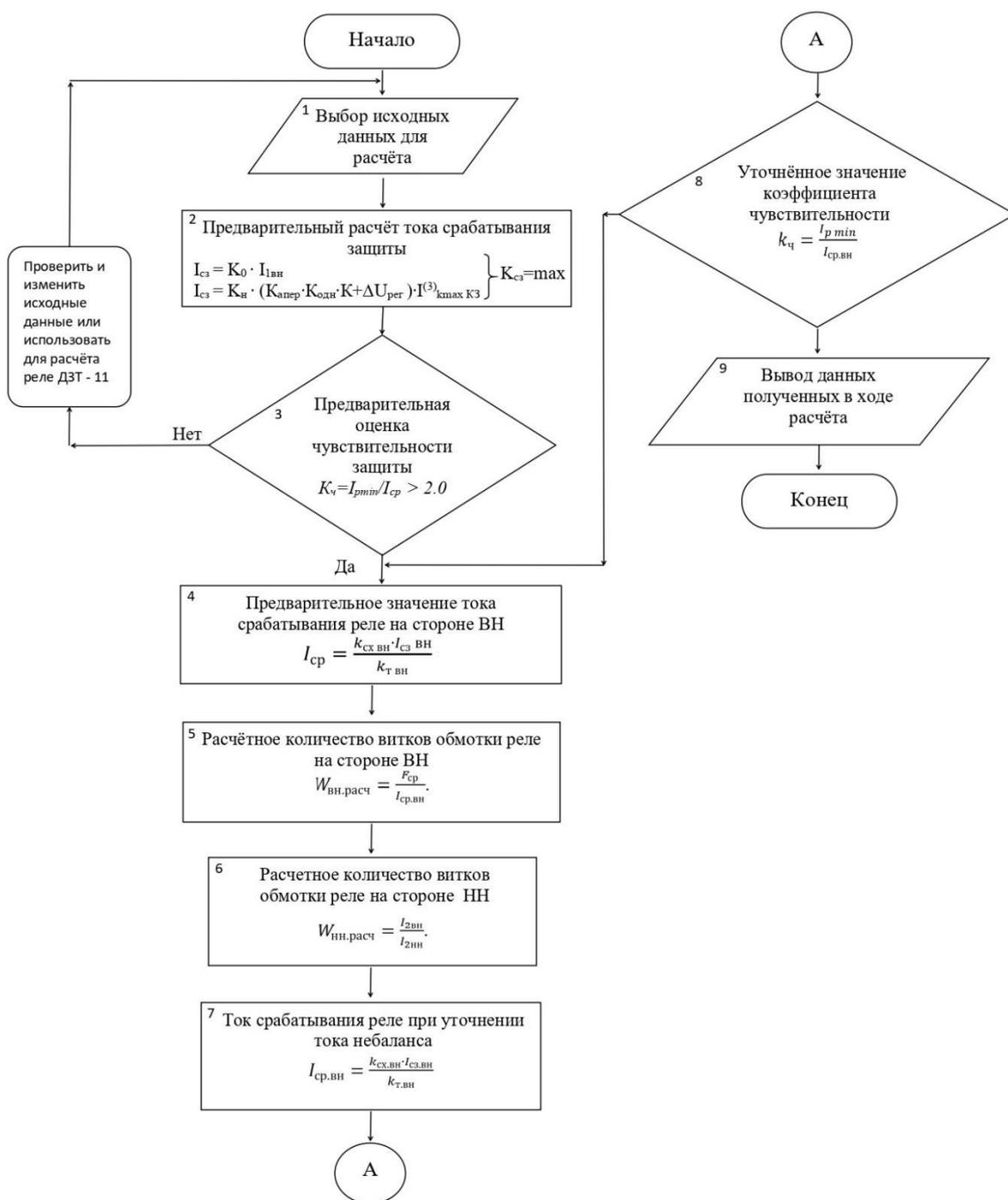


Рис. 5. Алгоритм расчёта дифференциальной защиты трансформатора

В соответствии с этим алгоритмом возможна разработка программы автоматизированного расчета дифференциальной защиты на основе любого программного обеспечения, позволяющего реализовывать инженерные расчеты, расчеты неспециализированного характера.

В заключение необходимо отметить, что разработанная программа соответствует существующей методике расчета дифференциальной релейной защиты трансформатора напряжения на базе реле РНТ-565, позволяет производить часть расчетов релейной защиты трансформатора и впоследствии может быть расширена для автоматизированного расчета других типов релейной защиты трансформаторов напряжения, может быть использована в учебном процессе при выполнении курсовых работ и проектов, выпускных квалификационных работ. Несмотря на то что WPS Office не предназначен непосредственно для специализированных расчетов в области электроэнергетики, такое свободно распространяемое программное обеспечение вполне пригодно для выполнения расчетов применительно к объектам профессиональной деятельности в указанной области, особенно в сложившихся современных условиях.

Литература

1. WPS Office: [сайт]. – URL: <https://www.wps.com> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
2. Дифференциальная защита трансформаторов: [сайт]. – URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/888-differencialnaja-zashhita.html> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
3. Циглер, Г. Цифровые устройства дифференциальной защиты. Принципы и область применения / Г. Циглер, А. Ф. Дьяков: [сайт]. – URL: <https://rpa.energy.mn/wp-content/uploads/2016/07/G-CIGLER-Цифровые-устройства-дифференциальной-защиты.pdf> (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.
4. Булычев, А. В. Релейная защита распределительных сетей в примерах и задачах с решениями / А. В. Булычев, А. А. Наволочный. – Чебоксары: Издательство Чуваш. Ун-та, 2010. – 202 с.: [сайт]. – URL: https://ipk-rza.ru/sites/default/files/files/a.v._bulychev_a.a._navolochnyy_releynaya_zashchita_raspredelitelnyh_setey.pdf (дата обращения: 19.04.2022). – Текст: электронный.

**Анализ способов дистанционного управления электроприводами
запорной арматуры на АЭС**

Збинякова Виктория Юрьевна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

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

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

В данной статье анализируются виды дистанционного управления электроприводами запорной арматуры на АЭС. Рассмотрено оборудование дистанционного управления, и приведена его классификация. Подробно рассмотрен способ дистанционного управления с блочного щита управления.

На атомных станциях 80 % всей арматуры составляет запорная арматура, предназначенная для полного перекрытия потока рабочей среды со степенью герметичности, определяемой в соответствии с требованиями нормативной документации. Такая арматура является арматурой двухпозиционного действия – либо «открыть», либо «закрыть». Известны следующие способы управления оборудованием: индивидуальное, функционально-групповое и автоматическое (защиты, блокировки, автоматическое регулирование). В статье рассматривается индивидуальное дистанционное управление.

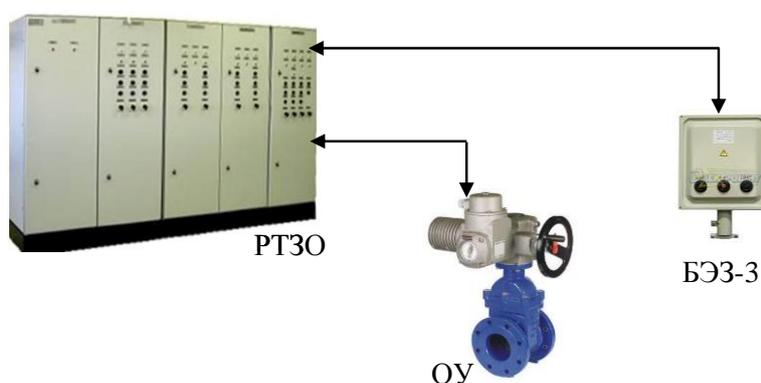
Дистанционное управление (ДУ) – это управление электрифицированным приводом на расстоянии, которое характеризуется тем, что для каждого объекта выделяется многопроводный канал связи, по которому передаются сигналы команд управления и принимаются сигналы о выполнении команд и состоянии исполнительных механизмов. Основные функции систем ДУ заключаются в следующем:

- пуск электропривода (ЭП) арматуры и его останов под действием команд, подаваемых оператором при помощи индивидуальных ключей и кнопок, а также при перегрузке электропривода;
- приоритетность выполнения команд и исключение возможности одновременной подачи команд от устройств дистанционного и автоматического управления;
- сигнализация положения арматуры на щитах и блоках управления и передача

этой информации в управляющую вычислительную сеть, в схемы защиты и блокировок [1].

При дистанционном управлении оборудование можно разделить на 4 группы в зависимости от места его размещения:

- по месту от кнопочного поста управления (рис. 1);
- с местного щита управления (МЩУ) для вспомогательных систем (вентиляция, химическая водоочистка, парозежекторные машины, блочная обессоливающая установка и другие) (рис. 2);
- с блочного щита управления (БЩУ) (все насосы, вентиляторы и арматура систем основного технологического процесса) (рис. 3);
- с БЩУ и резервного щита управления (РЩУ) (механизмы и арматура каналов систем безопасности) (рис. 4) [2].



*PTZO – распределительное токовое подвижное оборудование; OU – объект управления;
БЭЗ-3 – блок электропривода задвижек (кнопки управления)*

Рис. 1. Состав оборудования системы ДУ ЭП арматуры (по месту установки)



Рис. 2. Состав оборудования системы ДУ и индикации состояния электроприводами запорной и регулирующей арматуры (управление с МЩУ)



КРУ – комплектное распределительное устройство

Рис. 3. Состав оборудования системы ДУ и индикации состояния электроприводами (управление с БЩУ)

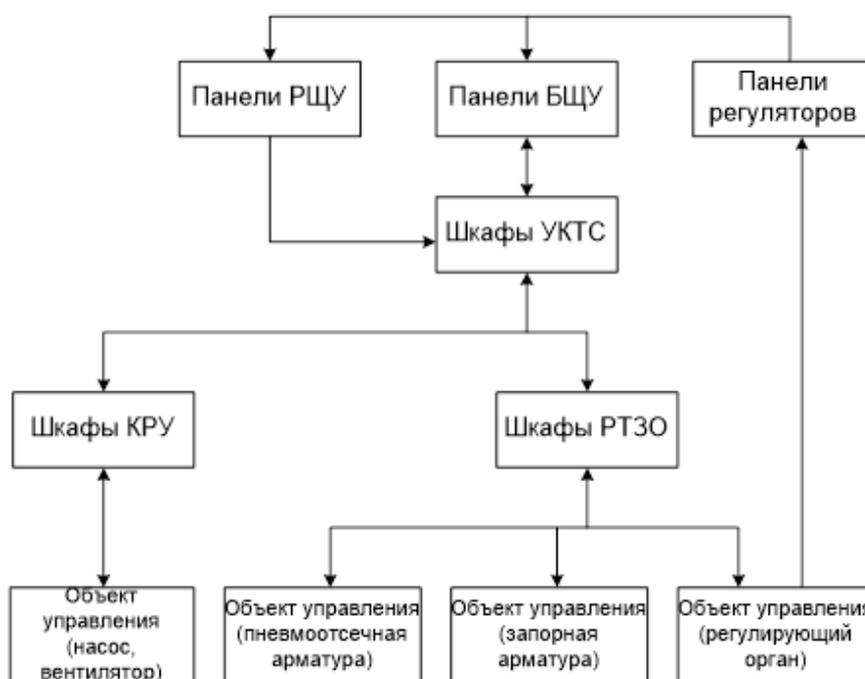


Рис. 4. Состав оборудования системы ДУ и индикации состояния запорной и регулирующей арматуры, насосов и вентиляторов (управление с БЩУ и РЩУ)

Дистанционное управление и индикация состояния электрифицированной запорной арматуры осуществляется с использованием оборудования, представленного в табл. 1.

Оборудование для дистанционного управления запорной арматурой

№	Группа оборудования	Состав
1	Аппараты дистанционного управления:	а) ключи дистанционного управления; б) кнопки дистанционного управления КЕ на БЭЗ-3; в) базовые шкафы УКТС; г) шкафы связи УКТС; д) кроссовые шкафы УКТС; е) сигнальная арматура.
2	Коммутационные аппараты:	шкафы РТЗО: - автоматические выключатели; - пускатели магнитные открытия и закрытия; - пускатели магнитные для останова рабочего органа в промежуточном положении; - реле РТ-40 (уплотнение запорного органа); - реле РП (РПУ).
3	Электропривод запорной арматуры:	а) корпус; б) редуктор; в) электродвигатель (электромагнит - для пневмопривода); г) ручной дублер; д) блок концевых выключателей (местный указатель положения рабочего органа привода).

Автоматические выключатели (АВ) предназначены для защиты электродвигателя и электрических цепей схемы управления при возникновении в них токов короткого замыкания (КЗ) и в момент достижения значения величины токов выше допустимых предельных значений при возникновении неисправностей в электроприводе и электродвигателе.

В таком случае в автоматическом выключателе вырабатывается сигнал аварийного отключения, что ведет к отключению схемы дистанционного управления электрифицированной запорной арматурой [2].

Арматура сигнализации АСКМ с красным и зелёным светофильтрами (обозначена в схемах управления ЛС – лампы сигнализации) предназначена как для индикации положения запорного органа арматуры в крайних открытом, закрытом и в промежуточном положениях, так и для индикации его движения. Лампы сигнализации

расположены на фасаде пультов и панелей БЩУ, РЩУ и МЩУ рядом с соответствующими ключами управления.

Пускатели электромагнитные открытия и закрытия запорного органа (обозначены в схеме управления ПМР) принимают управляющие команды «Открыть» или «Закрыть» напряжением 220 В и коммутируют поступающее к ним от автоматического выключателя АВ трёхфазное напряжение 380 В для приведения во вращение трёхфазного асинхронного электродвигателя привода запорного органа. Расположены в соответствующих шкафах сборок РТЗО.

Реле РП, РПУ предназначены для выполнения различных вспомогательных функций (размножение контактов, участие в схеме блокировок и так далее) в схеме управления. Расположены в соответствующих шкафах сборок РТЗО.

Токовое реле РТ-40 (обозначено в схемах управления РТ) предназначено для остановки работы привода при достижении запорным устройством арматуры уплотнённого состояния. Расположены в сборках РТЗО.

Для привода запорных органов электрифицированной арматуры используют трёхфазные асинхронные электродвигатели (ЭД) и электромагниты, устанавливаемые непосредственно на редуктор арматуры.

Каждый электропривод оснащается блоком конечных выключателей (КВ), которые используются для передачи информации о положении запорного органа в схему управления и индикации состояния электроприводной запорной арматуры с целью:

- осуществления выполнения команды «Открыть», «Закрыть»;
- останова органа в промежуточных, крайних и уплотнённом состояниях;
- индикации крайних и промежуточных положений запорного органа;
- передачи информации в ТЗБ.

Рассмотрим функциональную схему дистанционного управления электроприводной запорной арматурой с БЩУ (рис. 5). Для управления запорной арматурой с БЩУ необходим ключ управления (КУ), который поворачивает оператор. Ключ управления непосредственно связан с блоком промежуточного управления (БПУ), по каналам которого передается двоичный четырехразрядный код на 4 входа [2].

Если комбинация кодов на входах БПУ соответствует заданной комбинации, то команда передается в базовый шкаф УКТС на входы блока БУЗ («Открыть» или «Закрыть»). При несоответствии комбинации кодов на входах БПУ заданной комбинации сигнал управления с БПУ на БУЗ не передается и формируется вызывная сигнализация к шкафу связи УКТС - «Неисправность цепей управления».

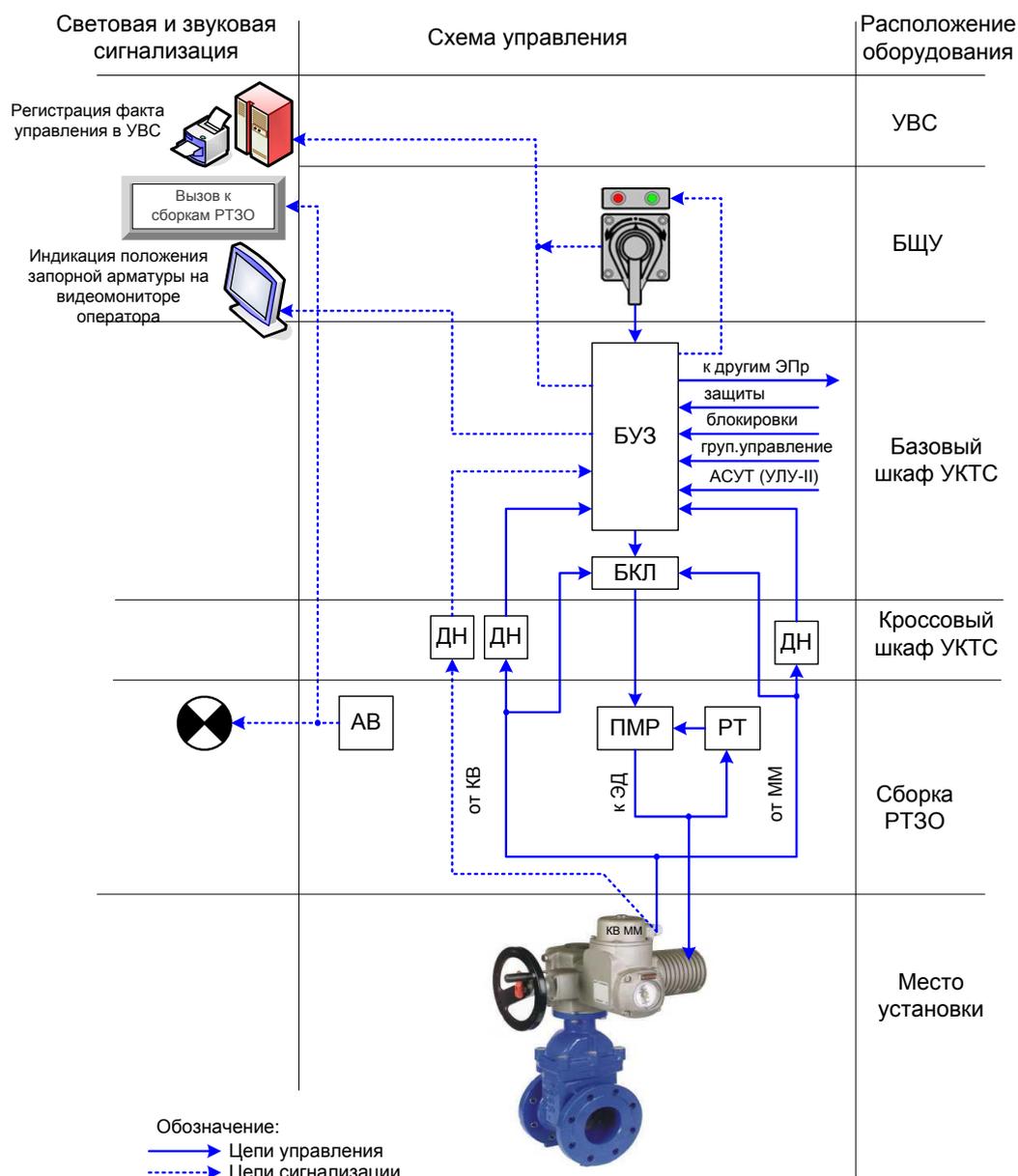


Рис. 5. Функциональная схема дистанционного управления и индикации состояния электроприводной запорной арматуры (управление с БЦУ)

При неисправности ключа управления КУ на БЦУ либо обрыве линий связи управление арматурой можно осуществлять с базового шкафа УКТС кнопками «Открыть» и «Закрыть», расположенными на фасаде БУЗ. Далее управляющая команда поступает на соответствующий вход («Открыть» или «Закрыть») блока БКЛ до того момента, пока запорный орган не достигнет крайних положений («Открыто» или «Закрыто»), или пока не поступит отменяющая команда от КУ.

Блок БКЛ, принимая от БУЗ управляющий сигнал 15 В, коммутирует напряжение 220 В и направляет его на вход электромагнитной катушки соответствующего магнитного пускателя открытия или закрытия ПМР. Сигнал на выходе БКЛ появляется только в том случае, если есть подтверждающая информация от микропереключателей

концевых выключателей КВ о возможности движения запорного органа в выбранную сторону.

Далее срабатывает электромагнитная катушка соответствующего пускателя ПМР, который силовыми контактами коммутирует силовое трёхфазное напряжение 380 В, поступающее далее на обмотки электродвигателя ЭД. В зависимости от того, какой пускатель сработал, осуществляется вращение электродвигателя в сторону открытия либо закрытия. Вращение вала ЭД через редуктор передаётся на грузовую гайку, приводящую в движение запорный орган. В то же время вращение вала ЭД через редуктор передаётся и на кулачки концевых выключателей КВ, механизм настройки муфты ограничения крутящего момента и на стрелку местного указателя положения запорного органа.

Останов запорного органа при достижении им крайних положений кулачок концевого выключателя КВ через рычаг нажимает на толкатель соответствующего микропереключателя и размыкает его контакт. Электрический ток прекращает поступать на электромагнитную катушку пускателя ПМР, вызывая её обесточивание. Пускатель отключается, размыкая свои силовые контакты, напряжение 380 В прекращает поступать на двигатель, запорный орган арматуры останавливается [2].

При необходимости останова запорного органа в промежуточном положении необходимо повернуть ручку КУ в обратную сторону. Соответствующие контакты ключа управления замкнутся, управляющий сигнал прекращает поступать по цепочке БУЗ – БКЛ – ПМР – ЭД на обмотки электродвигателя, и привод останавливается.

Индикация состояния и сигнализация движения запорного органа осуществляется блоком БУЗ. Информация о замкнутом и разомкнутом состоянии контактов от микропереключателей КВ поступает через резисторные делители напряжения (ДН) 220 В/24 В кроссового шкафа УКТС на вход БУЗ. БУЗ передаёт сигнал на лампу сигнализации ЛС на панель или пульт БЩУ. Этот сигнал дублируется на фасадной панели БУЗ и поступает в УВС.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. – НП068-05, 2006. – 3 с.
2. Аникевич, К. П. Управление арматурой АЭС: учебное пособие / К. П. Аникевич. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2006. – 51 с.

**Эксплуатационная надежность зданий и сооружений
(на примере системы безопасности АЭС)**

Калмыкова Диана Сергеевна, студент направления «Экономика»;

Попова Татьяна Сергеевна, кандидат экономических наук,
доцент кафедры «Экономика и социально-гуманитарные дисциплины»

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

Данная статья посвящена вопросам обеспечения безопасности атомных электростанций при воздействии внешних угроз. АЭС при нормальной эксплуатации не представляет опасности для окружающей среды и человека. На начальных стадиях проектирования определяются возможные риски аварий, и на их основе разрабатывается несколько видов систем безопасности, необходимых для обеспечения глубоководной защиты.

Согласно статье 15 Федерального закона Российской Федерации от 1 декабря 2007 г. N 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», госкорпорация имеет право «участвовать в государственных и коммерческих проектах и программах, предусматривающих разработку и экспорт высокотехнологичной промышленной продукции» [1].

Госкорпорация «Росатом» осуществляет масштабную программу сооружения АЭС как в Российской Федерации, так и за рубежом. У «Росатома» заключены сделки на строительство реакторов в Белоруссии, Бангладеш, Венгрии и др. Безусловно, одной из центральных задач при реализации обозначенных проектов остается обеспечение качества и безопасности функционирования АЭС. Решение данной задачи, как показывает мировая практика, невозможно без формирования и поддержания надлежащего уровня культуры безопасности [2].

Атомная энергетика, в отличие от других сфер экономики, является одной из самых молодых и перспективных отраслей. Но такие происшествия, как техногенная авария на Чернобыльской АЭС, радиационная авария на АЭС «Фукусима-1», привели к тому, что вопросам безопасности ядерной энергетике стало уделяться больше внимания.

Сегодня атомные электростанции выступают в качестве наиболее безопасных установок по выработке энергии. Но, несмотря на надежность работы АЭС изнутри, может возникнуть угроза со стороны внешней среды.

Один из актуальных вопросов по обеспечению безопасности реакторов сегодня – что произойдет с АЭС, если начнется землетрясение, цунами или на территорию станции упадет самолет? Происшествие данных событий маловероятно, т. к. для размещения атомных станций отводятся специальные места, где не могут возникнуть какие-либо опасные геологические явления. Но имеющие место быть авиакатастрофы стали толчком для разработки проектировщиками АЭС соответствующих планов по недопущению подобных случаев и преодолению возможных последствий.

Безопасность атомных электростанций обуславливается несколькими факторами. Она обеспечивается принципами самозащитенности и саморегулирования реактора и наличием защитных барьеров. Так, двухконтурная система ВВЭР, применяемая на российских АЭС, позволяет минимизировать риск перегрева реактора и, в отличие от одноконтурных установок, применяемых на «Фукусима-1», надежно маскирует радиоактивные среды внутри защитной оболочки.

АЭС не представляют опасности при условии их нормальной эксплуатации. При проектировании станций рассчитываются необходимые пути решения проблем в случае возникших аварийных ситуаций. Тем самым разрабатываются системы безопасности, которые делятся на активные и пассивные (рис. 1):

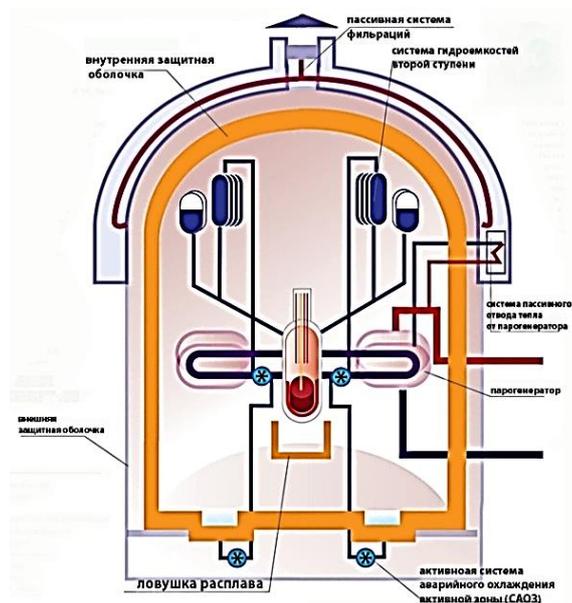


Рис. 1. Активные и пассивные системы безопасности АЭС

Принцип работы активных систем безопасности основан на активном использовании энергии, исходящей от каких-либо источников электроснабжения. Пассивные действуют на основе естественной энергии, без вмешательства оборудования и персонала [3].

Система безопасности современных АЭС России построена на основе действия нескольких барьеров безопасности, основными из которых являются:

- топливная матрица, предотвращающая проникновение под оболочку ТВЭЛ продуктов деления;
- оболочка тепловыделяющего элемента, которая позволяет блокировать выход продуктов деления в главный циркуляционный контур;
- главный циркуляционный контур, который не допускает скопление продуктов деления под защитной герметичной оболочкой;
- защитная оболочка реакторного отделения – предназначена для защиты реакторной установки от внешних природных и техногенных воздействий, а также препятствует выходу радиоактивных веществ в окружающую среду в случае нештатной ситуации (рис. 2) [4].

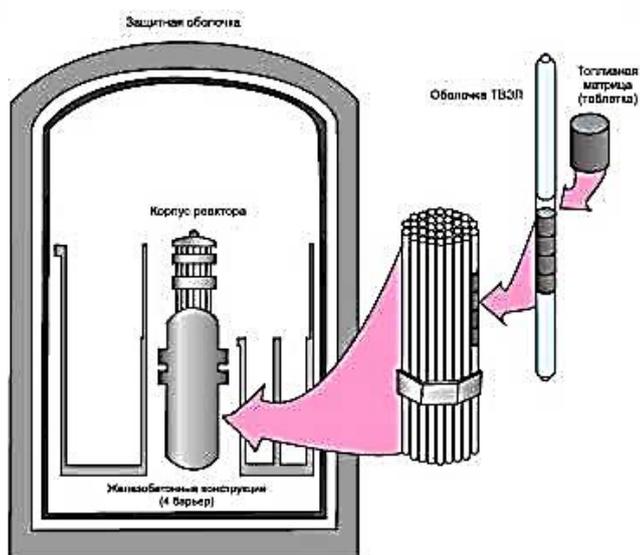


Рис. 2. Четыре барьера безопасности АЭС

Как известно, российские АЭС расположены в тех геологических зонах, где возникновение аварии, сопоставимой с происшествием на атомной станции «Фукусима-1», является невозможным, поскольку в этих регионах земного шара не распространены такие явления, как землетрясение или цунами.

При соблюдении всех норм безопасности происходит тщательный выбор площадки размещения будущей АЭС, определяется прогнозируемый уровень сейсмоопасности, вычисляемый отдельно для каждого блока и площадки. Расположение атомных электростанций вблизи активных разломов земной поверхности, где возможные землетрясения могут достигнуть 9 баллов по шкале Медведьева-Шпонхойера-Карника, запрещено природоохранным законодательством.

Но, несмотря на маловероятную угрозу возникновения землетрясений, устойчивость самого объекта очень высока. Прочность «атомного здания» обусловлена готовностью к различного рода нагрузкам благодаря сочетанию бетонного покрытия со стальной арматурой. А наличие гидроамортизаторов минимизирует вероятность смещения оборудования и самого основания здания даже при самых сильных толчках.

Цунами как природная катастрофа также представляет большую опасность для АЭС. Волна, превышающая высоту защитной дамбы, может нанести серьезный ущерб вспомогательным зданиям электростанции. Необходимо размещать значимые объекты выше уровня земли, чтобы процесс их затопления стал маловероятным.

С 2001 года, после преднамеренной атаки пассажирским авиалайнером здания АЭС, поднялся вопрос об обеспечении защиты атомных станций от возможного падения самолета. Но, как говорилось выше, энергоблок прочно защищен контейментом (толщина до 1,5 метров), когда толщина конструкции самолета – с учетом его внутренней пустоты – в тысячу раз меньше. Плотной частью является лишь мотор самолета, разрушительное воздействие которого также маловероятно [5].

Значительное внимание уделяется защите АЭС от возможных террористических атак. С целью недопущения проноса на территорию станции запрещенных предметов, на всех линиях охраны установлены системы обнаружения угроз. Также объект надежно охраняется Внутренними войсками МВД России. Таким образом, вероятность подрыва реактора руками террористов является минимальной.

После аварий на Чернобыльской АЭС и «Фукусима-1» на действующих российских атомных станциях был осуществлен комплекс дополнительных исследований о возможности возникновения подобных происшествий, разработаны пути преодоления данных ситуаций и минимизации возможных последствий. Выполнен комплекс работ по модернизации оборудования АЭС, а также обновление системы безопасности [6].

На всех российских АЭС установлены устройства для непрерывного мониторинга радиационной обстановки на территории того или иного объекта – АСКРО, которые состоят из постов радиационного контроля, расположенных в населенных пунктах, центрах сбора и обработки информации (рис. 3) [7]:

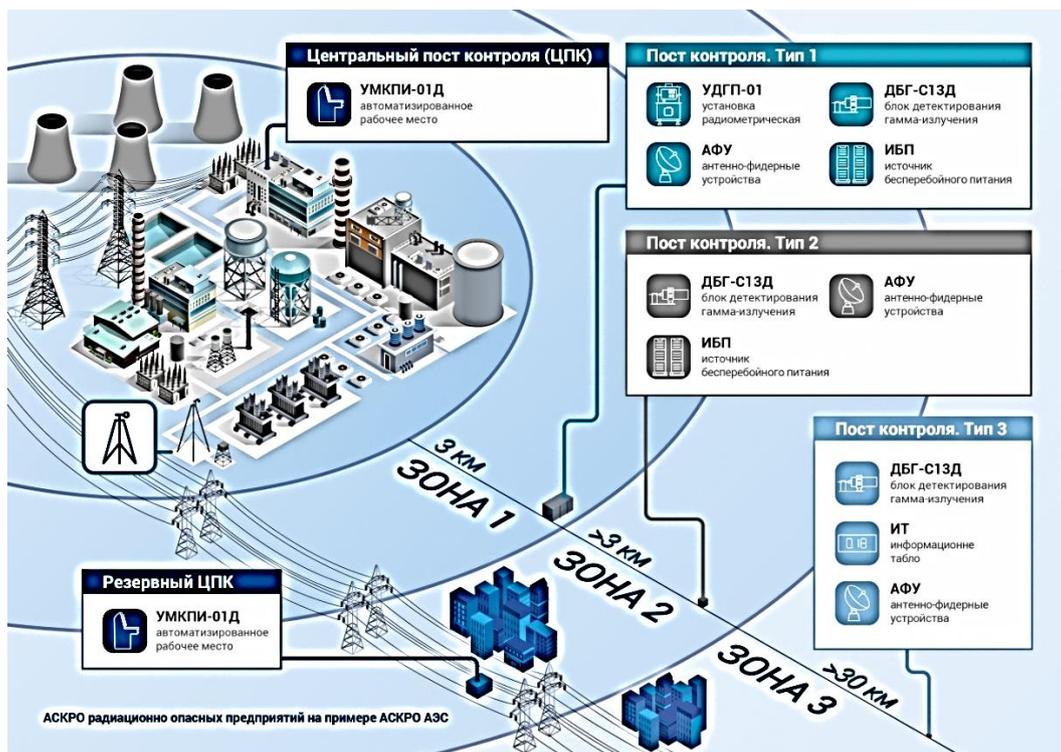


Рис. 3. Автоматическая система контроля радиационной обстановки

Подводя итог, отметим, что внедрение в практику концепции культуры безопасности – это реальный шанс преодолеть «реактивный» (запаздывающий) характер традиционных систем обеспечения безопасности, нередко лишь отвечающих на уже состоявшиеся неприятности.

Литература

1. Федеральный закон «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 01.12.2007 N 317-ФЗ (последняя редакция): [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72969/ (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.
2. Руденко, В. А. Обеспечение высокого уровня культуры безопасности при экспорте ядерных энергетических технологий / В. А. Руденко, Т. С. Попова, Ю. А. Евдошкина // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – № 2(39). – С. 101-109.
3. Системы безопасности АЭС: [сайт]. – URL: <http://www.akkuyu.com/sistemy-bezopasnosti-aes> (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.
4. Росэнергоатом / Безопасность и экология / Безопасность / Обеспечение безопасности АЭС: [сайт]. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/safety_environment/obespechenie-bezopasnosti/bezopasnost-aes/ (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

5. Вдруг с неба упадет самолет: АЭС и устойчивость к внешним угрозам: [сайт]. – URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/aes-i-ustojchivost-k-vneshnim-ugrozam> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст: электронный.

6. Безопасность российских АЭС: [сайт]. – URL: <https://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/safety-russian-npp/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст: электронный.

7. АСКРО: Автоматизированная система контроля радиационной обстановки: [сайт]. – URL: <https://www.doza.ru/catalog/systems/410/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст: электронный.

УДК 620.91

Технология выработки электроэнергии безлопастным ветрогенератором Skybrators

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

Данная статья нацелена на обзор безлопастного ветрогенератора Skybrators - вихревого вибрационного резонансного ветрогенератора, который использует энергию ветра для явления завихренности, называемого вихревым пролитием.

Технологическая стартап-компания Vortex Bladeless из Испании разработала метод выработки возобновляемой электроэнергии при помощи ветрогенераторов Skybrators, лишённых лопастей. На рис. 1 представлена конструкция ветрогенератора Skybrators [1].

Конструкция ветрового устройства сильно отличается от обычного ветряка. Вместо привычной башни с лопастями есть только мачта из очень прочных и легких материалов.

Верхняя часть цилиндра не ограничена и имеет максимальную амплитуду колебаний. Верхняя часть стержня поддерживает мачту, а нижняя прочно закреплена на земле. Стержень выполнен из армированного углеродным волокном полимера, который

обеспечивает большую усталостную стойкость и имеет минимальную утечку энергии при колебаниях.

Естественно, конструкция такой ветротурбины сильно отличается от конструкции традиционной турбины. Вместо обычной башни, гондолы и лопастей данное устройство имеет только мачту из легких материалов.

Внешний столб вибрирует от силы ветра, без ограничений в амплитуде. Его основание прочно зафиксировано в земле блоком в форме цилиндра. Устройство собрано с использованием смол, укрепленных углеродом и стекловолокном. Это обеспечивает высокую прочность без потери КПД.

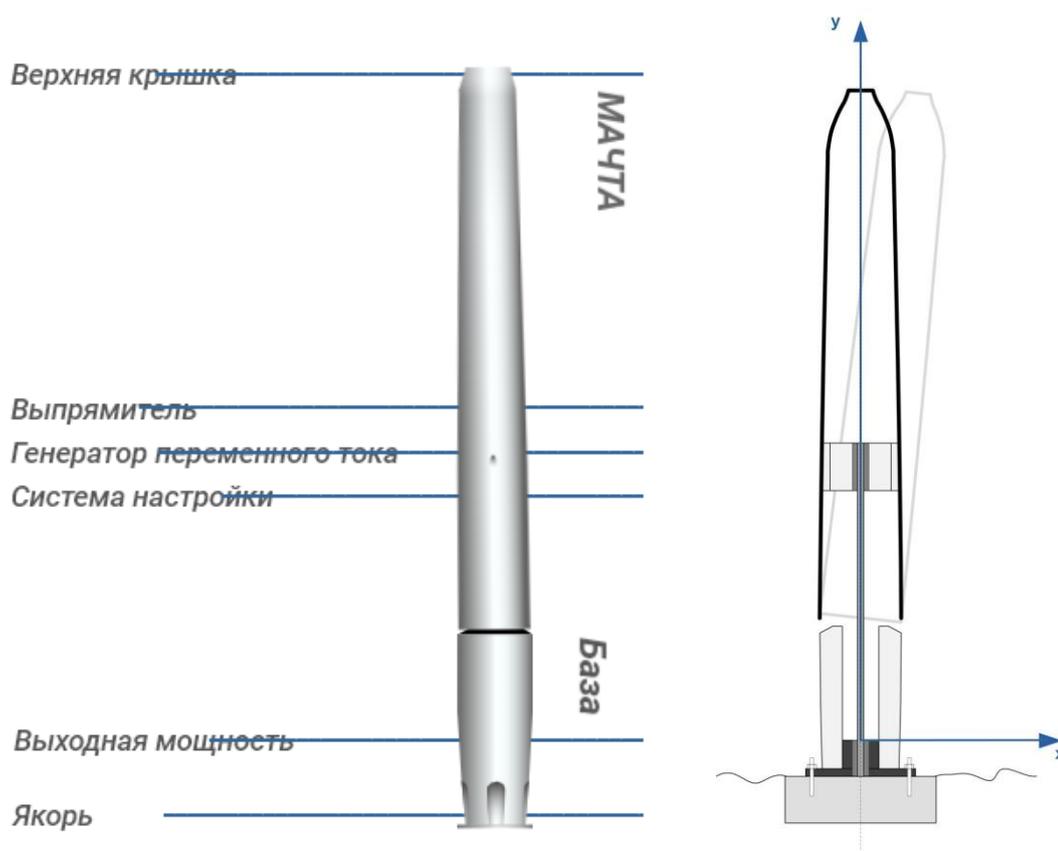


Рис. 1. Конструкция ветрогенератора Skybrators

Такая конструкция снижает издержки на производство и упрощает монтаж. Со стороны они отчасти напоминают автомобильную игрушку в виде собаки с качающейся головой: «турбина» едва заметно покачивается из стороны в сторону. В действительности же генерирование электроэнергии происходит за счёт аэродинамического эффекта вихреобразования. Устройство улавливает энергию ветра благодаря аэродинамике вихревого потока. При прохождении ветра через мачту столба поток видоизменяется в круговые вихри. Как только их частота становится ближе к

частоте мачты, столб начинает колебаться и взаимодействовать с ветром. Данное явление называется Вихревая Индуцированная Вибрация (ВИВ).

Вихрь генерирует электричество через систему генератора переменного тока, изготовленную из катушек и магнитов, адаптированную к динамике вихря, без шестерен, валов или каких-либо вращающихся частей.

Распространенные лопастные турбины должны поддерживать очень разные уровни нагрузки при переменных скоростях ветра, что предъявляет высокие механические требования к передающим компонентам, таким как шестерни, подшипники, втулки или тормоза. Несколько движущихся частей постоянно изнашиваются, что приводит к высоким затратам на техническое обслуживание.

В конструкции Vortex полностью отсутствуют механические элементы, которые могут изнашиваться от трения, что, согласно оценкам, позволит сократить эксплуатационные расходы на 53 % по сравнению с традиционными турбинами, исключив необходимость замены масла или большинства механических частей, требующейся многолопастным ветряным турбинам на протяжении 20-летнего срока их службы.

Конечно же, Vortex не застрахована от усталости. Ветер может вызывать смещение и скручивание элементов структуры, прежде всего эластичной штанги, в особенности в нижней ее части, противостоящей наибольшим силам. Однако проведенные компанией исследования подтвердили, что нагрузки, испытываемые штангой, далеки от предельно допустимых режимов основного строительного материала генератора – углеродного волокна. Компьютерное моделирование показывает, что срок службы установки будет находиться в диапазоне между 32 и 96 годами.

Skybrators могут восполнить пробелы ветроэнергетики, недоступные гигантам с лопастями. К примеру, подобные безлопастные устройства смогут преобразовывать энергию ветра в непосредственной близости от жилых зон, где размещение целой ветровой фермы не представляется возможным, а малое количество турбин будет неэффективным. Безлопастные ветрогенераторы отлично уживутся в нише мелкомасштабных электростанций, которые обеспечивают энергией домашние хозяйства и небольшие производства [2].

Главные достоинства технологии – уменьшение влияния ветроэнергетики на окружающую среду, минимальное изменение внешнего вида места установки подобных ветрогенераторов и сокращение расходов на их обслуживание. Имеющийся дизайн рассчитан на производство небольших объёмов электроэнергии, однако в будущем

Vortex Bladeless также планируют создать промышленный вариант ветрогенераторов Skybrators высотой до 140 метров с энергетической мощностью до 1 мегаватта.

Авторы проекта уверены, что для частных домовладений будет достаточно небольших ветрогенераторов Mini высотой в 12,5 метров на номинальную мощность в 4 кВт, а основу крупных ветряных электростанций составят разрабатываемые модели Gran на 1 МВт каждый. Еще на начальном этапе исследований, в 2012 году, европейские инвесторы вложили в Vortex Bladeless порядка 1000000 евро, и по сей день проект представляется очень перспективным.

Существует еще один отличительный признак, дающий Vortex конкурентное преимущество над другими установками. Благодаря тому, что генератор (и центр тяжести) находятся ближе к земле, Vortex упрощает процедуры монтажа, использования и технического обслуживания. В противоположность этому типичная гондола обычного ветрогенератора устанавливается более чем в 80 метрах над поверхностью земли.

Литература

1. Хабр: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/post/549528/> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст: электронный.
2. Харченко, П. А. Перспективы ветроэнергетики / П. А. Харченко // Синергия наук. – 2018. – № 24. – С. 673-681.

УДК 004.896

Информационное обеспечение интеллектуальных контроллеров

Князев Александр Алексеевич, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

В статье рассмотрены особенности информационного обеспечения, основные принципы работы интеллектуальных контроллеров, приведен пример программирования интеллектуального контроллера.

В настоящее время современные промышленные предприятия требуют гибкого и быстрого замещения перечня производимой продукции, поэтому невозможно обойтись без единой системы автоматизации производства с использованием цифровых вычислительных средств. Вычислительная техника предоставляет возможность анализа текущей ситуации в ходе технологического процесса и позволяет реализовать выполнение большого объема вычислений.

Особенностью цифровых вычислительных средств является наличие программного обеспечения. Смена программы позволяет без замены вычислительного устройства значительно ускорить выпуск новых изделий и их поэтапное внедрение в производство, что добавляет гибкости производственным процессам.

Результатом накопления многолетнего опыта в области создания вычислительных средств стало появление класса интеллектуальных контроллеров, предназначенных для управления технологическими процессами.

Интеллектуальные контроллеры делятся на две основные группы:

- устройства узкой специализации способны решать определенный класс задач управления в конкретной области применения;
- устройства широкой специализации не привязаны к виду решаемых задач и к области применения.

Интеллектуальный контроллер – микропроцессорное устройство, исполняющее команды управления. Основное назначение контроллера – сбор, преобразование, обработка и хранение информации. Это устройство состоит из следующих частей:

- входы и выходы, к которым подключаются аппаратные модули или внешние устройства;
- программное обеспечение, позволяющее настраивать устройство;
- собственный источник питания, центральный процессор и внутренняя шина.

Принцип работы интеллектуального контроллера в виде блок-схемы представлен на рис. 1.

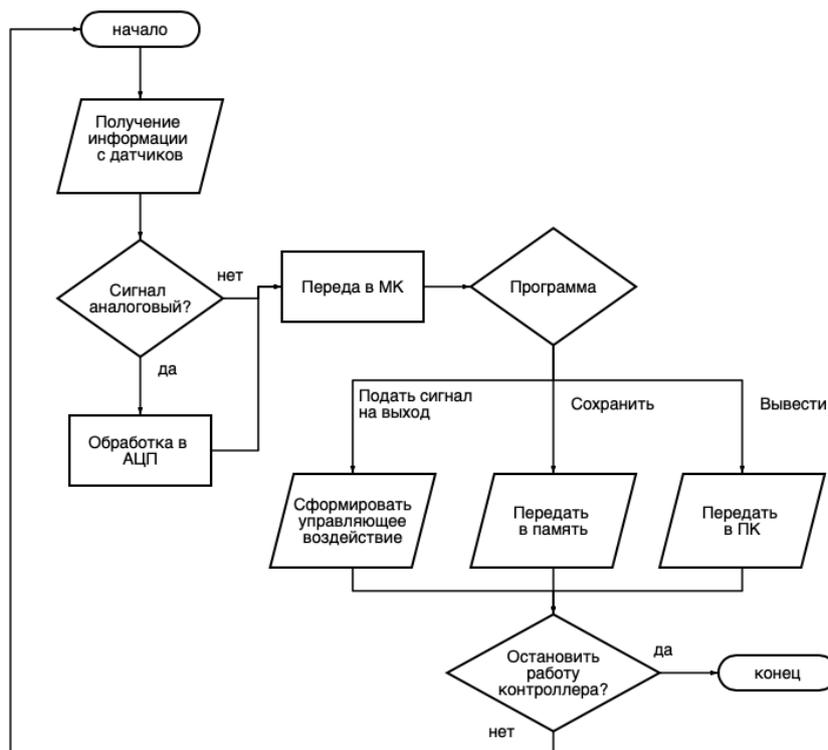


Рис. 1. Принцип работы интеллектуального контроллера

Программирование интеллектуальных контроллеров осуществляется с помощью специализированных комплексов: ISaGRAF от компании Rockwell Automation, L-LOGICAD от компании LOYTEC electronics, LOGO! Soft Comfort от компании Siemens, ClassicLadder от компании Marc de Douarain и др.

Одним из популярных программных комплексов является CoDeSys, распространяемый компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH. CoDeSys стал доминировать среди конкурентов благодаря использованию 6 языков программирования и внешних библиотек, а также возможности программирования контроллеров разных производителей. Языковой пакет CoDeSys включает в себя:

- Ladder Diagram – графический язык релейных схем;
- Function Block Diagram – графический язык функциональных блоков;
- Continuous Function Chart – графический язык функциональных схем;
- Sequential Function Chart – графический язык диаграмм состояний;
- Structured Text – текстовый паскалеподобный язык;
- Instruction List – текстовый ассемблероподобный язык.

Среда разработки, в свою очередь, делится на компилятор и ядро, которое загружается разработчиками при производстве. Для программирования необходимо иметь среду разработки и специальные файлы для конкретной модели контроллера.

Рабочее окно среды разработки также имеет свои особенности и делится на три основные области:

- редактор переменных – позволяет вводить переменные, а также присваивать им любые типы данных;
- дерево объектов – в данной области размещаются функции, подпрограммы, библиотеки и т. п.;
- редактор программы – в этом окне пишется код программы на выбранном языке программирования.

Первый этап программирования начинается с настройки аппаратных модулей и внешних устройств. Второй этап программирования связан с физическим подключением модулей к интеллектуальному контроллеру. Третий этап – программирование интеллектуального контроллера [2].

Программирование интеллектуального контроллера можно рассмотреть на примере управления работой электродвигателя. Электрическая схема установки представлена на рис. 2.

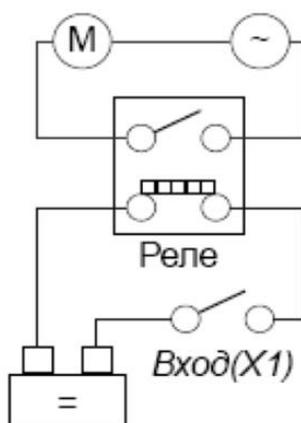


Рис. 2. Электрическая схема установки

Вначале необходимо преобразовать аппаратные модули (выключатель, реле, электродвигатель и т. д.) в символы, понятные контроллеру, для понимания текущего состояния устройств. Присваиваем источнику питания символ (для графического языка релейных схем – две параллельные прямые со знаками «+» и «-»), затем заменяем символами входы (X1 и X2) и выход (Y1).

Все вычисления в контроллере выполняются с помощью циклов, то есть многократного выполнения определенных действий с заданными параметрами. В начале цикла или в

конце указывается условие, при котором происходит многократное повторение действий, а внутри цикла находится тело цикла – команды.

На рис. 3 представлен пример программы для интеллектуального контроллера.

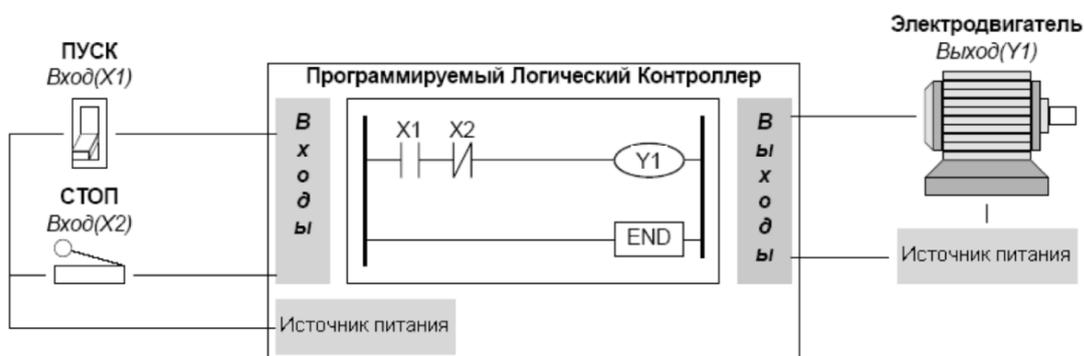


Рис. 3. Пример программы для интеллектуального контроллера

Необходимо отметить, что применение интеллектуальных контроллеров на промышленных предприятиях значительно изменяет проектирование систем управления в целом. Специалистам в области автоматики и систем управления достаточно изучить особенности информационного обеспечения и основные принципы построения и работы программируемых контроллеров.

Литература

1. Сиротский, А. А. Микропроцессорные программируемые логические контроллеры в системах автоматизации и управления: учебное пособие / А. А. Сиротский. – М.: Спутник, 2013. – 170 с.
2. Кульчавеня, М. П. Основы программирования ПЛК / М. П. Кульчавеня. – М.: Нобель Пресс, 2012. – 158 с.
3. Лившиц, Ю. Е. Программируемые логические контроллеры для управления технологическими процессами / Ю. Е. Лившиц, В. И. Лакин, Ю. И. Монич. – Минск: БНТУ, 2014. – Ч. 1. – 206 с.

**Проблематика перехода от проектов автоматизации к проектам цифровизации
крупных промышленных предприятий**

Князькин Владимир Викторович, заместитель главного инженера
по производственно-техническому обеспечению и качеству
Филиал акционерного общества «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция»

В данной статье рассматриваются проблемы развития информационных систем крупных промышленных предприятий, типовые архитектурные решения и проблемы роста в ретроспективе 20 лет. В качестве возможного решения проблемы разрыва единого пространства накопленных данных предлагается решение по применению технологий ИИ с объединением данных разнородных информационных систем предприятия в единый дата-сет. Приведен пример создаваемой на Балаковской атомной станции информационной системы, использующей данные минимум трех информационных систем для прогнозирования риска нарушения правил охраны труда.

Проекты информатизации и автоматизации производственных процессов начали активно охватывать промышленный сектор с конца 1980-х годов. Зачастую внедрение автоматизации производства шло несвязанными параллельными направлениями: автоматизация функций экономического блока предприятия (расчет заработной платы, бухгалтерия, закупки) и внедрение автоматизации на производственной площадке в формате автоматизированных линий и станков с ЧПУ. Развитие технологий и применяемые технические и организационные решения эволюционировали на протяжении более чем 40 лет, сменяя друг друга. При этом традиционно две ветки развития автоматизации не пересекались. С начала 90-х годов начался переход от архитектуры «большой машины» (СМ ЭВМ, ЕС ЭВМ и др.) к построению клиент-серверной архитектуры на базе локальных вычислительных сетей и персональных компьютеров. В этот же период поднимается вопрос интеграции разрозненных информационных систем на уровне данных. С увеличением мощности и повышением доступности сетевого оборудования для малых и средних предприятий, а также в связи с массовым оснащением крупных предприятий серверным и сетевым оборудованием, повышением производительности персональных ЭВМ начинается эра распределенных и корпоративных (в том числе на уровне интеграции данных и систем развернутой филиальной структуры) информационных систем. Однако все эти этапы развития были направлены на автоматизацию рутинных операций и накопление данных в СУБД предприятий. И, несмотря на, казалось бы, качественный скачок в производительности

систем, развитие автоматизированных систем предприятия шло по тем же традиционным направлениям, очень слабо интегрированным друг с другом. Повышение уровня автоматизации производственных процессов, переход от станков с ЧПУ и автоматизированных линий к управляемым системам, необходимость оперативного отражения затрат в производственных потоках в информационных системах экономического блока в этот период способствует формированию запроса руководства промышленных предприятий к разработчикам о создании интеграционных потоков между двумя направлениями развития автоматизации – между экономикой и производством.

Как уже говорилось ранее, с переходом от архитектуры «большой машины» к распределенной клиент-серверной архитектуре и переходом на операционные системы семейства MS Windows возникла необходимость разработки ИТ-проектов на новых платформах, перехода на новые технологии при создании информационных систем. В дополнение к этому в 2000-х годах активно развивались вычислительные мощности персональных компьютеров и серверов. Это приводило к тому, что развитие информационных систем шло ступенчато от проекта к проекту.

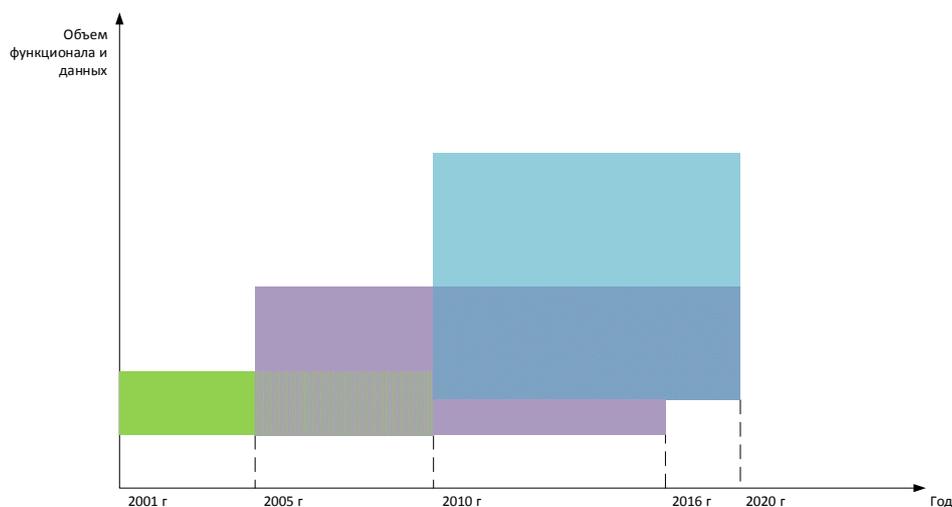


Рис. 1. Внедрение информационной системы управления предприятием на базе SAP ERP

На рис. 1 показан пример развития информационной системы крупного промышленного предприятия. На диаграмме видно, что в 2001 году был определен контур внедрения информационной системы, которая в течение 5 лет была разработана и внедрена в промышленную эксплуатацию. При этом процесс разработки занял 3 года, 2 года велась эксплуатация и производились доработки в рамках эксплуатации (реализовывались запросы на изменения). Это был пилотный проект уровня предприятия. В 2004 году было принято решение о внедрении информационной системы

с аналогичным функционалом, расширенным до уровня корпоративной системы, в которую должны были в перспективе быть подключены 10 филиалов. Платформа была выбрана та же (что в жизни зачастую бывает редко, т.к. средства разработки активно развиваются), но предполагалось дополнить систему частью функционала по управлению производственными процессами. Процесс разработки занял также 3 года, еще один год понадобился для доработки по запросам на изменения, и в 2010 году система была внедрена в промышленную эксплуатацию. Здесь важно отметить, что на протяжении всего цикла разработки и опытной эксплуатации велась работа в исторической системе, таким образом, на персонал предприятия была возложена двойная нагрузка по параллельному вводу информации в 2 аналогичные системы и сверке получаемых в результате расчетов данных. В 2010 году управляющая компания принимает решение о переходе на новую корпоративную систему, охватывающую еще больший объем функционала и вбирающую в себя часть функционала предыдущей системы, добавляющую новый функционал и объем данных. Цикл повторяется снова, однако сроки разработки увеличиваются, часть исторического функционала выпадает из охвата проекта и реализуется в других смежных корпоративных системах, либо старая система остается частично в эксплуатации [1].

Такой подход наглядно показывает, что в период становления корпоративных информационных систем предприятия несут значительные финансовые затраты на внедрение информационных систем корпоративного уровня, при этом затраты на внедрение исторических систем не принимаются во внимание, а по сути являются прямыми потерями.

Помимо частного случая развития информационной системы предприятия, представленного выше, на многообразие ИТ-систем влияют как внутренние факторы (наличие на рынке труда специалистов определенных компетенций, доступность средств разработки и СУБД, возможность применения лицензионных СУБД и средств разработки, требования по импортонезависимости), так и внешние факторы (требование головной организации или управляющей компании по использованию корпоративных информационных систем, требования по взаимодействию с компаниями-партнерами, банками и т. д.). При этом встречаются уникальные решения, при которых удачно выбранная платформа и подобранная команда профессионалов на отдельных предприятиях создают объединенную информационную систему, которая основывается на единой платформе, имеет в основе одну СУБД, поддерживается единой командой разработчиков. Наиболее часто у подобных систем встречается существенный недостаток: невозможность масштабирования системы. Особенно часто это случается с

многономенклатурными производствами: предприятиями машиностроения, химической промышленности, оборонно-промышленного комплекса. Также при вынужденном переходе на информационные системы корпоративного уровня в переходный период у персонала возникают существенные трудности с освоением нового интерфейса и функций корпоративной системы.

Если рассматривать переход от «старой» системы к «новой», то наряду со сложностями перехода пользователей от одной системы к другой возникают серьезные проблемы сохранения исторических данных «старой» системы, а также полноценная миграция данных в «новую» систему, обогащение дополнительными данными исторических данных. Этим аспектам эволюционного развития при внедрении корпоративных систем следует уделять отдельное пристальное внимание. Так, при внедрении системы управления производственными процессами в крупной филиальной структуре внедрение корпоративной системы проходило в 2 этапа (5 предприятий «первой волны» и 5 предприятий «второй волны») с разницей в 1 год, что привело к вынужденной «дозагрузке» данных, накопленных за годовой «разрыв» в миграции на предприятиях «второй волны». Такие решения в некоторой степени увеличивают стоимость внедрения, но являются необходимыми для успешности внедрения целевой корпоративной информационной системы.

В настоящее время на промышленных предприятиях в эксплуатации находятся информационные системы, созданные после 2010 года, накопившие опыт и данные из исторических систем, дополненные расширенным набором параметров. В качестве основы систем используются в основном СУБД Oracle различных версий, Microsoft SQL, MySQL, Postgree, реже встречаются решения на DB2 для решений на базе продуктов IBM. В настоящий момент остро встает вопрос создания импортонезависимых решений. В качестве основы бизнес-логики используются решения различных производителей, включая Российские решения 1С, Битрикс, а также иностранные решения на базе SAP, IBM и EMC Documentum.

Следует отметить, что если в малом и среднем бизнесе как заказчике ИТ-решений зачастую в качестве основы используется решение 1С, то крупный корпоративный заказчик имеет в своем наборе множество решений от различных производителей. На многообразие используемых технических и ИТ-решений влияет исторический опыт автоматизации, рост количества автоматизируемых задач и процессов, изменения на рынке труда (смена команды ИТ-специалистов), реструктуризация компаний.

Таким образом, современное промышленное предприятие сталкивается с проблемой наличия 3 - 5 платформ со сложной, а зачастую отсутствующей системой

интеграции. В качестве дополнения зачастую используется до двух десятков локальных задач, не интегрированных с единой информационной системой и сопровождаемых как собственным персоналом предприятия, так и сервисными организациями.

На фоне существующего ИТ-ландшафта у предприятия возникают проблемы и задачи по автоматизации и цифровизации, которые невозможно решить существующими информационными системами, либо для решения поставленной задачи необходимы дорогостоящие разработки, частично замещающие функционал существующих. Такой подход приводит к значительным затратам предприятия-заказчика, так как приходится разрабатывать информационные системы, замещающие исторические, как в примере выше.

На фоне активно развивающихся систем предиктивной аналитики, использования ИИ и нейросетей возникает новая потребность, продиктованная временем – переход от автоматизации существующих устоявшихся бизнес-процессов к цифровизации производства.

В чем же главное отличие автоматизации от цифровизации? Исторически сложившиеся подходы к разработке информационных систем требуют от информационных систем ускорения и исключения рутинных операций и ручного труда в существующих, документированных процессах предприятия. Например, расчеты заработной платы, формирование отчетов, учет товарно-материальных ценностей, планирование работ и др. При этом сами бизнес-процессы не меняются, а меняется информационная система под требования бизнеса. Современные же технологии позволяют не только автоматизировать рутинные операции, но и на основе исторических данных и оперативных данных прогнозировать ситуацию и предлагать решения для устранения нежелательных рисков. В этом и есть ключевое отличие автоматизации от цифровизации, цифровизация позволяет менять бизнес-процессы, и это является результатом внедрения ИТ-решений. В качестве такого примера можно рассмотреть перспективный проект, инициируемый на Балаковской АЭС.

Рассмотрим предпосылки создания системы. На современном промышленном производстве остро встает вопрос по повышению уровня безопасности персонала. В частности, одним из наиболее часто встречающихся видов нарушений, которые приводят к несчастным случаям, являются электротравмы, полученные из-за нарушений требований норм и правил охраны труда. Необходимо осуществление контроля недопущения возможности исполнителю приступить к выполнению работ без необходимой квалификации, надлежащего инструктажа, без прохождения специализированного обучения и при наличии противопоказаний и ограничений по

состоянию здоровья. Анализ совокупности данных по каждому сотруднику является трудоемкой задачей, при этом данный анализ невозможно провести, если сотрудник не допускался до проведения работ и на него не оформлялось наряда-допуска.

На протяжении последних 10 лет на современных промышленных предприятиях активно внедрялись информационные системы, направленные на автоматизацию оформления нарядов-допусков. Информационные системы, обрабатывающие данные о прохождении каждым сотрудником медицинского осмотра, учитывающие прохождения обучения и курсов повышения квалификации, дозовые нагрузки на персонал, работающий в условиях повышенного радиационного фона, уже более 10 лет эксплуатируются на предприятиях, тем более с учетом перехода на электронные трудовые книжки. На Балаковской АЭС уже 3 года эксплуатируется автоматизированная система управления техническим обслуживанием и ремонтом, которая обеспечивает автоматизацию оформления нарядов-допусков и имеет глубокую интеграцию с другими информационными системами предприятия. Объем оформляемых документов достаточно велик, например только на Балаковской АЭС за 2021 год оформлено 37668 наряд-допусков и распоряжений, из них 23305 – для работы на электроустановках.

Таким образом, на предприятии существует массив информации, который позволит при его анализе и ассоциации с работником сделать вывод о правомочности допуска работника на конкретное рабочее место с учетом требований по безопасности. При использовании современных систем идентификации человека по лицу и с учетом требований федеральных законов, регламентирующих применение биометрии и регулирующих защиту персональных данных, а также технологии искусственного интеллекта и нейросетей, возможно создание системы, которая должна иметь интеграцию с эксплуатируемыми на предприятии информационными системами по учету персональных данных, по управлению нарядно-допускной системой и другими информационными системами предприятия, способна предвидеть и прогнозировать риск возникновения несчастного случая при совокупности условий. Система должна иметь возможность моделировать алгоритмы принятия решений вручную, а также предвидеть возможные риски на основе анализа большого объема наработанных за десятилетия исторических данных.

Создаваемая система должна состоять из двух модулей:

1. Модуль-видеосенсор, выполняющий функцию детектирования и считывания лица работника, а также функцию математического преобразования, чтобы исключить серверную обработку и хранение персонифицированной биометрической информации, модуль должен иметь как возможность считать лицо работника, так и

возможность голосового оповещения и интеграции с локальной СКУД, если в конкретном локальном случае используются электронные замки при входе в категорированные помещения предприятия.

2. Сервер, который обрабатывает полученные с модулей-видеосенсоров закодированные цифровые образы, запускает алгоритмы анализа данных из эксплуатируемых на предприятии информационных систем, чтобы при помощи ИИ определить вероятность возникновения риска несчастного случая и инициирующий выполнение сценариев, заложенных в логику системы, а именно: открытие замка двери, оповещение инспекционных служб и другие возможные сценарии развития событий.

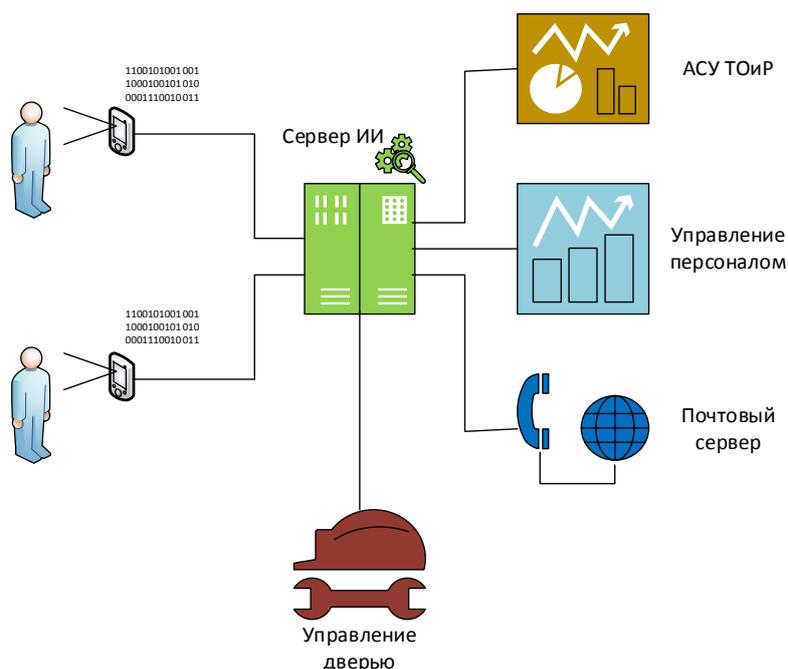


Рис. 2. Структура информационной системы

На рис. 2 показана обобщенная структура создаваемой системы. Важно, что система не дублирует данные информационных систем, с которыми взаимодействует сервер ИИ, а использует их для анализа и последующего принятия решения и запуска соответствующего сценария.

Конечная цель проекта – создать систему, позволяющую:

- идентифицировать работника по лицу, в том числе, если на нем надеты СИЗ;
- исключить хранение в системе биометрической информации;
- определить полномочия доступа работника в помещение на основе данных из используемых на предприятии систем управления производством;
- на основе полученных данных открыть или заблокировать доступ в соответствующее помещение, оперативно оповестить службу охраны труда и промышленной безопасности, а также оперативные службы физической защиты.

Информационная система, описанная выше, является примером, который показывает возможное будущее развитие цифровизации промышленных предприятий: использовать накапливаемые эксплуатируемыми системами данные, получать доступ ко всему массиву информации, с использованием технологий нейросетей и искусственного интеллекта выявлять проблемные зоны и сигнализировать, а в перспективе и запускать исполнительные механизмы, направленные на повышение безопасности, повышение эффективности производства, снижение расходов энергоресурсов. Крайне важно, чтобы весь массив информации, содержащий накопленные за годы данные как о финансах, так и о технологических параметрах работы оборудования, был доступен подобного рода системам. Мы, таким образом, формируем проверенные на практике дата-сети, столь необходимые для обучения ИИ. При этом уже сейчас, например, в АО «Концерн Росэнергоатом» не только существует программное обеспечение, позволяющее формировать проверенные дата-сети, но и есть непосредственно фактура этих дата-сетей, готовая для использования.

На основе исторического опыта развития информационных систем управления предприятием можно сделать вывод, что при построении общей информационной модели предприятия в процессе автоматизации и последующей цифровизации следует стремиться к укрупнению набора автоматизируемых бизнес-задач вокруг единой базы данных, а если это не применимо, то следует ограничиться минимальным количеством поддерживаемых платформ. При этом новый виток проектов по информатизации и цифровизации следует фокусировать не вокруг создания «новой» и «лучшей» системы, охватывающей большее количество процессов и вбирающей большее количество данных, а стремиться сохранить существующее информационное поле, создать из него дата-сет, проверенный временем, а затем работать над системами помощи принятия решений на базе ИИ. Однако при использовании ИИ необходим глубокий анализ уровня доверия системам на базе ИИ, дабы избежать ошибочных действий, которые повлекут ущерб для производства и сотрудников предприятия.

Литература

1. Национальная программа Цифровая экономика Российской Федерации: [сайт]. – URL: <https://www.tadviser.ru> > index.php (дата обращения: 02.04.2022). – Текст: электронный.

Кавитационная эрозия в местных сопротивлениях теплообменной аппаратуры

¹Кожевников Дмитрий Александрович, ведущий инженер ОЯБиН;

¹Кожевникова Евгения Константиновна, инженер по техническому надзору ХЦ;

²Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Атомная энергетика»

¹Филиал акционерного общества «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция», г. Балаково;

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

В настоящее время нет единой классификации и терминологии по кавитационным явлениям, происходящим в различных гидравлических устройствах, в том числе и в местных сопротивлениях. Это объясняется тем, что исследователи пользовались различными методами наблюдения кавитации и проводили эксперименты в резко отличающихся условиях. В результате возникли разные определения одного и того же вида кавитации.

Ниже на основании анализа существующих определений сделана попытка классифицировать различные виды кавитации, наблюдаемые при течении жидкости в местных сопротивлениях.

Кавитационные процессы приводят к разрушению поверхностей, контактирующих с движущейся жидкостью, после чего требуется ремонт оборудования. Наиболее часто это явление проявляется в местных сопротивлениях гидравлического и теплообменного оборудования, что вызывает необходимость борьбы с этим явлением.

Типы кавитации.

В зависимости от пограничной геометрии потока кавитационные явления в местных сопротивлениях могут быть подразделены на два основных типа – профильную (или поверхностную) и срывную (или отрывную).

Профильная кавитация наблюдается на поверхностях элементов местных сопротивлений, которые хорошо обтекаются набегающим потоком жидкости. Возникает она в основном из ядер кавитации, находящихся на твердых стенках. Развившиеся на поверхности обтекаемого элемента каверны схлопываются на самом элементе или сразу за ним. Этот вид кавитации обычно имеет место в трубах, водомерных устройствах типа трубы Вентуры, коноидальных насадках, каналах рабочих участков гидравлических машин, охлаждающих системах ДВС и других устройствах.

Срывная кавитация образуется в завихрениях потока жидкости на плохо обтекаемых элементах гидравлических устройств. В этом случае кавитация может развиваться из ядер (зародышей), находящихся как в твердой стенке, так и в самом потоке. Срывная кавитация может иметь место на границе затопленной струи, вытекающей из отверстия с большой скоростью, или на границе раздела между потоками, движущимися в различных направлениях.

В сложных местных сопротивлениях (запорные и регулирующие органы) одновременно могут существовать и профильная, и срывная кавитации, влияя друг на друга и создавая специфические типы кавитации.

Виды кавитации.

Как профильная, так и срывная кавитации могут иметь различные формы кавитационных каверн (или просто формы кавитации) в зависимости от геометрии обтекаемого элемента и параметров течения.

Исследования показывают, что профильная кавитация в основном имеет три формы – пузырьковую, пленочную и так называемую эшелонную, а срывная кавитация – вихревую форму.

Пузырьковая форма кавитации проявляется тем, что происходит последовательно: рост, сокращение и схлопывание почти сферических каверн, движущихся по разнообразным траекториям через зону пониженного давления. Эта форма кавитации возникает в тех случаях, если в зоне разрежения имеет место выровненная эпюра распределения давления без резких градиентов давления и без разрежения на входной кромке элемента.

Пленочная (слоистая) форма кавитации проявляется как неподвижная каверна, имеющая вид тонкого слоя по периметру сжатого сечения в элементе местного сопротивления, например трубы Вентура. Поверхность каверны прозрачная. Хвостовая часть каверны непрерывно пульсирует, частично отрывается и уносится вместе с потоком.

Эшелонная (или присоединенная) форма кавитации представляет собой череду следующих друг за другом сферических каверн, которые взрываются и схлопываются, имея почти сферические формы. Эти каверны движутся по одной траектории, начинающейся в некоторой неподвижной точке тела. Эти каверны образуют в среднем стационарную по отношению к телу кавитационную область конической формы в передней ее части.

Вихревая форма кавитации представляет собой отдельные вихри, которые движутся вместе с потоком. На осях вихрей возникают и развиваются кавитационные

каверны, которые при этом не прилегают к поверхности элемента, обтекаемого потоком жидкости.

Выше приведены лишь некоторые формы кавитации, которые могут иметь место при обтекании потоком отдельных элементов гидравлических устройств.

В различных типах местных сопротивлений возможно существование и других форм кавитации, которые в настоящее время изучены недостаточно.

Кавитация и суперкавитация.

Выше было показано, что в зависимости от геометрии обтекаемого элемента и режимов течения кавитационная каверна может иметь различную форму и протяженность, а также схлопывается как на самом элементе, так и за ним.

В тех случаях, когда каверна независимо от формы и длины схлопывается на самом обтекаемом элементе или в пределах данного местного сопротивления, имеет место обычное кавитационное течение. Оно характеризуется тем, что возникшие в области пониженного давления мельчайшие пузырьки или каверны, наполненные газом или парами жидкости, схлопываются с шумом, как только течение выносит их снова в область повышенного давления. Этот режим кавитации наиболее опасен для нормальной работы гидравлических устройств и систем, так как в результате схлопывания каверн возникают вибрации и шумы, значительно увеличиваются потери энергии, а поверхности твердых тел подвергаются эрозионному разрушению [4].

В дальнейшем описанный выше вид течения будем называть кратко – кавитацией. Если же образовавшиеся в области пониженного давления пузырьки, заполненные газом и паром, сливаются в общую полость, представляющую собой каверну больших размеров (суперкаверна), которая распространяется далее по течению на расстояние, в несколько раз превышающее размеры местного сопротивления, то такой вид течения назовем суперкавитацией.

В зависимости от величины давления за местным сопротивлением суперкаверна может заканчиваться в каком-либо месте трубопровода или гидравлической системы либо вовсе не заканчивается, а продолжается далее по течению. Последнее может иметь место в тех случаях, когда давление в системе за местным сопротивлением близко к давлению в каверне, что часто наблюдается при течении через местное сопротивление жидкостей, нагретых до температуры, близкой к температуре насыщенных паров. В этом случае за местным сопротивлением не ожидается течение двухфазного (парогазожидкостного) потока без последующей конденсации.

При суперкавитационном течении шумы и вибрации значительно ослабляются, а эрозия в самом местном сопротивлении практически отсутствует. Она может

наблюдаться в каком-либо месте гидравлической системы, где заканчивается суперкаверна.

Газовая и паровая кавитации.

На возникновение кавитации влияет большое количество факторов, и все факторы влияют главным образом на величину критического давления кавитации $P_{кав}$, при котором в жидкости образуются разрывы сплошности, при этом точное определение значения $P_{кав}$ сопряжено с большими трудностями. Однако результаты многочисленных исследований показывают, что фактические (реальные) значения критического давления $P_{кав}$ часто близки к давлению насыщенных паров жидкости, несмотря на то, что в исходном состоянии в жидкости всегда имеются зародышевые пузырьки. Это обстоятельство позволяет считать, что каверны (хотя бы зародышевые) существуют всегда, включая исходное состояние жидкости. Под действием любого изменения внешнего давления (и даже без такого изменения) эти зародышевые каверны изменяют свои размеры, что делает неопределенным само понятие кавитации. Неопределенность в данном вопросе была несколько развеяна после того, как было сделано четкое разделение явлений газовой и паровой кавитации, а также выявлены условия существования так называемой ложной кавитации.

Термином паровая кавитация в настоящее время принято обозначать кавитационные процессы, связанные с резким ростом и схлопыванием каверны под воздействием потери устойчивости равновесия зародышевого пузыря.

Газовая кавитация – это процесс медленного роста пузырьков, сопровождающийся диффузией газа из раствора.

Ложная кавитация (псевдокавитация) – это процесс с равновесным изменением размеров пузырька, когда влияние диффузии газа в каверну пренебрежимо мало.

Классификация этих понятий может быть осуществлена путем анализа уравнений единичного пузырька. Справедливость такого подхода подтверждается исследованиями динамики зародышей пузырьков, показавшими, что динамические условия приводят к несущественным искажениям по сравнению со статическими для реального диапазона изменения длительности воздействия пониженного давления.

На рис. 1 в системе координат «давление – относительный размер зародышевого пузыря» показаны области паровой, газовой и ложной кавитаций для различных соотношений параметров:

$$K = (2\sigma/R_0) / (P_0 - P_n) \text{ и } K = P_r / (P_0 - P_n), \quad (1)$$

где R_0 – исходный радиус пузырька; P_0 – исходное давление внешнее; P_r – давление насыщенного раствора газа.

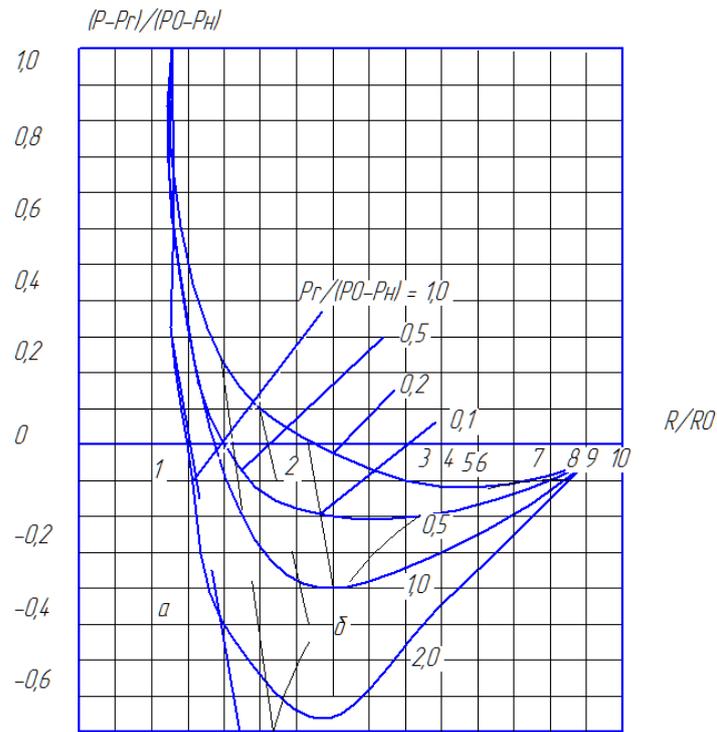


Рис. 1. Статическое изменение радиуса газового пузырька с изменением давления

В области *a* зародышевые пузырьки при падении давления претерпевают устойчивые изменения размеров: сначала ложная, затем газовая кавитация. При ложной кавитации газовые пузырьки больших размеров могут значительно увеличиться (в определенных условиях в 9 - 10 раз) даже при давлениях, превышающих давление насыщенных паров P_H . Ложная кавитация не вызывает кавитационной эрозии, так как высокая скорость захлопывания пузырьков не связана с устойчивым состоянием пузырьков, наполненных газом. Однако само присутствие явления ложной кавитации может влиять на гидродинамические характеристики потока. Кроме того, ложная кавитация ошибочно может быть принята за действительную кавитацию.

Паровая кавитация возникает лишь при переходе пузырьков за границу устойчивости в области *б*. Соответственно, могут быть определены давления, при которых возникает газовая и паровая кавитации:

$$P_{\text{кав.г}} = P_{\text{ц}} + P_{\text{г}} - 2\sigma/R_0 * \sqrt{(P_{\text{г}}/(P_0 - P_{\text{H}} + 2\sigma/R_0))} \quad (2)$$

$$P_{\text{кав.п}} = P_{\text{H}} - 2/(3\sqrt{3}) * R_0 * \sqrt{(2\sigma/R_0/(P_0 - P_{\text{H}} + 2\sigma/R_0))} \quad (3)$$

Сопоставление этих выражений показывает, что давление паровой кавитации $P_{\text{кав.п}}$ всегда ниже давления насыщенных паров жидкости, в то время как давление газовой кавитации $P_{\text{кав.г}}$ превышает P_{H} в тем большей степени, чем выше давление насыщенного жидкостью газа P и больше размеры зародышевых пузырьков.

Эффект кавитации.

Кавитация вызывает ряд эффектов, которые могут быть разделены на первичные и вторичные. К первичным эффектам гидродинамической кавитации, возникающим в местных сопротивлениях, можно отнести:

- повышение давления вследствие захлопывания кавитационных каверн, сопровождающихся гидравлическими ударами;
- излучение звуковых импульсов (различной интенсивности и частоты);
- повышение температуры в зоне захлопывающихся каверн;
- конденсацию паров жидкости в зоне повышенного давления;
- дегазацию вследствие понижения давления в кавитационной зоне;
- люминесценцию – свечение кавитационной области вследствие развития высоких давлений и температур в микрообъемах захлопывающихся каверн;
- диспергирование и деполимерализацию;
- измерение электрической проводимости;
- измерение электрического потенциала;
- изменение коэффициента теплоотдачи и др.

К вторичным эффектам кавитации, обычно приводящим к разрушению или изменению структуры материала стенок, ограждающих поток жидкости, можно отнести: механическое разрушение, температурное разрушение, окисление, восстановление, диффузию и др.

На основании указанных физических проявлений кавитации используются те или иные методы возникновения и развития кавитации.

Изучение влияния различных эффектов кавитации на интенсивность разрушения материалов позволяет правильно выбрать меры защиты материала от кавитационной эрозии.

Стадии развития кавитации.

Наличие кавитации существенно изменяет гидродинамические характеристики местных сопротивлений, причем влияние кавитации на эти характеристики зависит от степени развития кавитации и геометрических характеристик местных сопротивлений. В настоящее время нет четкого деления стадий развития кавитации.

Различные исследователи по-разному определяют стадии развития кавитации в зависимости от проявляющихся эффектов при ее возникновении и развитии. Так, В.Я. Карелин различает три стадии развития кавитации – это начальная, частично развившаяся и полностью развившаяся стадии кавитации [1]. При этом начальная стадия кавитации соответствует появлению первых незначительных признаков кавитации:

слабое усиление шума, появление небольшого количества пузырьков, которые образуют неустановившуюся кавитационную зону. Как правило, на этой стадии характеристики гидравлической системы практически не изменяются. Частично развившаяся кавитация характеризуется наличием установившейся кавитационной зоны определенных размеров, которая изменяет эффективную форму направляющей поверхности гидравлического устройства и стесняет живое сечение потока. Происходит местное повышение скорости течения, появляются вторичные течения жидкости. Из-за увеличения гидравлических потерь ухудшаются характеристики данной системы, значительно усиливается шум.

При полностью развившейся стадии кавитации наступает «срыв» работы данного гидравлического устройства или системы, характеризуемый увеличением гидравлических потерь при неизменном значении пропускной способности.

Предполагается, что возникновение и развитие кавитации можно разделить на четыре стадии, которые определяются величиной изменения критерия кавитации, а также визуальными и слуховыми наблюдениями. При этом появление легкого треска, возникающего в результате смыкания количества газовых пузырьков, принимается за первую стадию. Вторая стадия характеризуется незначительным помутнением потока. В третьей стадии возрастает помутнение потока, которое распространяется на весь поток за затвором. Этот процесс сопровождается увеличивающимся шумом и треском. Дальнейшее увеличение потока, принимающего молочный цвет, за диском затвора способствует появлению полых областей – это четвертая стадия кавитации. При этом установлено, что заметное изменение коэффициента сопротивления затвора наблюдается в третьей стадии кавитации [2].

Некоторые исследователи по результатам исследований различных типов запорных и регулирующих органов трубопровода различают шесть стадий кавитации [3]:

- 1) начало кавитации;
- 2) легкая стадия кавитации;
- 3) промежуточная стадия кавитации;
- 4) тяжелая стадия кавитации;
- 5) очень тяжелая стадия кавитации;
- 6) суперкавитация.

При этом тяжелая стадия кавитации соответствует отклонению расходной характеристики от квадратичного закона, а прекращение прироста расхода с увеличением перепада давлений соответствует началу суперкавитации.

Из изложенного видно, что классификация стадий кавитации зависит от конкретных целей и условий экспериментов, проведенных различными авторами. Сложности происходящих явлений при возникновении и развитии кавитации в различных типах местных сопротивлений, а также недостаток точных наблюдений потока кавитации.

В связи с этим представляется целесообразным классифицировать стадии развития кавитации по наиболее характерным признакам кавитационного течения для подобных типов местных сопротивлений.

Для некоторых элементарных типов местных сопротивлений (как, например, насадка) можно выделить следующие три характерные стадии развития кавитации.

Первая стадия соответствует началу появления отдельных пузырьков на входной кромке насадки. Эта стадия легко замечается визуально на прозрачных моделях, а также акустическими измерениями, при которых наблюдается резкое увеличение уровня звукового давления.

Вторая стадия может быть охарактеризована изменением гидравлического потока, например, по началу изменения пропускной способности или коэффициента сопротивления.

Третья стадия кавитации может быть определена по началу прекращения прироста расхода при увеличении перепада давления или же по прекращению прироста уровня звукового давления.

Выводы.

В настоящей работе дано описание явлений кавитации в местных гидравлических сопротивлениях, показаны типы и формы кавитации и ее эффект, механизм возникновения газовой и паровой кавитации.

Литература

1. Карелин, В. Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах / В. Я. Карелин. – 2-е изд. – М.: Машгиз, 1975. – 336 с.
2. Пирсол, И. Кавитация / И. Пирсол; перевод с английского. – М.: Изд-во «Мир», 1975. – 93 с.
3. Рождественский, В. В. Кавитация / В. В. Рождественский. – Л.: Судостроение, 1977. – 247 с.

**Выбор параметров диагностирования цилиндрично-поршневой группы
и подшипников ДВС**

¹Кожевникова Евгения Константиновна, инженер по техническому надзору ХЦ;

¹Кожевников Дмитрий Александрович, ведущий инженер ОЯБиН;

²Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Атомная энергетика»

¹Филиал акционерного общества «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция», г. Балаково;

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

В работе проведен анализ отбора диагностики ЦПГ и подшипников ДВС по условиям доступности, относительной несложности способа и устройств диагностирования, а также по реальности осуществления в лабораторных и эксплуатационных условиях.

Выбор диагностических параметров для оценки технического состояния ДВС.

Диагностика ЦПГ:

1. По температуре и дымности отработанных газов.
2. По расходу масла.
3. По телеметрическим датчикам.
4. По температурным датчикам.
5. По индуктивным датчикам.
6. По датчикам давления.
7. По расходу воздуха, подаваемого в цилиндры.
8. По расходу газов в картер.
9. По электрическим параметрам стартера.
10. По отключению цилиндров.
11. По микрометрическим приборам.

Диагностика подшипников:

1. По давлению и расходу масла в системе.
2. По виброакустическим параметрам.
3. По диагностике общего состояния ДВС.

4. По виброакустическим параметрам.
5. По радиоактивному анализу.
6. По рентгенофлюоресцентному анализу.
7. По инерционному самонагружению и самоторможению.

Анализ обзора.

Для принятия решения по выбору способа диагностирования наносов цилиндрической поршневой группы (далее – ЦПГ) и подшипников коленчатого вала двигателя ЧН21/21, разработки методики эксперимента и экспериментальной аппаратуры для его реализации следует, видимо, исходить из условий:

1. Надежности способа.
2. Допустимости его.
3. Реальности осуществления.
4. Относительной несложности диагностической аппаратуры.
5. Возможности диагностирования в лабораторных и эксплуатационных условиях.

Анализируя способы и устройства, освещенные в обзоре, в соответствии с изложенными выше критериям отбора можно рекомендовать следующие способы диагностирования:

Диагностика ЦПГ:

1. По расходу (угару) масла.
2. По расходу сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр.
3. По расходу газов в картер.

Диагностика подшипников:

1. По давлению масла в системе смазки как функции числа оборотов коленчатого вала.
2. По расходу масла через подшипники в зависимости от его давления и температуры.

Проведем анализ указанных способов диагностирования.

По расходу (угару) масла.

В литературных источниках говорится следующее: «Измерение расходов масла, проникающего через кольцевое уплотнение в камеру сгорания, весьма сложная техническая задача, по существу окончательно не решенная, особенно применительно к работающему полноразмерному двигателю» [1].

Известны разработки по экспресс-методам измерения угара масла, но до возможности широкого практического внедрения эти методы пока не доведены.

Указанные выше методы весьма трудоемки. Угар масла даст общее представление об изношенности и состоянии ЦПГ всех цилиндров двигателя, выявить состояние каждого цилиндра по этому параметру невозможно» [2].

По расходу сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр.

Разработанные в СССР методы определения технического состояния ЦПГ по расходу сжатого воздуха основаны на пневматических калибраторах, измеряющих расход воздуха по разности давления. Эти методы измеряют общую неплотность цилиндра, и разделение её на составляющие весьма сложно.

По расходу газов в картер.

Авторские свидетельства, патентующие этот способ и устройство, основаны на оценке суммарного и раздельного по каждому цилиндру зазора сопряжения ЦПГ путем замера расходов газов в картер на заданном скоростном и нагрузочном режимах при последовательном отключении каждого из цилиндров.

Расход газов в картер по мере износа имеет плавную закономерность нарастания, и при наступлении предельного износа его значение в несколько раз превышает соответствующее значение у нового двигателя, что позволяет практически довольно точно прогнозировать остаточный и предельный ресурс двигателя [1].

При реализации способа не требуется сложной диагностической аппаратуры, он в меньшей степени зависит от других факторов в связи с быстротечностью, поэтому он более доступен, надежен, реально осуществим в эксплуатационных условиях и может быть рекомендован для дальнейшей разработки методики диагностирования ЦПГ.

По давлению масла в системе смазки в зависимости от скорости вращения коленчатого вала.

Авторские свидетельства патентуют способ контроля состояния подшипников путем тиндичирования давления в системе смазки по отклонению прирастания давления масла от эталонного при переводе с одного скоростного режима на другой.

Способ не сложен по реализации и может быть рекомендован для диагностирования подшипников.

По расходу масла через подшипники в зависимости от давления и температуры.

Способ и устройство основаны на определении величины зазора по расходу масла через подшипники при одновременном измерении давления масла перед подшипниками (подшипником) и температуры после них.

Величина зазора находится по эталонной сетке расхода масла в функции давления для известных зазоров и температуры.

Способ и устройство представляют несомненный интерес и могут быть рекомендованы для разработки диагностического прибора.

Рассмотренные диагностические параметры в идеале необходимо применять все. Но такая система диагностирования будет неоправданно дорогостоящей. Организация может постепенно, в течение некоторого продолжительного периода времени приобретать необходимое диагностическое оборудование или разрабатывать и изготавливать самостоятельно.

Однако настоятельно рекомендуется в первую очередь применить диагностирование двух наиболее важных узлов. Это зазор между поршнем и поверхностью трения втулки цилиндра и зазор в подшипниках скольжения опорных и шатунных шеек.

Диагностирование зазора в ЦПГ по расходу картерных газов может быть осуществлено с помощью расходомера переменного перепада давления – дроссельной шайбы, устанавливаемой возле пламегасителя в патрубке отвода картерных газов. Данное устройство не требует тарировки. Градуировочные характеристики получают расчетным методом [3]. Для этого необходимо провести ряд измерений расхода газа для ЦПГ с рядом комплектов поршней, обеспечивающих минимально допустимый зазор, предельно допустимый и превышающий допустимый на 25 и 50 процентов. Для повышения объективности результатов количество точек измерения желательно увеличить, если представляется такая возможность.

Состояние подшипников скольжения следует оценивать по осциллограммам приращения давления, снятых по аналогии с зазорами в ЦПГ на электронном осциллографе, в памяти которого хранятся эталонные диаграммы.

Выводы.

На основании проделанного анализа отбора по условиям доступности, относительной несложности способа и устройств диагностирования, а также по реальности осуществления в лабораторных и эксплуатационных условиях могут быть рекомендованы для дальнейшей проработки методики эксперимента и диагностической аппаратуры способы:

1. Диагностика ЦПГ:

- по расходу газов в картер.

2. Диагностика подшипников:

- по отклонению приращения давления масла в системе смазки от эталонного при переводе ДВС с одного скоростного режима на другой;

- по расходу масла через подшипники.

Литература

1. Носов, В. В. Диагностика машин и оборудования: учебное пособие / В. В. Носов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 384 с.
2. Охотников, Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Б. Л. Охотников. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. – 140 с.
3. ГОСТ 8.586.2-2005 Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. – М.: Стандартинформ, 2007.

УДК 621-187

Анализ современного уровня автоматизации в системах водоочистки

Коломина Полина Сергеевна, студент направления

«Управление в технических системах»;

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

Рассматриваются актуальные проблемы современного уровня автоматизации в системах водоочистки.

Благодаря внедрению систем автоматизации достигается сокращение количества обслуживающего персонала, повышается надежность работы технологического оборудования. Современные тенденции развития систем автоматизированного управления предъявляют высокие требования к качеству обслуживания производственных процессов.

Поддержание непрерывной работы систем водоочистки невозможно без функционирования установки по дозированию реагентов. Проблемы стандартны: это выбор подходящего оборудования, его размещение на станции, а главное – обеспечение бесперебойной производительной работы. При разработке новых и модернизации существующих систем водоочистки и водоподготовки уделяется особое внимание

автоматизации всех процессов. Для этого используются современные электронные системы управления исполнительными устройствами. Используются исполнительные устройства с электромеханическим и пневматическим приводами. Выбор состава и типа системы автоматического управления осуществляется исходя из производительности и назначения оборудования для водоочистки и водоподготовки [1].

Приборы, регулирующие программируемые микропроцессорные ПРОТАР (рис. 1), используются для применения в автоматизированных системах управления и в локальных системах регулирования в различных отраслях промышленности. Приборы используются в схемах стабилизации технологических параметров, программного, каскадного, многосвязного регулирования с реализацией сложных алгоритмов обработки информации.



Рис. 1. Прибор микропроцессорный ПРОТАР

ПРОТАР – многофункциональное устройство. Алгоритмические возможности ПРОТАРА шире, чем у аналоговых приборов. Прибор может использоваться в системах стабилизации технологических параметров, программного, каскадного, многосвязного регулирования с реализацией сложных алгоритмов обработки информации.

Рассмотрим работу отдельных систем:

1. Система регулирования давления греющего пара перед конденсатор-дегазатором. Для измерения давления пара используется также преобразователь Сапфир 22ДИ. При изменении давления воды изменяется давление в измерительной камере преобразователя, которое воздействует на мембрану. Она деформируется и через кремний-органическую жидкость деформирует монокристалл сапфира. На поверхности

кристалла нанесена плёнка полупроводникового тензодатчика, и при деформации изменяется её выходное электрическое сопротивление, с помощью электронного блока оно преобразуется в разность потенциалов, усиливается и преобразуется в унифицированный токовый сигнал, который поступает на блок ограничения и размножения сигналов. Затем для регистрации – на аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.

2. Система измерения перепада давления до и после катионитового фильтра. Перепад давления измеряется преобразователем Сапфир 22ДД (рис. 2), имеющим на выходе унифицированный токовый сигнал. После Сапфира 22ДД сигнал поступает на диагностический прибор, где происходит извлечение квадратного корня. Далее сигнал подается на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.



Рис. 2. Преобразователь Сапфир 22ДД

Блок ручного управления, БРУ-32 (рис. 3), рассчитан на применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) и предназначен для переключения цепей управления исполнительными устройствами, индикации положения цепей.



Рис. 3. Блок ручного управления БРУ-32

Блок обладает следующими функциональными возможностями: ручное или дистанционное переключение с автоматического режима управления на ручное и обратно.

3. Измерение расхода теплоносителя (пара) перед выпарным аппаратом.

Измерение производится методом переменного перепада давления. В разрыве трубопровода установлено сужающее устройство – диафрагма камерная. Неразрывный поток имеет разные давления до и после сужающего устройства. Разность этих давлений пропорциональна расходу:

$$Q = \alpha \varepsilon f \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)} \quad , \quad (1)$$

где α – коэффициент расхода; ε – коэффициент сжимаемости; f – площадь сечения диафрагмы; ρ – плотность среды; P_1 – давление до сужающего устройства; P_2 – давление после сужающего устройства.

Перепад давления измеряется преобразователем Сапфир 22ДД. После Сапфира 22ДД сигнал поступает на диагностический прибор. Далее сигнал поступает на блок интегрирования аналогового и импульсного сигнала, затем на аналоговый трехканальный регистрирующий прибор для дальнейшей регистрации.

4. Система регулирования уровня в баке грязного борного концентрата.

Для измерения грязного концентрата в баке используется гидростатический уровнемер. При изменении уровня изменяется гидростатическое давление столба жидкости по зависимости:

$$P_r = \rho g l \quad , \quad (2)$$

где P_r – гидростатическое давление; ρ – плотность среды; g – гравитационная постоянная; l – измеряемый уровень.

Для измерения гидростатического давления в технологической ёмкости применяется преобразователь Сапфир 22ДИ, давление на который будет подаваться через разделительную мембрану. При изменении уровня изменяется давление в измерительной камере преобразователя, которое воздействует на мембрану. Она деформируется и через кремний-органическую жидкость деформирует монокристалл сапфира, на поверхности кристалла нанесена тонкая плёнка полупроводникового тензодатчика, и при деформации изменяется её выходное электрическое сопротивление, с помощью электронного блока оно преобразуется в разность потенциалов, усиливается и преобразуется в унифицированный токовый сигнал. Этот сигнал поступает на блок интегрирования аналогового сигнала, который преобразует аналоговый сигнал. Обеспечивает безударное включение регулятора и регулирующего органа при переходе с

автоматического режима управления на ручное и обратно. Затем сигнал следует на регулирующий блок с импульсным выходным сигналом, где формируется регулирующий закон. Для регистрации сигнал поступает на блок ограничения и размножения сигналов, где происходит размножение сигналов и передача сигнала на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор. Также аналоговый токовый сигнал поступает на блок сигнализации и блок ручного управления, работающий в двух режимах: автоматическом – ручном. С блока ручного управления управляющий сигнал поступает на пускатель бесконтактный реверсивный, который управляет механизмом электрическим однооборотным (МЭО), связанным с регулирующим органом, и регулирующий орган изменяет расход грязного борного концентрата, подаваемого в бак, тем самым возвращая уровень в баке грязного борного концентрата в заданное значение.

5. Система регулирования давления упаренного раствора после выпарного аппарата, которая и будет рассматриваться в данной статье.

6. Система регулирования температуры упаренного борного концентрата на выходе из выпарного аппарата.

Для измерения температуры целесообразно использовать термометр электрического сопротивления ТСМ, при изменении температуры измеряемой среды изменяется электрическое сопротивление термометра по зависимости:

$$R_t = R_0(1 + \alpha_m \cdot \Delta t), \quad (3)$$

где R_t – сопротивление при изменении температуры; R_0 – сопротивление при 0° ; α_m – температурный коэффициент сопротивления меди; Δt – изменение температуры.

Для преобразования сигналов термометров сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока используем измерительный преобразователь Ш704. Далее сигнал идет на блок ограничения и размножения сигналов, а затем для регистрации на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.

7. Система регулирования температуры дистиллята на выходе из конденсатора-дегазатора.

Для преобразования сигналов термометров сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока используем измерительный преобразователь типа (Ш704). Далее сигнал поступает на блок интегрирования аналогового и импульсного сигнала. Затем сигнал следует на блок с импульсным выходным сигналом. Для регистрации сигнал поступает на блок ограничения и размножения сигналов, где происходит размножение сигналов и передача сигнала на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор. Также аналоговый токовый сигнал поступает на блок

сигнализации и блок ручного управления (БРУ), работающий в двух режимах: автоматическом – ручном. С БРУ управляющий сигнал поступает на пускатель бесконтактный реверсивный, который управляет механизмом электрическим однооборотным, связанным с регулирующим органом, и регулирующим орган изменяет расход теплоносителя (пара), подаваемого в конденсатор-дегазатор, тем самым возвращая температуру в конденсатор-дегазаторе в заданное значение.

8. Система регулирования концентрации аммиака после катионитового фильтра.

Для измерения концентрации используем кондуктометрический концентратомер. Первичный преобразователь представляет из себя замкнутый жидкостной контур с тремя электрическими обмотками. При подаче питания ток, протекающий по обмотке, создает свой магнитный поток и наводит в жидкостной ветке электродвижущую силу (Э.Д.С.). При изменении концентрации измеряемой среды изменяется её электропроводность. Если концентрация увеличивается, то электропроводность возрастает, электрическое сопротивление контуров уменьшается, ток в контуре возрастает. Этот ток наводит в электрической обмотке Э.Д.С., величина которой будет пропорциональна концентрации измеряемой среды.

Э.Д.С. поступает на измерительный преобразователь, который усиливает Э.Д.С. и преобразует в унифицированный токовый сигнал от 0 до 5 мА.

Далее сигнал идет на блок ограничения и размножения сигналов. Затем для регистрации на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья и энергии. Уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий, удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Литература

1 Зуев, К. И. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения: учебное пособие / К. И. Зуев. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2016. – 224 с.

2 Долина, Л. Ф. Новые методы и оборудование для обеззараживания сточных вод и природных вод / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск: Континент, 2003. – 218 с.

Устройства автоматической коммутации

Корушин Антон Олегович, студент направления

«Электроэнергетика и электротехника»;

Краснолудский Николай Викторович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

Статья посвящается изучению основных принципов построения автоматического коммутационного устройства в домашних условиях на базе логических микросхем отечественного производства. Информация, представленная в статье, наиболее актуальна для тех, кто хотел бы создать своими руками устройство, способное с определенной периодичностью включать и выключать электронную нагрузку.

Коммутационные устройства — это электрическое оборудование, которое предназначено для внедрения в электрические цепи с целью выполнения следующих функций: защиты, управления, разъединения и коммутации. К коммутационной аппаратуре относят разнообразные коммутационные устройства, защитные устройства, устройства управления и многие другие [1].

В статье будут рассмотрены устройства автоматического управления логического типа. Управление многими приемниками предполагает подачу на их вход команд типа открыть-закрыть, включить-выключить, которые могут передаваться сигналами, имеющими только два уровня значений. Независимо от физической сути сигнала эти уровни значений задаются в двоичной системе. Необходимость формирования команд, передаваемых двоичными сигналами, возникает при изменении последовательности выполнения технологических операций. Данные устройства нашли очень широкое применение в быту и промышленности для управления нагрузкой. В связи с ограничениями на поставки зарубежного электронного оборудования схема автоматического коммутатора была спроектирована на комплементарной базе отечественного производителя. Такое устройство можно собрать и в домашних условиях. Основными органами управления разработанного устройства являются микросхемы:

К155ИЕ6 – четырехразрядный реверсивный счетчик;

КР514ИД1 – дешифраторы семисегментного кода.

Работу данного устройства можно представить в виде блок-схемы, представленной на рис. 1. Напряжение с источника питания поступает на устройство ввода информации, задающий генератор импульсов, устройство управления процессом обратного отсчета двоично-десятичных счетчиков. При помощи устройства ввода задается время, в течение которого будет включена и отключена нагрузка. С устройства ввода сигнал поступает на вход устройства счета и вывода значений на семисегментные индикаторы. Оно непосредственно связано с энергозависимой памятью на основе нестандартного использования двоично-десятичного счетчика. Когда с устройства счета поступит обратный сигнал на управляющий механизм, он отключит счет первого счетчика и перезапишет его значение, при этом начнется обратный отсчет другого счетчика. При истекании установленного времени устройство управления отключит второй счетчик и перезапишет его значения. После этого цикл повторяется.

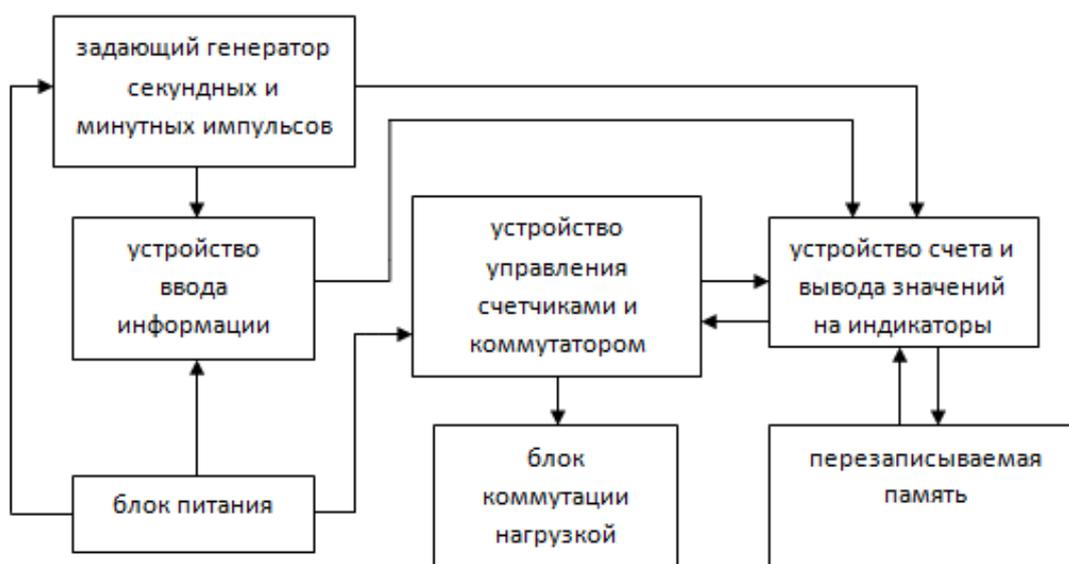


Рис. 1. Блок-схема автоматического коммутационного устройства

На основе этой схемы была составлена принципиальная электрическая схема, рис. 2.

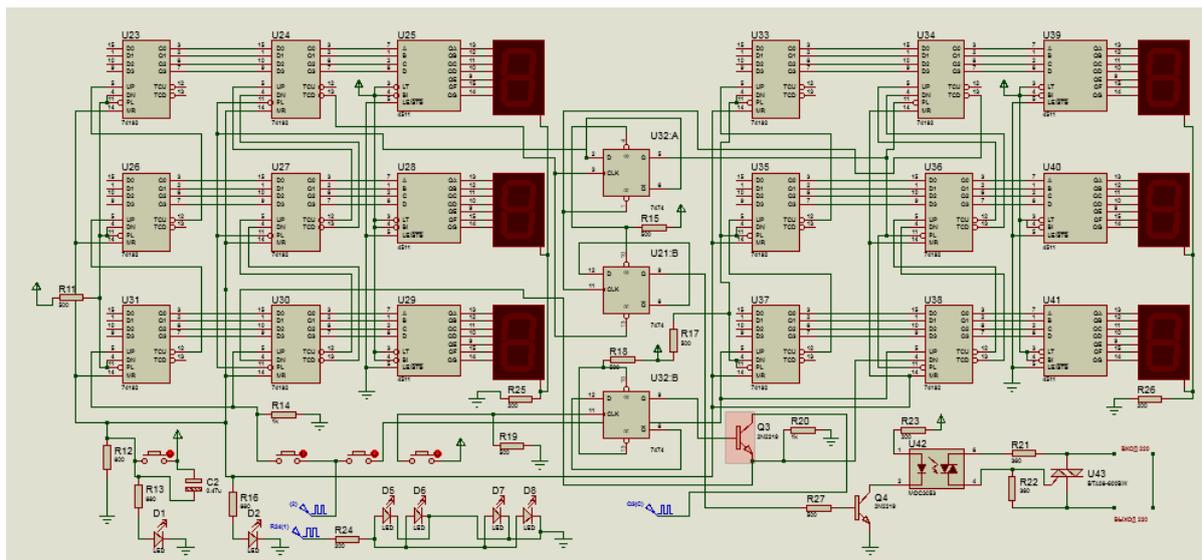


Рис. 2. Электрическая схема устройства автоматического коммутатора

В данной схеме использовались индикаторы с общим катодом. Имеется гальваническая развязка в виде оптосимистора между высоковольтной и низковольтной частями схемы. Управляющий сигнал снимается с 9 ножки микросхемы U21:В. Управление нагрузкой в высоковольтной части цепи осуществляется при помощи симистора на 16 А 600 В. Схема запускается при однократном нажатии на кнопку включения. В любой момент времени можно остановить работу устройства. Разработанный автоматический коммутатор имеет память в виде логических счетчиков. Процесс перезаписи осуществляется по типу параллельной загрузки данных в счетчик. Для этого на 11 ножку микросхемы K155IE6 нужно подать логический ноль. Тогда данные на входах D0-D3 будут перезаписаны в сам счетчик. Эта процедура повторяется каждый раз, когда истекает заданное оператором время отсчета. Если есть необходимость сбросить показания счетчиков, то на вывод 14 микросхем K155IE6 необходимо подать логическую единицу [2]. Имеется световая индикация процесса сброса информации со счетчиков. Управление процессом обратного отсчета и остановки счетчика основано на так называемой «D-триггерной защелке». Сама триггерная защелка выполнена на базе микросхемы K155TM2. Данный блок разрешает работу первого счетчика и запрещает работу другому, по истечении времени, которое задается оператором, первый счетчик прекращает работу и одновременно перезаписывается его значение для дальнейшей работы устройства. В это время начинает работать второй счетчик. По истечении времени процедура повторяется. Работа устройства запуска схемы тоже основана на D-триггерной защелке. Управляет подачей сигнала для обратного отсчета на элементы счетчика биполярный транзистор n-p-n типа. За основу

блока питания была выбрана схема дежурного питания от компьютерного блока питания. Схема блока питания автоматического коммутатора изображена на рис. 3.

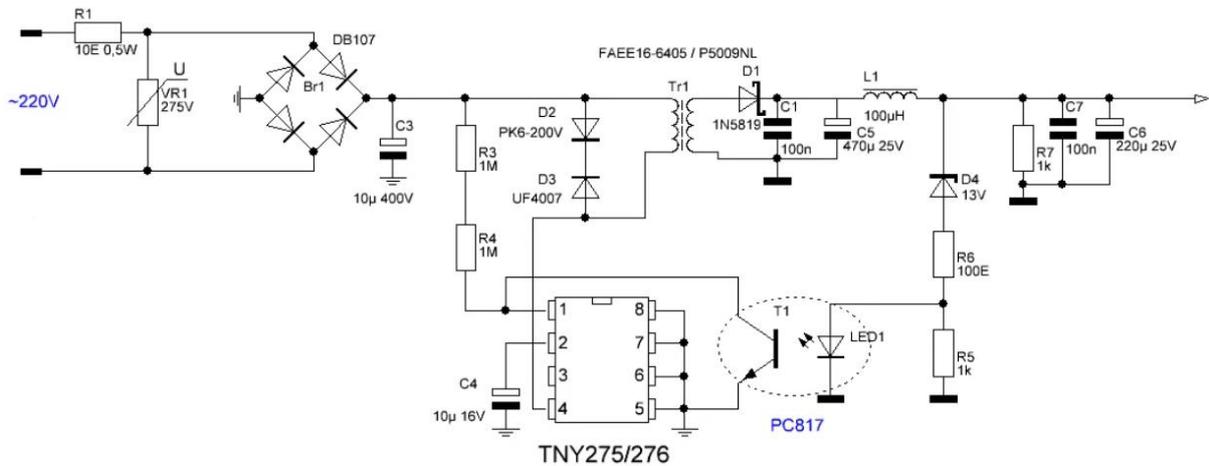


Рис. 3. Блок питания для автоматического коммутационного устройства

Расчет трансформатора для этого блока питания производился в программе Excellentit. Пример расчета импульсного трансформатора с выходным напряжением 5,5 В и током 1 А и частотой преобразования 132 кГц представлен на рис. 4. Данный блок питания является обратноходовым, поэтому обычные методики расчета импульсных блоков питания здесь не подойдут.

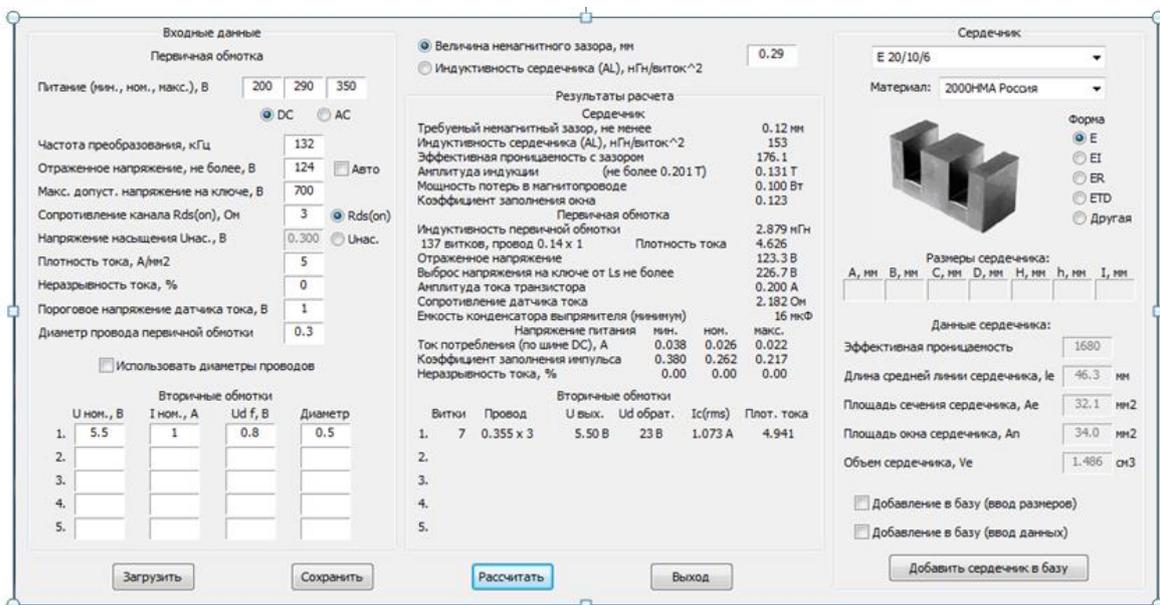


Рис. 4. Расчет обмоток импульсного трансформатора в программе Excellentit

Генератор прямоугольных импульсов длительностью 1 секунду, 2 секунды и 1 минуту был выполнен на микросхеме K147ИЕ18. Принципиальная схема включения представлена на рис. 5.

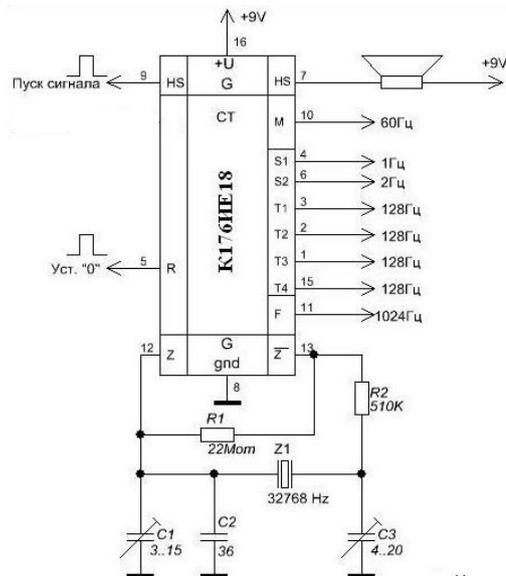
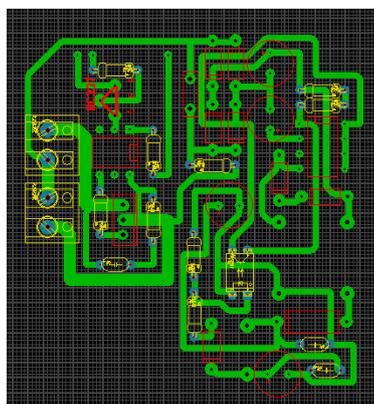


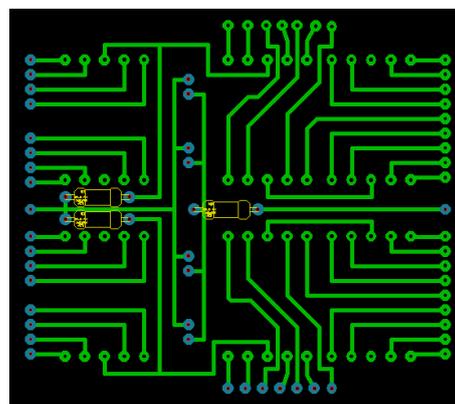
Рис. 5. Схема включения микросхемы K176IE18

Вход сброса R под номером 5 микросхемы K176IE18 через резистор на 500 Ом подсоединяется на плюс питания. Данная схема имеет кварцевый резонатор на 32768 Гц, что говорит о фиксированной выходной частоте сигнала. Настройка осуществляется путем подбора определенной емкости при помощи конденсаторов переменной емкости. Устройство также снабжено звуковым оповещением перехода режима работы. Выходной сигнал 1 секунда, 2 секунды, 1 минута снимается с 4, 6, 10 ножек микросхемы K176IE18 соответственно [3]. Сигнал с ножки 10 поступает через переход транзистора на ножки входа сигнала (ножка 4 микросхем K155IE6) реверсивных счетчиков. Сигнал с ножки 4 поступает на светодиодную индикацию панели вывода информации. Сигнал с ножки 6 через кнопки поступает на вход счета в прямом направлении (ножка 5 микросхем K155IE6). Таким образом, задаются начальные значения обратного отсчета.

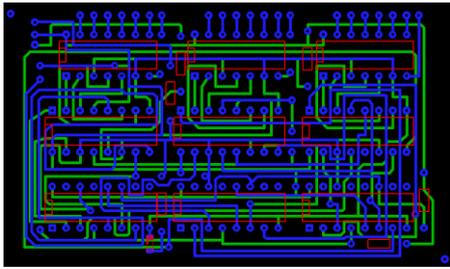
Под каждый функциональный блок устройства были спроектированы печатные платы, рис. 6.



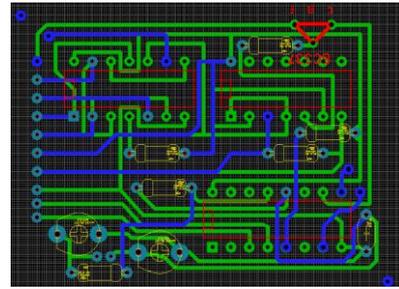
а



б



в



г

Рис. 6. Печатные платы функциональных блоков автоматического коммутатора: а – плата блока питания и непосредственно самого коммутатора; б – плата для семисегментных индикаторов; в – плата дешифраторов для семисегментных индикаторов и блока счетного устройства; г – плата управления процессом обратного отсчета

Некоторые из печатных плат являются двухсторонними. Дорожки зеленого цвета – это лицевая сторона печатной платы, а дорожки синего цвета – обратная сторона печатной платы. Печатные платы были изготовлены по методу ЛУД (рис. 7).

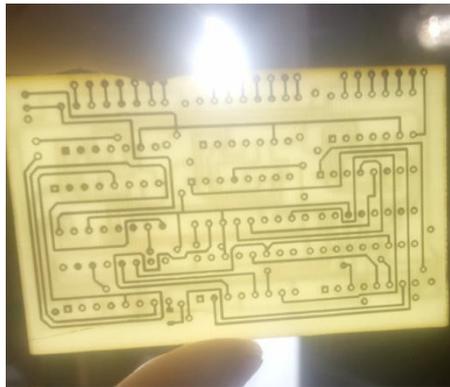


Рис. 7. Пример изготовления печатной платы дешифраторов для семисегментных индикаторов и блока счетного устройства

Вид готового устройства представлен на рис. 8.

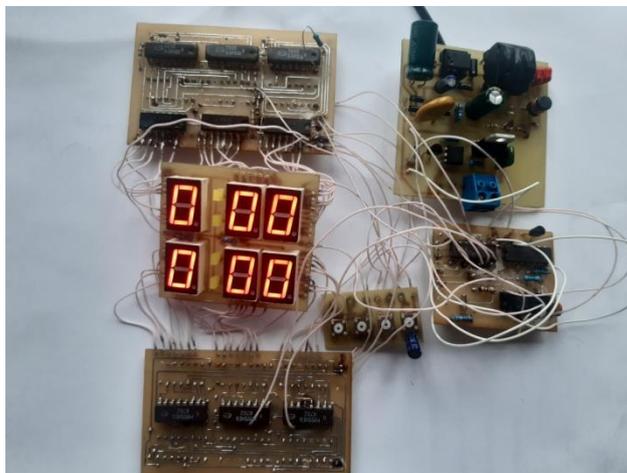


Рис. 8. Вид готового автоматического коммутационного устройства

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

Литература

1. Логические устройства автоматики – ОСНОВЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: [сайт]. – URL: https://studme.org/206940/tehnika/logicheskie_ustroystva_avtomatiki (дата обращения: 11.05.2022). – Текст: электронный.
2. СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ И ДЕШИФРАТОРЫ: [сайт]. – URL: https://studopedia.su/15_12518_schetchiki-impulsov-i-deshifratori.html (дата обращения: 11.05.2022). – Текст: электронный.
3. К176ИЕ18 – Таймеры и часы – МИКРОСХЕМЫ – Электронные компоненты: [сайт]. – URL: <http://tec.org.ru/board/k176ie18/97-1-0-1095> (дата обращения: 11.05.2022). – Текст: электронный.

УДК 681.51

Анализ современного уровня автоматизации процесса производства пропиленовых нитей

Красненков Глеб Викторович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

Рассмотрены технические средства автоматизации для управления технологическими процессами производства пропиленовых нитей. Представлена технология изготовления полипропиленовых нитей серии FDY и рассмотрены компоненты линии серии FDY.

Производство полипропиленовых нитей успешно конкурирует с выпуском других видов синтетических волокон. Их используют в различных отраслях:

- при организации складских помещений;
- в производстве медицинских изделий;
- для транспортировки грузов;
- для изготовления геотекстиля;
- при пошиве щелочестойкой одежды;
- в производстве фильтрованных тканей и так далее.

В процессе производства полипропиленовых нитей следует соблюдать однородность экструзии, обеспечивая потребителя большим диапазоном толщин изготовленного продукта. С такой задачей справляется специальная экструзионная линия. В качестве сырья используют гранулированный полипропилен. Его предварительно смешивают с красителем и добавочными компонентами для достижения нужных физико-механических свойств. Чаще всего в роли добавок выступает кальция карбонат. Он придает нити белый цвет и умеренную жесткость.

Технологический процесс линии прядения полиэфирного волокна:

- сырье (отходы ПЭТ в виде чипсов, бутылочных флэкссов или волокнистых материалов);
- сушка, экструзия, фильтрация;
- образование трубообразной заготовки из расплава;
- прядение нитей расплава;
- прохождение фильеры;
- закалка (охлаждение);
- обработка замасливателем, натяжение и вытяжка;
- подача, загрузка в контейнеры для сбора жгута [1].

На рынке присутствуют готовые решения для производства пропиленовых нитей, например профессиональная линия для изготовления полипропиленовых нитей серии FDY. Внешний вид представлен на рис. 1.



Рис. 1. Линия для производства полипропиленовых нитей серии FDY

Оборудование выполнено на базе фильерного метода. Технология подразумевает формирование нити из фильерных струй расплава ПП или из полимерной дисперсии. Полученная нить проходит этапы сушки и термообработки. Линии серии FDY позволяют минимизировать производственные расходы без ущерба для качества продукта. Аппарат включает в себя следующие компоненты:

1. Экструдер. Устройство для непрерывной переработки гранул полимера в расплав. Модуль позволяет экструдировать до 1,3 тонн полипропиленовых нитей в день. Экструдер дополнен набором роторных ножей и прижимных валиков.

2. Прядильный узел. Модуль, предназначенный для формирования нити нужного диаметра, дополненный мощным прядильным насосом и мощностью нагрева до 10 кВт.

3. Охладительная камера. Устройство для стабилизации ПП-нити до требуемой толщины. Мощность охлаждения составляет 45 кВт.

4. Система вытяжки. Речь идет об интегрированном устройстве предварительной вытяжки с 8 нагреваемыми прядильными дисками.

5. Система отделки. Отделочный насос для финишной обработки нити, позволяющий придать изделию дополнительную прочность и жесткость. Отделка осуществляется с помощью керамической насадки.

6. Система намотки. Эргономичный модуль с роликовым мотором. Устройство обеспечивает высокую скорость намотки – до 2500 м/мин. Подходит для стандартных конфигураций катушки – 75, 89 и 150 мм.

Линия разработана с учетом официальных стандартов, принятых в производстве FDY PP-нитей высокой прочности. Поэтапный механизм действия позволяет контролировать каждый шаг процесса, минимизируя процент заводского брака.

Линия серии FDY характеризуется универсальностью применения. С ее помощью можно создавать различные конфигурации гладких полипропиленовых нитей — неокрашенные, пневмосоединенные, крученые, высокоусадочные и пр. Процесс вытяжки расплава осуществляется в два этапа – оба с применением предварительного нагрева. Типология Fully Drawn Yarn (FDY) подразумевает повышенную скорость прядения.

Линии для изготовления ПП-нитей в каталоге компании «Ис-мак» характеризуются рядом преимуществ:

- энергоемкость;
- компактные габариты;
- универсальность;
- индивидуальная комплектация;
- высокая производительность;
- функциональность.

Оборудование подходит для организации крупных и мелких производственных цехов. Для его размещения достаточно площадки в 5,5 метра. Агрегат прост в эксплуатации и обслуживании. Благодаря многофункциональной структуре линия позволяет выполнять полный производственный цикл с минимальными затратами.

В качестве элемента САУ для визуализации технологических процессов в промышленности широко распространены SCADA-системы – программный продукт для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования данных об объекте мониторинга или управления. SCADA может быть элементом АСУ ТП, АСКУЭ, системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д. Они применяются во всех областях промышленности, где нужно обеспечивать автоматическое управление технологическими процессами в реальном времени, базируются на рабочих станциях и используют драйверы ввода-вывода или OPC / DDE-серверы.

SCADA-система состоит из следующих подсистем:

- драйверы или серверы ввода-вывода;
- систем реального времени;
- человеко-машинного интерфейса;
- системы логического управления;
- базы данных реального времени;
- системы управления;
- генератора;

- внешних интерфейсов.

На сегодняшний день представлено более 50 продуктов, которые можно отнести к SCADA-системам, которые различаются:

- по совместимой операционной системе;
- по количеству поддерживаемого оборудования;
- по цене;
- по наличию и типу ключа аппаратной защиты;
- по наличию дополнительных функций.

К бесплатным SCADA относятся: OpenSCADA, Rapid SCADA, FreeSCADA, scada-ГИНЭС, Inductive Automation Ignition.

К условно-бесплатным SCADA, предназначенным для автоматизации малого технологического процесса и изучения без покупки лицензии, относятся: Simp Light Free, MasterSCADA, Контар, IntegraXor, Каскад [2].

Литература

1. Беспалов, А. В. Системы управления химико-технологическими процессами / А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 690 с.
2. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В. Я. Ротач. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 400 с.

УДК:621.316.004

Выбор экономически целесообразного варианта питающей сети завода по производству оборудования для общественного питания

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

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

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

Статья посвящена выбору экономически целесообразного варианта питающей сети системы электроснабжения промышленного предприятия.

Систему электроснабжения промышленного предприятия можно условно разделить на три подсистемы:

- внешнее электроснабжение – это совокупность оборудования районной понижающей подстанции энергосистемы, питающих линий электропередачи напряжением 35 - 110 - 220 кВ, понижающих трансформаторов ГПП;

- внутреннее электроснабжение – это совокупность оборудования распределительного устройства со стороны низшего напряжения 6 - 10 кВ понижающих трансформаторов ГПП завода, электрические распределительные сети на его территории, а также цеховые понижающие подстанции;

- внутрицеховое электроснабжение – совокупность цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В.

Система внешнего электроснабжения завода выполнена по схеме 4Н с мостиком без переключки, в котором переключатель «мостика» обычно отключен. Ввод на подстанцию осуществляется по двум воздушным линиям с преобразованием напряжения. Выключатели на нижней стороне подстанции питающей головки не рассматриваются.

Величину питающего напряжения внешних сетей предприятия и первичных обмоток трансформатора ГПП выбирают, исходя из напряжения на районной подстанции энергосистемы, мощности предприятия, его удаленности, количества и единичной мощности электроприемников.

Величина экономически целесообразного напряжения питания сетей завода по его расчетной мощности, равной 13,57 МВт, с учетом удаленности ГПП от энергосистемы на 7 км составляет 64 кВ. К рассмотрению приняты два варианта электроснабжения предприятия на напряжении 35 и 110 кВ при мощности предприятия 28 МВА.

Используемые при оценке критерии экономичности:

1) минимум приведённых затрат, тыс. руб/год:

$$З = K + Cэ , \quad (1)$$

где K – капитальные единовременные вложения, тыс. руб/год; $Cэ$ – ежегодные эксплуатационные расходы, тыс. руб./год;

2) стоимость воздушной линии:

$$K = n \cdot l \cdot K_0 , \quad (2)$$

где n – количество воздушных линий; l – длина воздушных линий; K_0 – стоимость сооружения 1 км линии;

3) годовые эксплуатационные расходы на систему электроснабжения:

$$Cэ = Cп + Ca , \quad (3)$$

где S_p – стоимость годовых расходов на оплату потерь электроэнергии в элементах системы электроснабжения; S_a – стоимость годовых расходов на амортизацию и отчисления;

4) эксплуатационные расходы на кабельные линии:

- коэффициент загрузки воздушной линии:

$$k_3 = \frac{I_{н.р.}}{I_{доп}} - \text{нормальный режим}; \quad (4)$$

$$k_3 = \frac{I_{а.р.}}{I_{доп}} - \text{послеаварийный режим}; \quad (5)$$

- потери в одном кабеле при полной нагрузке:

- действительные потери мощности:

$$\Delta P_{л} = n \cdot l \cdot \Delta P_{н} \cdot K^2, \quad (6)$$

$$\Delta P_{н} = \frac{(P_{pi})^2 + (Q_{pi})^2}{U_{ном}^2} \cdot R; \quad (7)$$

- потери электроэнергии в линии:

$$\Delta \mathcal{E}_{л} = \Delta P_{л} \cdot T_M, \quad (8)$$

где $T_M = 4000$ ч;

- стоимость потерь электроэнергии:

$$C_{п} = C_0 \cdot \Delta \mathcal{E}_{л}, \quad (9)$$

где C_0 – стоимость одного кВт·ч, $C_0 = 3,83$ руб./кВт·ч;

- амортизационные расходы на воздушную линию:

$$C_{ал} = \varphi_{л} \cdot K, \quad (10)$$

где $\varphi_{л} = 3,6\%$ – для воздушных линий.

Используемые при оценке критерии оптимальности: капитальные затраты K^* ; коэффициент загрузки в нормальном режиме работы k_3^* ; годовые потери электроэнергии $\Delta \mathcal{E}^*$; суммарная стоимость эксплуатационных расходов $S_{э}^*$; затраты 3^* .

Вариант № 1. Напряжение питающих линий 110 кВ.

Питающие линии представляют собой двухцепные воздушные ЛЭП на железобетонных промежуточных и стальных анкерных опорах. Предварительный выбор сечения линий произведен по экономической плотности тока.

Экономическая плотность тока для времени использования максимума нагрузок 4000 час/год составляет 1,1 А/мм². Расчетный ток на одну цепь равен:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{28336,43}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 71,2 \text{ А}. \quad (11)$$

Согласно экономической плотности тока сечение питающих линий равно:

$$F_j = \frac{I_p}{j} = \frac{71,2}{1,1} = 64,7 \text{ мм}^2. \text{ Ближайшее стандартное сечение} - 70 \text{ мм}^2.$$

На рис. 1 представлена электрическая принципиальная схема электроснабжения завода при питающем напряжении 110 кВ.

Расчетный ток цепи в послеаварийном режиме равен:

$$I_P = \frac{S_P}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{CP}} = \frac{28336,43}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 142,4 \text{ А.} \quad (12)$$

Для выбора сечения проводов питающих линий необходимо провести технико-экономическое сравнение нескольких вариантов. Выбрано четыре варианта сечений линий электропередачи: 1) АС-70/11 ($I_{доп} = 265 \text{ А}$); 2) АС-95/16 ($I_{доп} = 330 \text{ А}$); 3) АС-120/19 ($I_{доп} = 380 \text{ А}$); 4) АС-150/24 ($I_{доп} = 445 \text{ А}$).

Данные технико-экономического расчета приведены в табл. 1. В качестве исходных данных приняты: токовые нагрузки нормального и аварийного режимов; среднегодовая температура $ср t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$; время использования максимальных потерь $\tau = 4000 \text{ час/год}$; протяженность линий $L = 7 \text{ км}$; удельный вес алюминия $g_0 = 2703 \text{ кг/м}^3$; нормативный коэффициент отчислений $E_n = 0,332$; коэффициент амортизационных отчислений для ВЛ на железобетонных опорах, $a k = 2,8 \%$; коэффициент индексации по ценам на электротехническое оборудование $k = 100003$; коэффициент удорожания стоимости строительства ВЛ в условиях прохождения трассы по городской застройке $k = 1,6$; себестоимость производства и передачи электроэнергии $C_{п0} = 3,83 \text{ руб./кВт}^3$.

В табл. 2 показано сравнение вариантов сечения 110 кВ по указанным критериям.

Лучший вариант сечения линии будет соответствовать минимуму критерия при численном значении в пределах от 0 до 1,0.

Расчеты годовых затрат (табл. 1) и суммарные относительные критерии (табл. 2) показали, что варианты 3 и 4 с марками проводов АС-120 и АС-150 равноэкономичны. Наилучшим является провод марки АС-120/19 с параметрами $r_{020} = 0,245 \text{ Ом/км}$, $b_0 \times 10^{-6} = 2,651 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,427 \text{ Ом/км}$.

Вариант № 2. Напряжение питающих линий 35 кВ.

На рис. 2 представлена электрическая принципиальная схема электроснабжения завода при питающем напряжении 35 кВ.

Токи расчетные нормального и послеаварийного режимов:

$$I_{PH} = \frac{S_P}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{CP}} = \frac{28336,43}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 38,5} = 212,7 \text{ А.} \quad (13)$$

Сечение питающих линий рассчитано согласно экономической плотности тока и составило:

$$F_j = \frac{I_P}{j} = \frac{212,7}{1,1} = 193,4 \text{ мм}^2. \quad (14)$$

Рассмотрено три сечения с проводами марок: 1) АС-185/29; 2) АС-240/32; 3) АС-300/39.

Послеаварийный режим в сетях предполагает разрыв одной цепи, ток равен:

$$I_P = \frac{S_P}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{CP}} = \frac{28336,43}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 38,5} = 425,4 \text{ А.} \quad (15)$$

Результаты расчетов сведены в табл. 3 - 4.

Расчеты показали, что по критерию минимальных годовых затрат предпочтительным является провод марки АС-300/39. Причем варианты с проводами АС-185/29 и АС-240/32 имеют одинаковые характеристики (табл. 3).

По дополнительным критериям – коэффициенту загрузки линий и расходу цветного металла (табл. 4) – сопоставимыми являются варианты с проводами марок АС-240/32 и АС-300/39. ВЛ с проводом АС-300/39 имеет наименьшие эксплуатационные расходы, приемлемые потери электроэнергии и наиболее устойчива к гололедным и ветровым нагрузкам, минимальный коэффициент загрузки из представленных вариантов и единственный проходящий проверку на послеаварийный режим. На основании изложенного для ВЛ-35 кВ выбран провод марки АС-300/39.

Исходя из выбранных вариантов напряжений питающих линий, путем сравнения по экономическим показателям марок проводов в вариантах 1 и 2 имеем две марки провода на два вида напряжения: на 110 кВ – АС 120/19 мм²; на 35 кВ – АС 300/39 мм².

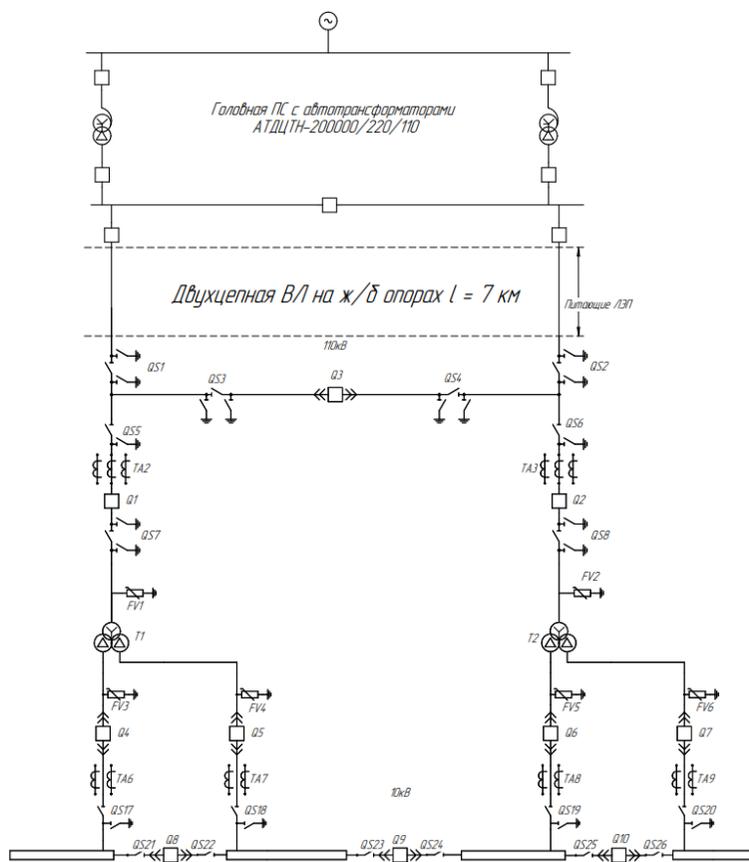


Рис. 1. Схема электроснабжения завода напряжением 110 кВ

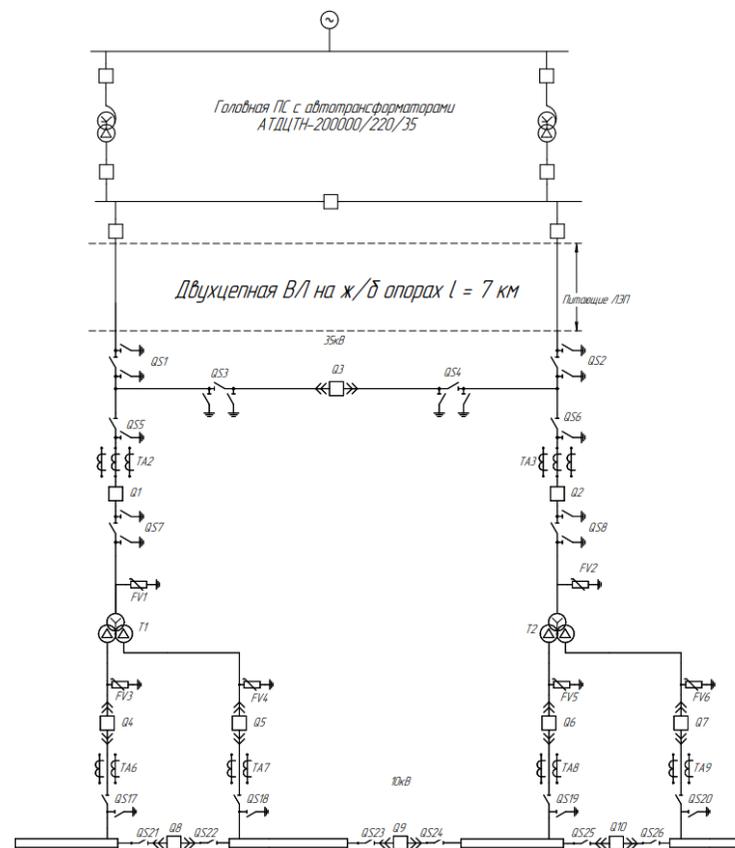


Рис. 2. Схема электроснабжения завода напряжением 35 кВ

Таблица 1

Результаты технико-экономического обоснования выбора сечений питающих линий 110 кВ

№ п/п	Марка провода	F, мм ²	R ₀₂₀ , Ом/км	R, Ом	K ₀ , т.р./км	K, млн.р.	I _{доп} , А	k _з	k _{з,а}	ΔP _н , кВт	ΔP _л , кВт	ΔЭ, млн.р./год	Сп, млн.р./год	Са, млн.р./год	Сэ=Сп+Са, млн.р./год	З, млн.р./год	ΔЗ, %
1	АС-70/11	70	0,42	2,94	21,4	0,1498	265	0,269	0,537	1689,46	530,76	2,123	0,0008	0,00539	0,00621	0,156	4,1
2	АС-95/16	95	0,299	2,093	21	0,147	330	0,216	0,432	1202,74	363,86	1,455	0,0006	0,00529	0,00585	0,153	4,0
3	АС-120/19	120	0,245	1,715	20,4	0,1428	390	0,183	0,365	985,52	281,35	1,125	0,0004	0,00514	0,00557	0,148	3,9
4	АС-150/24	150	0,194	1,358	22,2	0,1554	450	0,158	0,317	780,37	263,83	1,055	0,0004	0,00559	0,00600	0,161	3,9

Таблица 2

Сопоставление критериев выбора оптимального сечения питающих линий 110 кВ

№ п/п	Марка провода	K*	k _з *	ΔЭ*	Сэ*	З*	%*
1	АС-70/11	0,96	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00
2	АС-95/16	0,95	0,80	0,69	0,94	0,95	0,96
3	АС-120/19	0,92	0,68	0,53	0,90	0,92	0,94
4	АС-150/24	1,00	0,59	0,50	0,97	1,00	0,93

Таблица 3

Результаты технико-экономического обоснования выбора сечений питающих линий 35 кВ

№ п/п	Марка провода	F, мм ²	R ₀₂₀ , Ом /км	R, Ом	K ₀ , т.р. /км	K, млн.р.	I _{доп} А	k ₃	k _{3,a}	ΔP _н , кВт	ΔP _л , кВт	ΔЭ, млн.р /год	Сп, млн.р. /год	Са, млн.р. /год	Сэ=Сп+Са млн.р. /год	З, млн.р /год	ΔЗ %
1	АС-185/29	185	0,42	2,94	22,4	0,1568	520	0,409	0,818	16687,74	5744,04	22,976	0,0088	0,00564	0,01444	0,171	9,2
2	АС-240/32	240	0,245	1,71	25	0,175	605	0,352	0,703	9734,52	4173,67	16,695	0,0064	0,00630	0,01269	0,188	7,3
3	АС-300/39	300	0,194	1,35	26	0,182	710	0,300	0,599	7708,15	3574,55	14,298	0,0055	0,00655	0,01203	0,194	6,6

Таблица 4

Сопоставление критериев выбора оптимального сечения питающих линий 35 кВ

№ п/п	Марка провода	K*	k ₃ *	ΔЭ*	Сэ*	З*	%*
1	АС-185/29	0,86	1	1	1	0,88	1
2	АС-240/32	0,96	0,86	0,73	0,88	0,97	0,79
3	АС-300/39	1,00	0,73	0,62	0,83	1	0,72

Таблица 5

Сопоставление окончательных вариантов питающих линий

Вар.	Напряжение U, кВ	Марка провода	F, мм ²	K ₀ , т.р. /км	K, млн.р.	I _{доп} А	k ₃	k _{3,a}	ΔP _л , кВт	ΔЭ, млн.р/г од	Сп, млн.р/г од	Са, млн.р. /год	Сэ=Сп+Са, млн.р. /год	З, млн.р. /год	ΔЗ %
1	110 кВ	АС-120/19	120	20,4	0,142	390	0,18	0,365	281,35	1,125	0,0004	0,00514	0,00557	0,148	3,9
2	35 кВ	АС-300/39	300	26	0,182	710	0,30	0,599	3574,55	14,298	0,0055	0,00655	0,01203	0,194	6,6

Итоговый выбор напряжения питающих линий и сечения провода: отдаем предпочтение варианту № 1 на 110 кВ с проводом АС 120/19 мм², так как по сравнению с вариантом № 2 на 35 кВ с проводом АС 300/39 мм² он имеет преимущества – более экономичен по цветному металлу; имеет меньшие капитальные затраты; приемлемые потери электроэнергии; наиболее устойчив к гололедным и ветровым нагрузкам.

Литература

1 Щербаков, Е. Ф. Электроснабжение. Курсовое проектирование: учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. – СПб.: Лань, 2014. – 192 с.

2 Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

УДК 621.438.9

Верификация детерминированной модели турбины ГУБТ-25

Нагорная Ольга Юрьевна, старший преподаватель кафедры

«Энергетика теплотехнологий и газоснабжения»;

Горбунов Владимир Александрович, доктор технических наук,

профессор кафедры «Атомные электрические станции»;

Минеев Павел Алексеевич, аспирант кафедры «Атомные электрические станции»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет

имени В.И. Ленина», г. Иваново

В работе исследуются основные характеристики детерминированной модели турбины ГУБТ-25, разработанной в ИГЭУ, с целью ее верификации. Верификация моделей такого типа как один из этапов моделирования, необходимого для оценки энергоэффективности оборудования за пределами эксплуатации, является актуальной задачей в соответствии со стратегией развития энергетического сектора РФ. Сравнение параметров модели проводится с результатами инженерного расчета и экспериментальными данными. В ходе исследования сделан вывод о том, что модель прошла верификацию, но в дальнейшем может быть усовершенствована заменой идеального газа реальным в целях снижения погрешности.

В предыдущих исследованиях, проведенных в ИГЭУ, была построена детерминированная модель в пакете Ansys CFX[1] и нейросетевая модель газовой утилизационной бескомпрессорной турбины мощностью 25 МВт (ГУБТ-25) [2]. Целью

настоящего исследования является верификация детерминированной модели по экспериментальным данным с использованием результатов нейросетевого моделирования и по данным инженерного расчета представленной турбины. К основным задачам исследования относятся:

1. Описание основных характеристик ГУБТ-25.
2. Проведение инженерного расчета ГУБТ-25.
3. Сравнение характеристик турбины в номинальном режиме с данными инженерного расчета и на всем эксплуатационном диапазоне с результатами нейросетевого моделирования.

Детерминированная модель турбины позволяет выполнять прогноз изменения параметров рабочего тела и характеристик проточной части турбины за эксплуатационными пределами, что может быть использовано для исследования энергоэффективности турбины за этими пределами и последующего представления рекомендаций по режиму работы ГУБТ-25 непосредственно на производстве, а также для оценки возможности использования данной модели турбины на других предприятиях. Таким образом, в соответствии с энергетической стратегией России, одним из направлений которой является «4.2. Энергосбережение и повышение энергоэффективности» [3], задачи по оценке энергоэффективности и возможности внедрения экономичных газовых утилизационных турбин на промышленных производствах для утилизации дымовых газов (в представленной турбине в качестве рабочего тела используются уходящие газы доменных печей), а следовательно, как разработка, так и верификация инструментов (к которым относятся детерминированная и нейросетевая модели турбины) для воспроизведения этих типов оценок, является актуальной задачей.

Объектом исследования является турбина ГУБТ-25. Предмет исследования – детерминированная модель представленной турбины.

Газовая утилизационная бескомпрессорная турбина мощностью 25 МВт (ГУБТ-25) изготовлена ОАО «Невский завод» г. Санкт-Петербург. Турбина предназначена для привода электрогенератора с частотой вращения 1500 об/мин. Турбина четырехступенчатая, двухпоточная.

Турбина работает на предварительно очищенном доменном газе с относительной влажностью 100 % и температурой 40 - 50 °С и использует его потенциальную энергию с абсолютным давлением примерно 290 - 305 кПа и номинальным расходом 900000 м³/час. Основные характеристики турбины представлены в табл. 1.

Основные технические характеристики ГУБТ-25

Наименование параметра	Размерность	Расчетные	Фактические*
Объемный расход при давлении 0,101 МПа и температуре 0 °С	м ³ (н)/ч	900000	650000÷900000
Давление газа во входном патрубке	МПа	0,304	0,286÷0,296
Температура газа во входном патрубке	°С	40...60	30÷45 зимой 45÷55 летом
Давление газа в выходных патрубках турбины	МПа	0,108	0,110÷0,114
Температура газа в выходных патрубках турбины	°С	-	10÷25 зимой 15÷30 летом
Состав газа в объемных долях	%	СО = 21,0; СО ₂ = 21,0; Н ₂ = 2,0; N ₂ = 56,0	
Свободная вода	г/м ³ (н)	макс. 15	-
Содержание пыли	мг/м ³ (н)	макс. 30	-
Мощность на муфте турбины	МВт	22,5	-
КПД на муфте турбины	%	86,0	-
КПД генератора	%	97,5	-
Мощность на клеммах генератора	МВт	21,94	15,7

* - данные приведены с учетом опыта первого года эксплуатации ГУБТ-25.

Турбина имеет поворотные направляющие лопатки первой ступени, которые обеспечивают изменение расхода газа в диапазоне от -20 % до +10 % от номинала без существенного изменения экономичности турбины. Каждая поворотная направляющая лопатка вращается в двух сферических шарнирных подшипниках, имеющих внутреннее синтетическое покрытие трущихся поверхностей. Перемещение каждой направляющей лопатки осуществляется через рычаг, насаженный на верхнюю часть вала лопатки и зафиксированный штифтом и болтом с шайбой. Каждый рычаг через тягу регулируемой длины шарнирно связан с поворотным кольцом.

Инженерный расчет проведен по методике Уральского государственного технического университета «Газодинамический расчет многоступенчатой газовой турбины» [4]. В качестве исходных данных приняты следующие характеристики:

- расход газа на входе в турбину – 342,8 кг/с;
- частота вращения ротора турбины – 1500 м/с;
- остальные параметры представлены в табл. 2.

Данные инженерного расчета

Исходные данные						
Наименование	Величин а	Ед. измерения	Распределение параметров по ступеням			
			1	2	3	4
Давление газа перед ступенью	P_0	МПа	0,303	0,243	0,196	0,152
Температура газа перед ступенью	T_0	°С	40,40	32,13	24,20	14,97
Скорость газа на входе в сопло	c_0	м/с	190,67	185,86	200,92	205,85
Расчетная мощность						
Мощность ступени	N	МВт	2,811	2,693	3,138	3,325
Мощность турбины	N_{Σ}	МВт	11,967			

Искомой характеристикой детерминированной модели для последующего сравнения, в отличие от той, которая рассчитывалась в инженерном расчете – мощности, является расход. Все остальные параметры одинаковы в обоих случаях.

Как было упомянуто ранее, детерминированная модель турбины ГУБТ-25 была разработана в пакете Ansys CFX. Изображение турбины в постпроцессоре представлено на рис. 1.

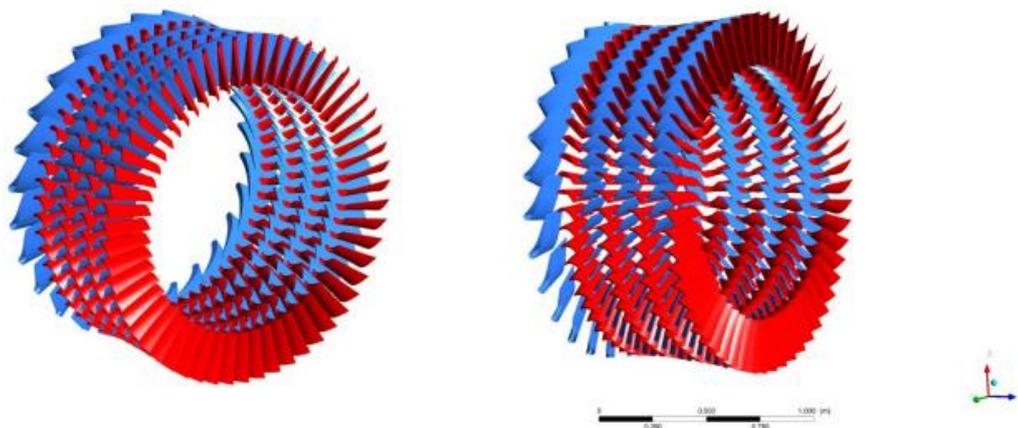


Рис. 1. Изображение детерминированной модели ГУБТ-25 в постпроцессоре

Искомое значение расхода детерминированной модели турбины составляет 307,4 кг/с, что на 10 % меньше данного показателя, полученного в инженерном расчете. Главным образом это обусловлено тем допущением модели, что в качестве рабочего тела используется идеальный газ [1]. Следовательно, детерминированная модель, в отличие от инженерного расчета, не учитывает показатель относительной влажности

доменного газа на входе в турбину (100 %), что приводит к занижению значений расхода газа.

Далее рассматривается сравнение значений расхода и мощности детерминированной и нейросетевой (экспериментальной) моделей в различных режимах работы в зависимости от температуры и давления доменного газа на входе в турбину (рис. 2). Погрешности вычисления при определении мощности турбины и расхода доменного находятся в пределах $\pm 5\%$.

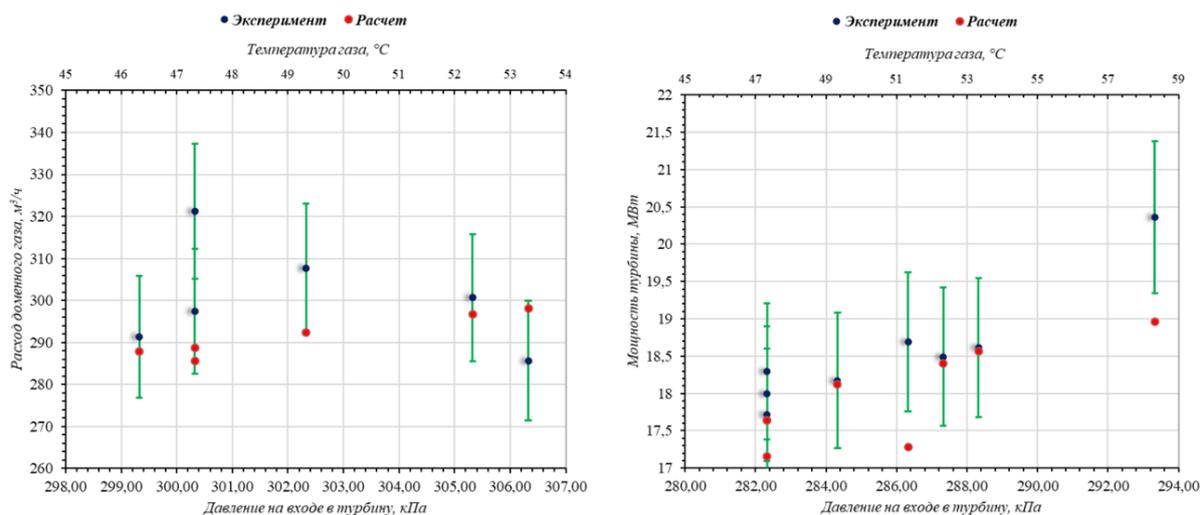


Рис. 2. Результаты экспериментальной (Эксперимент) и детерминированной (Расчет) моделей ГУБТ-25

Таким образом, в ходе исследования приведены основные режимные характеристики турбины ГУБТ-25 в табл. 1; проведен инженерный расчет представленной турбины; выполнен анализ результатов расчета расхода на детерминированной модели с данными инженерного расчета (погрешность составила 10 %) и с экспериментальными данными (погрешность составила $\pm 5\%$). В ходе анализа сделан вывод о том, что детерминированная модель работы ГУБТ-25 адекватно описывает физические процессы, происходящее в турбине.

Необходимо отметить, что при дальнейших исследованиях следует принимать во внимание то, что модель может давать несколько завышенные результаты при определении вырабатываемой мощности, поскольку детерминированная модель не учитывает такую особенность, как наличие отложений в проточной части турбины. Отложения неизбежно возникают по причине того, что доменный газ наряду с горючими углеводородами состоит из CO, CO₂, N₂, а также рассеянных в нем капелек воды, в которых во взвешенном виде находятся твердые частицы. Также на завышенные результаты мощности модели, построенной в ANSYS CFX, могут влиять

допущения, принятые в ходе исследования, в частности о том, что в модели в качестве рабочего тела используется идеальный газ, то есть не учитывается двухфазность (поток состоит из капелек влаги и газообразных веществ), присущая доменному газу в данном случае.

Литература

1. Разработка модели утилизационной газовой турбины / О. Ю. Нагорная, В. А. Горбунов, А. А. Павлов, П. А. Минеев // Вестник ИГЭУ. – 2022. – № 3. – С. 2-9.
2. Горбунов, В. А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / В. А. Горбунов. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2011. – 476 с.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года / Министерство энергетики РФ, 2020. – 93 с.
4. Тарасов, А. В. Газодинамический расчет многоступенчатой газовой турбины / А. В. Тарасов, В. М. Марковский. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 34 с.

УДК 621.436-232.001.5

Применение СОЖ для повышения эффективности производства

Овчинников Даниил Владимирович, 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 изменение показателей эффективности производства: качество механической обработки деталей, износ режущего инструмента и оснастки, изменение свойств структуры обрабатываемого металла при использовании в операциях механической обработки смазочно-охлаждающих жидкостей – разнообразных многокомпонентных жидких составов и эмульсий.

Современное машиностроение нуждается в развитии технологий высококачественной обработки изделий, а также в обеспечении высокого темпа производства. Для этого необходимо пересматривать технологические процессы

изготовления для итогового повышения эффективности. Существует множество путей увеличения итогового выпуска продукции, однако не каждое производство может себе позволить эти варианты, так как ресурсы, которые необходимо вложить в модернизацию, могут быть ограничены. В связи с этим нужно идти по наиболее экономически выгодным путям. Один из этих путей – использование смазочно-охлаждающих жидкостей в процессе обработки материалов.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) – разновидность вспомогательных материалов для обработки металлических поверхностей резанием. Предназначены для оптимизации процесса металлообработки на промышленном и производственном оборудовании [1]. Основное назначение – это отвод тепла от обрабатываемого материала инструмента за счет образования пленки на поверхности и предотвращение налипания стружки. Применение СОЖ (рис. 1) позволяет повысить стойкость (от 1,5 до 4 раз) и эксплуатационный период режущего инструмента, обеспечить защиту от коррозионных процессов и улучшить качество обрабатываемой поверхности [4]. Выбираются с учетом свойств обрабатываемых поверхностей и вида металлообработки. Основными критериями при выборе являются смазывающая и охлаждающая способность, безвредность и устойчивость к коррозии. Также подбор наиболее эффективной смазочно-охлаждающей жидкости зависит от комбинации обрабатываемой поверхности, вида обработки, инструмента и режима резания.

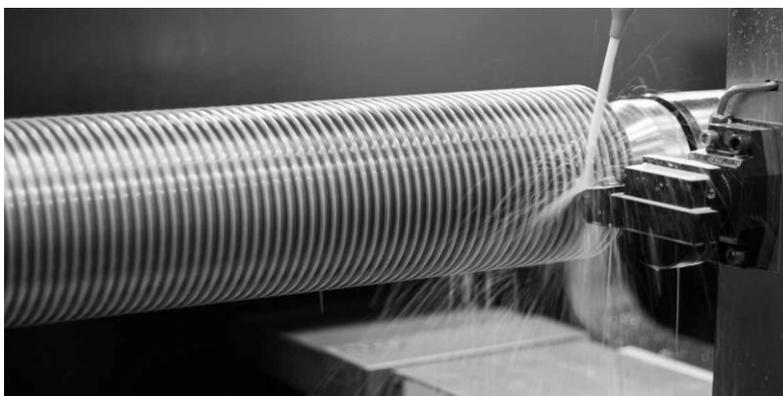


Рис. 1. Применение смазочно-охлаждающей жидкости

Одними из основных характеристик СОЖ являются плотность и вязкость. Они зависят от состава и определяют основные свойства смазочных материалов. В зависимости от условий, в которых применяют смазку, обращают внимание на ещё одно свойство – температуру замерзания.

В зависимости от состава СОЖ разделяют на масляные и водосмешиваемые.

Масляные СОЖ – это чистые минеральные масла (вязкость 2 – 40 мм²/с при 50 °С) или с добавками разнообразных функциональных присадок (противозадирные,

антифрикционные, антитуманные, антикоррозионные и пр.). Производятся из нефтепродуктов, в связи с чем относятся к горючим жидкостям.

Масляные СОЖ характеризуются показателями плотности, вязкости и температурой вспышки, что и является основными критериями выбора определенной марки смазочно-охлаждающей жидкости. Они традиционно используются при тяжелых режимах работы на металлорежущих станках – с низкими скоростями подачи и большой глубиной резания. Эмульсолы на основе минерального масла широко применяются при хонинговании, развертывании и сверлении, а также в случаях, когда уплотнение станка не позволяет использовать водосодержащие продукты.

Чистые минеральные масла без присадок имеют ограниченное применение и чаще всего применяются при простых работах с цветными металлами (бронза, латунь, медь), а также с углеродистыми сталями и чугуном. Для труднообрабатываемых материалов подходят масляные смазочно-охлаждающие жидкости более сложного состава с присадками.

Водосмешиваемые СОЖ в своем составе содержат различные органические и неорганические вещества, среди которых: спирты, вода, эмульгаторы, электролиты, биоциды, ингибиторы коррозии, противозадирные присадки и пр.

Поставка водосмешиваемых эмульсолов осуществляется в виде концентрата, который используется для приготовления рабочих эмульсий непосредственно на месте применения. При этом обязательным условием получения качественного продукта является правильное разбавление концентрата водой – он добавляется в воду и тщательно перемешивается.

Эта группа включает три основные разновидности СОЖ с разной дисперсностью основного компонента:

- эмульсионные: грубодисперсные продукты, получаемые путем разбавления водой эмульсолов, содержащих до 85 % минеральных масел. Вследствие смешивания эмульсола и воды в концентрации 5 - 30 % образуется эмульсия белого цвета, обладающая высокими смазывающими характеристиками;

- полусинтетические: концентрированные продукты с коллоидной степенью дисперсии, содержат до 50 % минеральных масел. Рабочий полупрозрачный раствор концентрацией 1 - 10 % получают при смешивании с водой. Он в равной мере характеризуется хорошими смазывающими и охлаждающими свойствами;

- синтетические: концентраты, не содержащие масел, имеют молекулярную степень дисперсности. Основные компоненты: поверхностно-активные вещества

(ПАВ), вода, водорастворимые полимеры и присадки. Рабочий раствор в концентрации 1 - 10 % обладает высокими охлаждающими свойствами.

Рассмотрим негативные факторы, возникающие при обработке резанием.

Обработка резанием – есть процесс взаимодействия режущего инструмента с материалом заготовки, сопровождающийся образованием стружки, тепла, упругими и необратимыми деформациями, износом, трением, наклёпом (упрочнением) и вибрациями. Рассмотрим подробнее процессы, которые возникают при резании [3].

Стружка образуется при обработке материала и, соответственно, может негативно сказаться как на конечном продукте, так и на оснастке, которая обрабатывает заготовку. При образовании стружки также происходит процесс её разрушения и образования множества мелких частиц (рис. 2), которые под воздействием сил трения ухудшают общую чистоту обработки и увеличивают износ инструмента.



Рис. 2. Металлическая стружка и пыль

Также увеличенное трение в ходе обработки приводит к повышению теплового выделения, соответственно, к общему повышению температуры как заготовки, так и оснастки. Это приводит к температурной (термической) деформации продукта (рис. 3) и увеличенному износу резца.

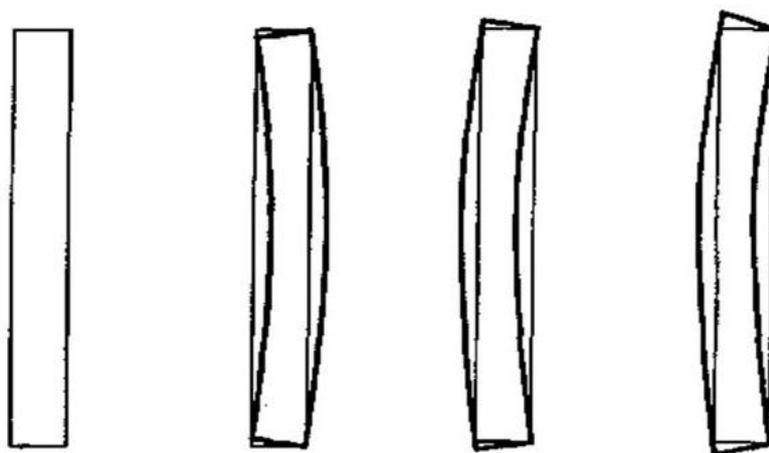


Рис. 3. Варианты термической деформации

Под влиянием пластической деформации изменяется кристаллическая решетка. Это приводит к росту сопротивляемости металла дальнейшему увеличению деформации. Металл упрочняется, его твердость повышается, вязкость уменьшается. Такое изменение свойств металла под влиянием пластической деформации называется наклепом (рис. 4).

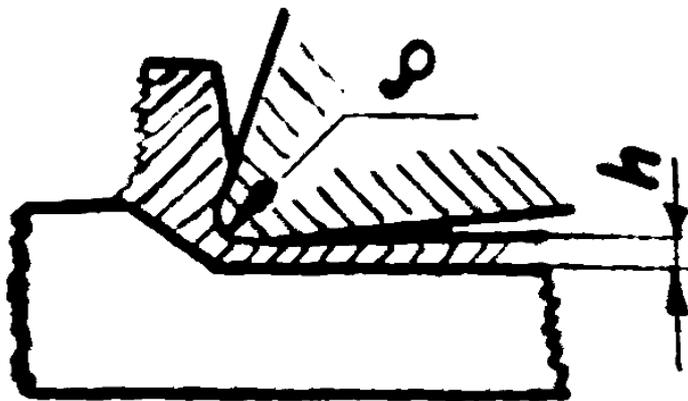


Рис. 4. Процесс образования наклёпа

Использование СОЖ позволяет снизить влияние негативных факторов, поскольку СОЖ – это смазочно-охлаждающая жидкость, и ее суть – это смазывание материала и отвод от него тепла. При использовании СОЖ на поверхности образуется тонкая защитная плёнка, которая предотвращает налипание металлической пыли на заготовку и инструмент.

Также за счёт смазывающего эффекта происходит уменьшение сил трения, благодаря этому температурный диапазон при обработке кратно снижается. За счёт уменьшения общей температуры и температурных колебаний, вызванных силами трения, происходит отвод тепла самой жидкостью. Это благотворно сказывается на итоговом результате, так как предотвращаются температурные деформации, которые могут окончательно испортить заготовку, выйдя за поля допуска. Ещё один фактор, который частично нивелируется использованием СОЖ, это упругие и пластические деформации.

Рассматривая использование СОЖ, необходимо рассмотреть способы подачи. В настоящий момент многие станки имеют специальную систему для подачи смазки, которая включает в себя следующие элементы: бак (резервуар); электрический или механический насос; систему трубок для подачи и обратного слива; кран для регулирования подачи жидкости. Также в некотором оборудовании присутствует система фильтрации СОЖ для возможного повторно использования.



Рис. 5. Система подачи СОЖ

На рис. 5 представлена система подачи для дополнительного оснащения станочного оборудования, где отсутствует штатный узел. Однако в мелкосерийных и единичных производствах, в виду ограниченности финансовых возможностей, допускается использование ручного способа подачи жидкости.

Говоря про экономическую сторону вопроса, необходимо посмотреть на текущую обстановку в целом. Резкое и многократное удорожание оснастки и производственного материала пагубно сказывается на общей выручке предприятий. В частности, это заметно на предприятиях, работающих с применением международных стандартов по системе ISO.

Рассмотрим факторы, проанализировав которые можно судить о повышении продуктивности и эффективности производственного процесса при использовании СОЖ.

Опираясь на принципы бережливого производства, суть которого в снижении экономических издержек, рассмотрим такие пункты, как дефекты и излишняя обработка [5].

Дефекты – это брак товара, который может быть как при нарушении условий производства, так и при нарушении условий хранения и транспортировки.

Излишняя обработка – операции, на которых создается избыточное качество или исправляются ранее созданные дефекты. Это нарушение процесса изготовления изделий, причиной которого является отсутствие единых стандартов, нарушение технического задания или нарушение технологического процесса.

Как было сказано ранее, использование смазки уменьшает, а иногда и вовсе устраняет такие факторы, как тепловая, упругая деформации, а также увеличивает чистоту обработки поверхности. В связи с этим убирается такая потеря, как излишняя

обработка, причиной которой служат дефекты и плохое качество обработки; время, затраченное на производство изделия, уменьшается; благодаря чему появляется возможность изменения общей программы выпуска для увеличения общего количества выходящей продукции.

Также один из факторов, на который благотворно влияет применение СОЖ, это стойкость инструмента.

Стойкость инструмента – это его способность сохранять свое служебное назначение при работе до критического износа, а время работы инструмента между его двумя последовательными переточками (заменами) называется периодом стойкости.

Стойкость инструмента зависит от режимов резания, что продемонстрировано на рис. 6, следовательно, при использовании смазочных средств можно пойти несколькими путями для получения необходимого нам эффекта.

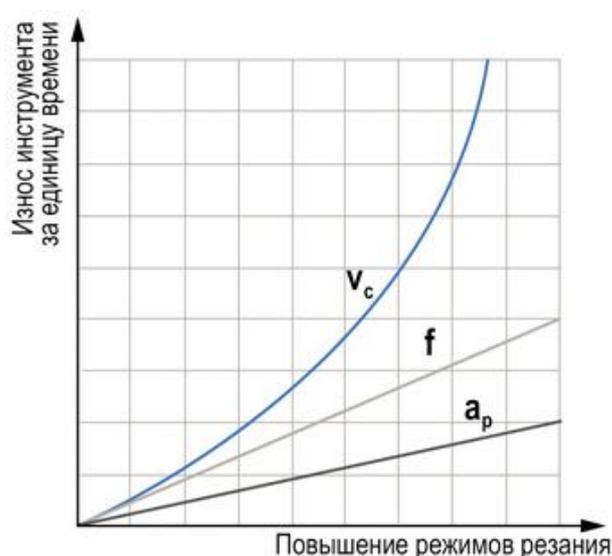


Рис. 6. График зависимости износа инструмента от параметров режима резания по модели Тейлора: v_c – скорость резания; f – подача; a_p – глубина резания

В первом случае мы можем сохранить прежние режимы, в связи с чем общее время жизни резца до заточки или замены увеличится в несколько раз, что поможет сократить издержки производства, в частности замены оснастки и логистические затраты на доставку.

Во втором случае мы можем пересмотреть режимы резания и внести изменения, впоследствии уменьшая нормированное время на производство детали. Это поможет увеличить такт выпуска изделий, позволяя пересмотреть и изменить общий годовой выпуск продукции.

Высокое качество и снижение цены на готовую продукцию делают её конкурентоспособной. Это положительно отражается на чистой прибыли и прочих финансово-экономических показателях организации.

Подводя итог по представленному материалу, получаем, что в настоящий момент необходимо оптимизировать процесс производства для повышения его экономических показателей путём повышения эффективности самого процесса. Использование СОЖ в процессе обработки материала благотворно сказывается на общих экономических показателях и позволяет исключить некоторые виды потерь.

Литература

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: справочник / Под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
2. Металлорежущие станки / Под ред. В. К. Тепинкичиева. – М.: «Машиностроение», 1973. – 472 с.
3. Белецкий, Д. Г. Справочник токаря-универсала / Д. Г. Белецкий, В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
4. Латышев, В. Н. Повышение эффективности СОЖ / В. Н. Латышев. – М.: «Машиностроение», 1975. – 88 с.
5. Масааки Имаи Кайдзен. Ключ к успеху японских компаний / Имаи Масааки. – 1986. – 380 с.
6. Романова, А. В. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания и качество поверхности / А. В. Романова, И. О. Кудашева // 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. 120-124.
7. Романова, А. В. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости при фрезеровании поверхностей / А. В. Романова, И. О. Кудашева // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 45-48.

Применение паровой поршневой машины на различных объектах эксплуатации

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,

профессор кафедры «Атомная энергетика»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

В данной статье рассмотрено применение паровых поршневых машин (ППМ) и различных установок на их базе. Дана краткая историческая справка создания ППМ и первоначального применения, а также основ классификации. Описано типовое устройство и принцип действия паровой поршневой машины. Проанализирована и представлена возможность применения альтернативного топлива, что позволяет решать экологические вопросы на месте эксплуатации таких энергоустановок. Рассмотрены некоторые объекты применения ППМ, в том числе транспортные.

Издавна под паровой поршневой машиной (ППМ) понимали тепловой двигатель поршневого типа, который работает на водяном паре, но после изобретения паровых турбин подобные моторы стали именовать турбомашинами.

Для генерации электроэнергии используются недорогие варианты местного твердого горючего из биомассы (дрова или опилки), благодаря чему были изобретены несколько технологий, ключевыми из которых являются:

- газификация – добывание малокалорийного горючего газа и его последующее применение в газопоршневом двигателе, который приводит в действие электрогенератор;
- сжигание твердого горючего в паровом котле и использование получаемого пара для работы паровой турбины;
- сжигание твердого топлива в паровом котле и применение пара для работы парового поршневого двигателя.

ППМ – это тепловой двигатель наружного сгорания, который преобразует энергию водяного пара в механическую работу возвратно-поступательного движения поршня, а после во вращательное движение вала.

Основанием классификации ППМ могут представляться следующие признаки [1]:

- по назначению: автомобильные, паровозные, стационарные и т. д.;
- по расположению: горизонтальные, наклонные и вертикальные;
- по количеству цилиндров: одноцилиндровые и многоцилиндровые, а особенно компаунд-машины и тандем-машины;
- по числу оборотов: с тихим ходом, среднеходные, а также быстроходные;
- по давлению и способу применения отработавшего пара: конденсационные, с противодавлением или с выхлопом в атмосферу и др.;
- по действию пара на поршень: несложного действия и двойного;
- по виду парораспределения: клапанные, прямоточные, с золотником и т. д.

Механизм ППМ представлен на рис. 1. Основная часть ППМ – это чугунный цилиндр 1, в котором ходит поршень 2. Около цилиндра размещен парораспределительный механизм, который состоит из золотниковой коробки, имеющей связь с паровым котлом. Помимо котла, коробка сквозь отверстия 3 при помощи двух окон 4 и 5 сообщается с конденсатором и с цилиндром. В этой коробке располагается золотник 6, который движется с помощью особого механизма путем тяги 7 следующим образом: при движении поршня вправо (рис. 1а) левая часть цилиндра сообщается с паровым котлом чрез окно 4, а правая часть – через окно 5 с атмосферой. Чистый пар помещается в цилиндр через левую часть, а отработанный пар выходит в атмосферу справа. При движении поршня влево (рис. 1б) золотник перемещается таким образом, что свежий пар входит в правую часть цилиндра, а отработанный пар уходит в атмосферу слева. Такой пар подается в цилиндр лишь в начале хода поршня. После этого из-за специальной формы золотника отработанный пар отсекается, и работа выполняется охлаждающимся и расширяющимся паром. Отсечка пара дает огромную экономию энергии [1].

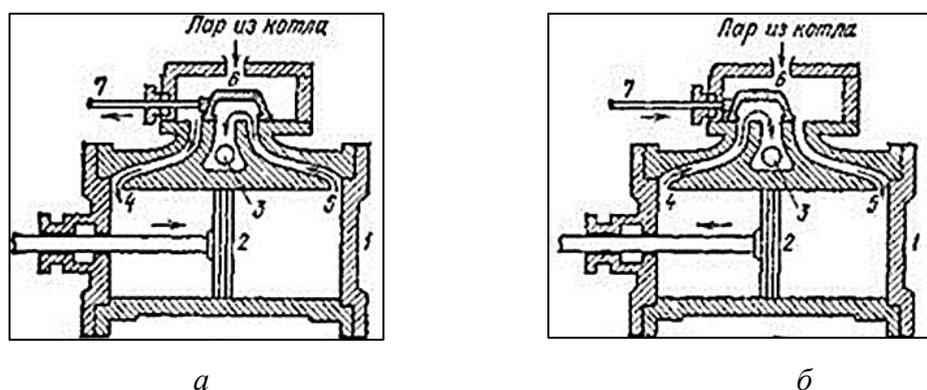


Рис. 1. Устройство и принцип действия паровой поршневой машины:
а – движение поршня направо; б – движение поршня налево [2]

Основное преимущество современных ППМ по сравнению с маломощными паровыми турбинами – это минимальное удельное расходование пара при равных параметрах температуры и давления пара на входе и выходе, а еще при равной мощности паровой машины и турбины. К преимуществам классических паровых машин можно отнести непрерывный удельный расход пара при изменении нагрузки и при неизменной частоте вращения.

Знаменитость во всем мире приобрели немецкие паровые моторы фирмы Spilling. Это одноступенчатые ППМ противодавленческого типа с системой золотникового расширения пара, которые отличаются от других нынешних ППМ, функционирующих по многостадийному принципу. У моделей паровых машин Spilling весьма небольшой охват мощности: от 100 кВт до 1,2 МВт. Но у них огромный ресурс, и в последние годы компания-производитель предлагает таковые механизмы на российском рынке для установки на производствах, где есть возможность и потребность редуцирования пара с расходом от 2,5 т/ч и на установках для утилизации отходов. Фирма Spilling поставляет паропоршневой мотор в сборе с электрогенератором в качестве готового к работе агрегата с системой управления, автоматизации и программным обеспечением (рис. 2а). Такой двигатель может работать на природном газе либо на биогазе в качестве детандера (рис. 2б).



а



б

*Рис. 2. Паровые установки компании Spilling:
а – паровой двигатель; б – газовый детандер [2]*

В нашей стране можно отметить научную команду «Промтеплоэнергетика» МАИ, которая предлагает занятное решение вопроса экономически подходящего использования паропоршневых машин в малой энергетике России. Авторы предлагают создавать паропоршневые двигатели на основе массово выпускаемых дизельных поршневых двигателей. В конструкции ДВС сохраняется практически весь механизм газораспределения, который в паропоршневых установках (ППУ) делается механизмом парораспределения, вдобавок сохраняется кривошипно-шатунный механизм. Похожий

подход гарантирует невысокую цену парового двигателя благодаря тому, что в производстве используются серийные автомобильные двигатели и запчасти к ним.

В качестве объектов, энергетическую результативность которых можно увеличить при использовании сегодняшних ППМ, могут выступать [3]:

- ◆ индустриальные и муниципальные котельные с паровыми котлами (паровая машина для привода электрогенератора и водяного насоса);
- ◆ паросиловые мини-теплоэлектростанции (мини-ТЭЦ), где паровую машину необходимо целенаправленно устанавливать взамен слабых паровых лопаточных и винтовых турбин, особенно если они изготовлены в одноступенчатом варианте;
- ◆ технологические производственные агрегаты на предприятиях, где по условиям реализации основных процессов выпуска продукции есть возможность с помощью парового котла-утилизатора использовать сбросное тепло.

В табл. 1 представлен удельный расход пара разнообразными агрегатами. В таблице сосредоточены данные по ППМ и паровым турбинам серии ОР, выпускавшихся до 1950 г., а еще по турбоагрегатам и ВПМ, которые выпускаются по сей день.

Для сравнения экономичности агрегатов, которые применяют пар различных исходных параметров, фактический удельный расход пересчитан для пара со следующими параметрами:

- ✓ давление пара на входе в установку – 1,2 МПа;
- ✓ температура пара на входе в агрегат – 260 °С;
- ✓ давление пара на выходе из аппарата – 0,3 МПа.

Таблица 1

Сравнительные характеристики паровых агрегатов малой мощности [4]

Вид агрегата	Модель агрегата	Давление пара на входе в агрегат, МПа	Темп-ра пара на входе в агрегат, °С	Давление пара на выходе из агрегата, МПа	Мощность агрегата, кВт	Фактич. удельн. расход пара, кг/кВт·ч	Коэффициент пересчета	Расчетн. удельн. расход пара, кг/кВт·ч
Турбины	ОР-0,3-1	1,50	260	0,10	300	25,0	1,06	26,5
	АП-0,75	3,50	435	0,10	750	13,1	1,12	14,7
	ТГ-0,75/Р13	1,20	250	0,40	740	17,6	0,96	16,9
	ОР-1,5-3	1,50	350	0,30	1500	14,5	1,02	14,8
	ТП-1100	1,47	220	0,04	800	12,0	1,04	12,5
	ТП-320	1,37	194	0,12	235	18,5	0,94	19,8
Машины	ВПМ	1,30	250	0,10	250	30,0	1,02	30,6
	ППМ СК-500	1,60	350	0,10	370	6,8	1,08	7,4
	ППМ ЛМ-Х	1,30	330	0,10	245	7,9	1,07	8,5

Сведения табл. 1 показывают, что удельный расход пара у поршневых машин, потребляющих пар низких параметров, приблизительно вдвое ниже, чем у турбин, употребляющих пар тех же параметров.

Малые тепловые электростанции (МТЭС) можно разбить на два самостоятельных модуля – энергетический и силовой (рис. 3).



Рис. 3. Принципиальная схема МТЭС с ППМ [4]

Энергетический модуль складывается из парового котла и котельно-вспомогательного оборудования. Котёл может быть барабанного типа либо прямоточного. Крайний котёл вынужден безостановочно работать в режиме наилучшей мощности, а пар должен отправляться в теплообменник. В качестве энергетического модуля может применяться любая действующая котельная.

Силовой модуль состоит из ППМ и соединённого с ней электрогенератора. При необходимости изменения соответствия получаемых от паровой машины тепловой и электрической энергий эта машина должна быть многоцилиндровой. В данном случае вероятны три варианта работы подобной машины [4]:

1. При работе в режиме единоразового расширения во все цилиндры подаётся пар из подводящей магистрали, после расширения в цилиндрах он отводится для дальнейшего использования.

2. В режиме двойного расширения пар из подводящей магистрали подаётся в наименьшую часть цилиндров, из них расширившийся пар вытесняется в ресивер. В остальные цилиндры пар подаётся из этого ресивера и срабатывается до атмосферного давления. В этом режиме может быть обретоено максимальное число механической либо электрической энергии.

3. В режиме с промежуточным отбором пара в часть цилиндров подаётся пар из подводящей магистрали, из них расширившийся пар вытесняется в ресивер, доля пара из ресивера идёт на технологические нужды, а остальной подаётся в цилиндры второй ступени.

Для изготовления ППМ используют главные узлы ДВС (рис. 4).

В настоящее время наибольшее распространение приобрел привод вспомогательного различного оборудования с выполнением функций электродвигателей. При этом преобразование механической энергии турбины в электрическую – на выходе из электрогенератора. На сегодня это самый доступный и удобный способ, но он не экономичен [5].



а



б

Рис. 4. Машина 2014 г. на базе двигателя 211Д (6Ч21/21), мощность 300 кВт, г. Балаково:

а – выпуск пара через золотники с приводом от распредвала;

б – впуск пара через клапаны с приводом от другого распредвала [2]

Альтернативой электроприводу представляется турбопривод – привод, в котором источником механической энергии является паровая машина малой мощности.

Когенерация – коллективное производство тепловой и электрической энергии – является особо экономичным способом применения всей энергии, содержащейся в топливе. Присутствует «большая» когенерация в виде ТЭЦ в крупных городах и «малая» когенерация в виде микро-КГУ (когенерационные установки), обеспечивающих частные дома электричеством и тепловой энергией для отопления и горячего водоснабжения.

Использование паровых двигателей в когенерационных установках имеет старые традиции. Например, в России в первой половине XX века многочисленно изготавливались локомобили для применения в зонах с неудовлетворительным обеспечением электроэнергией. Это были компактные энергоагрегаты на стационарном или колесном шасси, имеющие в составе соединенные в один блок паровые котел и двигатель. Они работали на угле, аграрных отходах и применялись для привода различных устройств либо выработки электроэнергии. Кроме того, остаточное тепло отработанного пара применялось для отопления, горячего водоснабжения и т.п.

В качестве образца можно привести стандартный маленький локомобиль П-25, массово выпускавшийся Людиновским локомобильным заводом (рис. 5) [6].

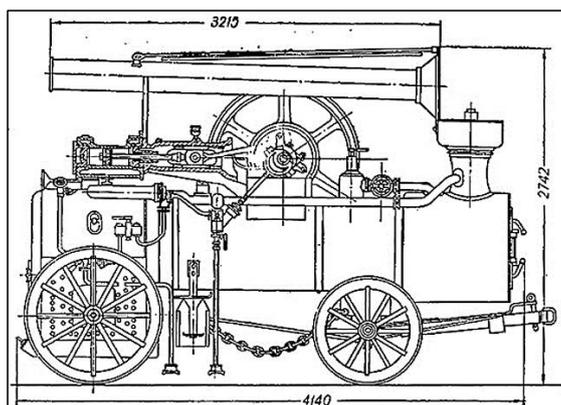


Рис. 5. Схема локомотива П-25 [2]

Актуальность применения ППМ в составе различных энергетических комплексов представлена в работе [7].

На основании вышеизложенного материала можно установить, что паропоршневые технологии являются перспективным направлением в деле создания практичного и экономичного КГУ для частного использования. Примеры исследований и внедрения в производство демонстрируют, что специалисты и компании из разных стран видят большие возможности в этом направлении и вкладывают силы и средства в развитие современных технологий применения пара в малой когенерации. Практика показывает, что на пути к микро-КГУ на паровом двигателе остается немало трудностей технического и экономического характера.

Литература

1. Студопедия – Информационный студенческий ресурс: [сайт]. – URL: https://studopedia.ru/21_61478_porshnevaya-parovaya-mashina.html (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.
2. Яндекс.Картинки: [сайт]. – URL: <https://yandex.ru/images/> (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
3. Передерий, С. Паровые установки для выработки электро- и тепловой энергии / С. Передерий // ЛесПромИнформ. – 2017. – № 6(128). – С. 126-128.
4. Жигалов, В. А. Использование тепловых электростанций с поршневыми паровыми машинами / В. А. Жигалов // Уголь. – 2017. – № 11 (1100). – С. 68-70.
5. Жигалов, В. А. Применение поршневых паровых машин для прямого привода вспомогательных механизмов ТЭС / В. А. Жигалов // Новости теплоснабжения. – 2020. – № 3(223). – С. 27-29.
6. Кропачев, А. Паропоршневые технологии в малых когенерационных установках / А. Кропачев // Аква-Терм. – 2017. – № 6(100). – С. 20-23.

7. Разуваев, А. В. Актуальность создания многофункциональных энерготехнологических комплексов на базе паропоршневой машины / А. В. Разуваев, И. Я. Редько // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – № 2. – 2022. – С. 60-63.

УДК 621.43

**Снижение эксплуатационного расхода топлива энергоустановками
за счет изменения частоты вращения коленчатого вала**

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

²Епишин Алексей Юрьевич, кандидат технических наук,
ведущий инженер по сборке и испытаниям дизелей и электростанций

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

²Акционерное общество «Волжский дизель имени Маминых», г. Балаково

В работе рассматривается вопрос повышения эксплуатационного расхода топлива энергетическими установками в составе дизелей. Представлена математическая модель расчета оптимизации работы энергоустановки с различными оборотами коленчатого вала. Разработаны рекомендации по эффективной эксплуатации энергоустановок с изменением параметров окружающего воздуха.

В работе рассмотрена эксплуатация современных дизелей в составе энергетических установок (ЭУ), а именно промышленных, судовых и тепловозных, которые используют заданную частоту вращения коленчатого вала при $n = 1000$ об/мин, что подтверждает условие эффективной работы двигателей.

Однако применение ЭУ с частотой вала при $n = 1000$ об/мин – условие обязательное, но с точки зрения экономичности и надежности по ресурсу жизненного цикла двигателей недостаточное.

Следовательно, применение нового закона управления ЭУ в эксплуатации при изменении частоты вращения коленчатого вала с $n = 1000$ об/мин на $n = 850$ об/мин позволяет снизить эксплуатационный расход топлива на 5...8 %, и при этом увеличивается ресурс двигателя и другие его параметры.

Влияние окружающего воздуха, температуры и атмосферного давления при разных условиях эксплуатации ЭУ изменяет рабочий процесс двигателя, а также его

экономичность. В первую очередь это связано с давлением наддува в системе дизеля, особенно при снижении влажности менее 50 %, и с ростом температуры окружающего воздуха более 308 К (35 °С).

При температурах окружающего воздуха более 308 К (35 °С) значение частоты коленчатого вала при $n = 1000$ об/мин необходимо поддерживать для большего значения количества насосных ходов двигателя, расходных характеристик и т. д. При эксплуатации дизелей и росте влажности, а также снижении температуры окружающего воздуха менее 283 К (10 °С) частоту вращения коленчатого вала необходимо уменьшать до $n = 850$ об/мин с целью сохранения баланса энергии, а также снижения эксплуатационных расходов.

В переходном процессе ЭУ при изменении заданной частоты вращения вала с 850 об/мин на 1000 об/мин увеличивается свободный запас по мощности в зоне, приближенной к номинальному режиму двигателя. В свою очередь, запас по мощности увеличивает ресурс двигателя по тепловым напряжениям деталей, однако незначительно ухудшает показатели топливной экономичности двигателя.

За 12...15 лет эксплуатации ЭУ 1А9ДГ с $P_e = 2206$ кВт при переходе частоты вращения коленчатого вала с 1000 об/мин на 850 об/мин наблюдается общее сокращение эксплуатационных расходов на 20 % от общих расходов, которые могли быть при частоте вращения вала, равной $n = 1000$ об/мин [1]. При этом снижается расход масла в 1,5 раза, расход топлива – в 1,6 раза, шумность – на 5 %, токсичность – на 46 %, дымность отработанных газов – на 13 %, уменьшение межремонтных пробегов тепловозов и при этом трудоемкости ремонта дизелей [1].

При работе ЭУ с системой электронного управления при частоте вращения коленчатого вала $n = 850$ об/мин требуется адаптировать тепловозную, винтовую характеристику в зависимости от температуры и давления окружающей среды.

С понижением частоты вращения коленчатого вала жесткость работы дизеля несколько увеличивается, что объясняется увеличением периода задержки воспламенения топлива из-за падения температуры наддувочного воздуха. Наибольшая рациональная динамика цикла может быть получена путем изменения угла опережения подачи топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала [3].

При изменении температуры воздуха с 288 К (15 °С) до 313 К (40 °С) номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя может быть увеличена с 850 об/мин до 1000 об/мин. В процессе работы двигателя изменяется нагрузка, частота вращения коленчатого вала, а также теплотехнические эксплуатационные показатели.

С ростом температуры воздуха окружающей среде выше 303...313 К (30...40 °С) увеличивается нагрузка на двигатель, а также частота вращения коленчатого вала, что сказывается на эффективности работы силовой установки.

Формирование скоростных характеристик ЭУ типа 211Д и 246Д, особенности их работы на режимах управления с показателями мощности, температуры и давления наддува, частоты вращения вала, а также время приема нагрузки (от 5 с до 20 с) подтверждает их адекватность в получении эксплуатационных характеристик и экономии топлива.

Уравнения, применяемые при законе управления заданной и действительной частоты вращения вала двигателя, определяются:

$$\frac{D \omega_d}{dt} = J_d (D \omega_{dz} - D \omega_{dd}) / T_e, \quad (1)$$

где, J_d – момент инерции вращения коленчатого вала двигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$, T_e – постоянная времени с, $D \omega_{dz}$ – заданная частота вращения коленчатого вала двигателя, рад/с, $D \omega_{dd}$ – действительная частота вращения коленчатого вала, рад/с.

Приращение эффективной мощности дизеля определяется:

$$\frac{DN_z}{dt} = (DN_{zz} - DN_{dd}) / T_e, \quad (2)$$

приращение эксплуатационного расхода топлива кг/с:

$$Dbt = H_u * bt * \eta_i = J_d \left(\frac{d \omega_d}{dt} * \frac{d \eta_i}{dt} \right) + bt \left(\frac{d \eta_i}{d \omega_d} * \frac{d \omega_d}{dt} \right) - \left(\frac{d N_M}{dt} + \frac{DN_z}{dt} \right), \quad (3)$$

при изменении показателей временной характеристики двигателя необходимо определить баланс энергии:

$$bt * H_u * \eta_i = N_M + N_z + J_d * \omega_d \frac{d \omega_d}{dt}, \quad (4)$$

при росте температуры окружающей среды от 288 К (15 °С) до 313 К (40 °С) частоту вращения коленчатого вала необходимо увеличивать с 850 об/мин до 1000 об/мин, что соответственно снижает скоростную характеристику двигателя.

Принято считать, что оптимальной по расходу топлива окажется та характеристика, которая будет ближе лежать к экономной. Тепловозная характеристика должна совпадать с экономической и располагаться близко к ней. Зона настройки Pe от (n_d) должна находиться в поле универсальной характеристики.

Результаты расчета эксплуатационных показателей ЭУ с дизелем 6ЧН 21/21 при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n = 1400$ об/мин представлены в

табл. 1, а предлагаемые при частоте вращения коленчатого вала 1300 об/мин представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты расчета эксплуатационных показателей ЭУ с дизелем 6ЧН 21/21
при номинальной частоте вращения коленчатого вала 1400 об/мин
(серийная скоростная характеристика)

№	Показатели дизеля	Серийная характеристика дизеля 21/21(211Д)							
		30	50	100	165	240	330	430	550
1	Р _е , кВт	30	50	100	165	240	330	430	550
2	n, об/мин	520	650	780	905	1030	1150	1250	1400
3	□д, рад/с	54,4	68,0	81,6	94,3	113,04	121,4	134,0	146,5
4	Гв, кг/с	0,108	0,168	0,243	0,326	0,418	0,543	0,683	0,835
5	Гг, кг/с	0,110	0,178	0,248	0,334	0,429	0,560	0,683	0,870
6	Вт, кг/ч	7,25	10,3	18,2	28,5	42,5	62,5	87,3	123,4
7	bt, кг/с	0,0020	0,0028	0,0050	0,0079	0,0118	0,0173	0,0242	0,0342
8	ge, г/кВт,ч	0,241	0,206	0,182	0,172	0,177	0,189	0,203	0,224
9	Рк, МПа	0,0328	0,0410	0,049	0,0570	0,0610	0,073	0,081	0,094
10	Нвсп, кВт	18,0	22,5	27,0	31,2	37,4	40,18	44,35	48,5
11	Твып.к, К	150	207	264	310	360	409	452	502
12	α (альфа)	3,77	4,19	3,39	2,88	2,41	2,20	1,97	1,71
13	η _i	0,368	0,409	0,417	0,426	0,440	0,446	0,4470	-

Таблица 2

Результаты расчета эксплуатационных показателей ЭУ с дизелем 6ЧН21/21
при номинальной частоте вращения коленчатого вала 1300 об/мин
(новая скоростная характеристика)

№	Показатели дизеля	Предлагаемая (новая) характеристика дизеля 21/21(211Д)							
		40	50	120	180	250	350	450	550
1	Р _е , кВт	40	50	120	180	250	350	450	550
2	n, об/мин	520	650	750	900	1000	1100	1200	1300
3	Гв, кг/с	0,135	0,187	0,210	0,280	0,404	0,499	0,717	0,842
4	Гг, кг/с	0,1376	0,1898	0,2160	0,2885	0,416	0,516	0,7415	0,8731
5	Вт, кг/ч	9,4	10,25	20,8	30,90	43,8	63,8	88,2	112,3
6	bt, кг/с	0,00261	0,00284	0,00577	0,00858	0,0121	0,0177	0,0245	0,0311
7	ge, г/кВт,ч	0,235	0,205	0,1736	0,1716	0,1756	0,1822	0,1962	0,2038
8	Рк, МПа	0,0408	0,0456	0,051	0,0588	0,0706	0,0783	0,094	0,102
9	Нвсп, кВт	18,0	22,5	25,95	31,14	34,6	38,06	43,25	44,98
11	α (альфа)	3,617	4,60	2,57	2,28	2,33	1,97	2,04	1,89
12	η _i	0,371	0,401	0,421	0,431	0,439	-	0,4471	0,454

Таким образом, например, для тепловозных дизелей перспективной считается работа с постоянной эффективной мощностью на режимах управления и зависящая от частоты вращения коленчатого вала. Причем частота вращения коленчатого вала независимо от выбранного режима двигателя должна быть регулируемой величиной.

Выбор алгоритма управления ЭУ в зависимости от температуры окружающего воздуха и чувствительности изменения температурных перепадов в системе дизеля необходимо делать с учетом адаптации в подборе винтовых и скоростных характеристик, что обеспечивает увеличение жизненного цикла ЭУ.

При этом делается вывод, что топливная экономичность дизелей определяется изменением частоты вращения коленчатого вала двигателя в зависимости от температуры окружающего воздуха:

1. Расположение тепловозной характеристики близкой к экономной.
2. Создать и адаптировать показатели двигателя к новым принятым показателям, которые закладываются при испытаниях таким образом, чтобы они устраивали разработчика, оператора.
3. Для перехода на частоту вращения коленчатого вала 850 об/мин необходимо увеличить расход воздуха дизелем не менее чем на 2,1 кг/с, для ЭУ с дизелем 8ЧН21/26, и не менее 1,1 кг/с для 6ЧН 21/21, расширить диаметр впускного коллектора на 10...15 % больше расчетного, а дымности газов отрегулировать на цикловую подачу топлива.

Выбор режимов управления ЭУ, а именно их условий работы в эксплуатации, повышает их надежность и экономичность.

Изменение частоты вращения коленчатого вала при постоянной эффективной мощности двигателя, вызванное изменением температуры окружающего воздуха, снижает удельный эксплуатационный расход топлива в эксплуатации от 3 до 5 %.

Снижение частоты вращения коленчатого вала с $n = 1000$ об/мин до 850 об/мин увеличивает жизненный цикл двигателя в эксплуатации на 5...8 %.

Литература

1. Бабел, М. В. Теоретические основы и методология выбора объемов и технологий модернизации тепловозов по критериям стоимости жизненного цикла; специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бабел Марек; Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта». – Москва, 2014. –266 с.

2. Луков, Н. М. Передачи мощности тепловозов / Н. М. Луков, К. И. Рудая. – М.: Транспорт, 1987. – 279 с.

3. Симсон, А. Э. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания / А. Э. Симсон, А. З. Хомич. – М. Транспорт, 1987. – 536 с.

УДК 621.311

Повышение энергобезопасности объектов атомной энергетики

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

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Князькина Екатерина Владимировна, 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

Обеспечение энергобезопасности объектов атомной энергетики является ключевой задачей нормального функционирования объектов социального назначения и жизнеобеспечения. В статье рассматривается типовое решение РДЭС как гаранта безопасности в системе электроснабжения для АЭС с реактором с ВВЭР-1000. Описано объёмно-планировочное и конструктивное решение здания РДЭС на основе принципа «физического» разделения. Для типового решения здания РДЭС авторами предложена конструктивная схема защитной оболочки с наличием динамических гасителей колебания в зоне опирания оболочки на шпунтовую стенку и надземной части здания РДЭС на подземную часть, что может обеспечить бесперебойную работу здания РДЭС при возможном подтоплении, а также повысить эксплуатационную надёжность при внештатных ситуациях.

В настоящее время инфраструктура градостроительного комплекса имеет необходимость в бесперебойном электроснабжении. Электроснабжение осуществляется с объектов аккумулирования энергии, в большинстве случаев объектов атомной, тепловой и гидравлической энергетики. Атомные станции являются экологически опасными объектами, и обеспечение недопустимости ядерной катастрофы является одним из важнейших элементов эксплуатации АС, что может быть заложено при грамотном подходе при проектировании не только оборудования и строительных конструкций ответственных объектов АС, но и объектов резервного

электрообеспечения при возможном выходе из строя основного генерирующего оборудования [1-6].

Авария на АЭС Фукусима (рис. 1) стала одной из самых резонансных в вопросе обеспечения энергобезопасности объектов атомной энергетики. В момент действия землетрясения три энергоблока в работе были остановлены посредством системы аварийной защиты, сработавшей в штатном режиме. Спустя час было прервано электроснабжение, включая источники от РДЭС. Предположительной причиной явилось последовавшее за землетрясением цунами [1].



Рис. 1. Тушение последствий возгорания на АЭС Фукусима в результате аварии

Чрезвычайное происшествие, связанное с аварией в энергосистеме, произошло 25 мая 2005 года, став одним из крупнейших по масштабности в 21 веке в России – нештатная ситуация потери устойчивости энергосистемы с последующим отключением линий электропередач в столице, на юго-западе Московской агломерации и параллельно в Тульской, Калужской, Рязанской области [2].

Неблагоприятные московские события 25 мая начали проявляться уже 23, 24 мая, когда на энергоподстанции «Чагино» в Люблино произошёл выход из строя ряда трансформаторов, являющихся устаревшими основными фондами. В результате нарушилось электроснабжение столичных районов Марьино, Печатники, Люблино и Текстильщики, а также нормальное функционирование Московского нефтеперерабатывающего завода.

25 мая в 05:30 МСК на подстанции «Чагино» из-за повреждения вышел из строя трансформатор, который являлся связующим элементом при переходе напряжения от 500 кВ до 110 кВ. Как результат возникло лавинообразное выключение

высоковольтных линий. В 10:55 произошла потеря генерации на ГЭС-1 им. П.Г. Смидовича, семи московских ТЭЦ и Каширской ГРЭС.

Возрастающие утренние потребности в электропотреблении привели к тому, что в 11:05 началось автоматическое отключение высоковольтных ЛЭП южной части Москвы и области. К 12 часам дня без электричества остались потребители Москвы и области (26 %), Тульской (87 %) и Калужской (22 %) областей.

В результате аварии были обесточены пять административных округов, в том числе детские сады, медицинские учреждения, несколько линий метро, около 800 поездов пассажирского и грузового назначения. Без электричества осталось множество людей, заблокированных в лифтовых шахтах, метро, поездах; некоторые остались беспомощными в сложившихся условиях в родильных домах, медицинских, образовательных и других социальных учреждениях. Кроме того, авария нарушила нормальную работу производственных предприятий, не говоря уже об отключении сотовой сети, доступа в интернет.

К 18 часам вечера удалось прекратить каскадное отключение и выполнить работы по восстановлению энергоснабжения социально значимых объектов и объектов жизнеобеспечения. К 21 часу было восстановлено энергоснабжение транспортной системы, а переподключение всех затронутых аварией потребителей удалось лишь к 16 часам 26 мая. Общий денежный убыток последствий аварии составили около 1,6 млрд рублей.

Другим примером энергетической аварии может быть приведена авария 19 декабря на Якутской ГРЭС [3]. В результате ЧС в 14:30 произошло отключение электроэнергии в Якутске, пригородах и 9 улусах. На ГРЭС были остановлены все 4 работоспособные ГТУ с обесточиванием 6 высоковольтных ЛЭП.

Якутия характеризуется суровыми температурными условиями. В день аварии температура на улице составляла -48 °С. Электроснабжение части улусов было восстановлено в 17:20, однако ещё в течение двух часов наблюдалось ограниченное подачи электроэнергии. К 22 часам все ведомственные и квартальные котельные вышли на нормальный режим энергообеспечения, в 23 часа нормализовалась ситуация в улусах.

На энергетических объектах для размещения оборудования системы аварийного электроснабжения применяется РДЭС [4]. Здание РДЭС является отдельно стоящим и располагается напротив здания безопасности определённого энергоблока. Схематично комплекс с РДЭС представляет собой энергоблок, самостоятельное здание РДЭС с примыкающим к нему складом топлива (рис. 2) [4-6].

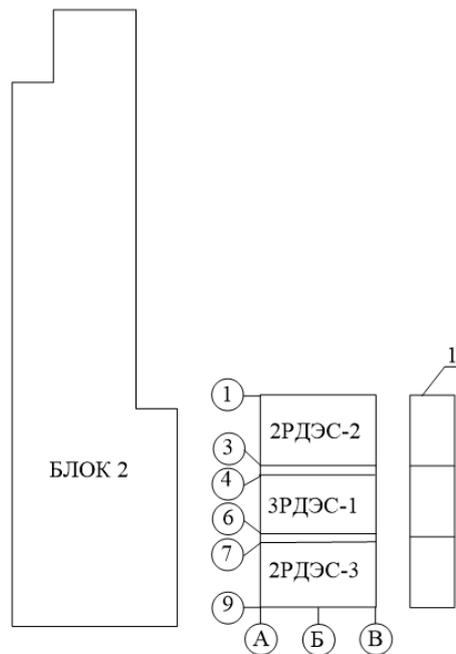


Рис. 2. Схема размещения здания РДЭС в компоновке генплана энергоблока АЭС

Здание РДЭС выполнено из монолитного железобетона. Размеры здания в плане: ширина 27 м, длина 56 м. Нижняя отметка подвала здания -7,200, отметка покрытия -10,8 м. На покрытии предусматривается эксплуатируемая кровля с выходами на 4 лестницы.

Здание не имеет радиоактивных систем, что относит его к зоне свободного доступа. Здание РДЭС разделено на 3 изолированных канала безопасности, обслуживаемых лестницами с площадками на отметках с -7,200 до +4,800, при этом лифты не предусматриваются.

Здание РДЭС сообщается с паровой камерой и складом топлива посредством технологических тоннелей.

В конструктивном исполнении здание РДЭС – пространственная, многопролётная, разноэтажная рама. Данная рама образована монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями, внутренними колоннами, а также монолитной фундаментной плитой. Подземная часть имеет 2 этажа, надземная 3 этажа.

В общем случае все толщины горизонтальных и вертикальных нагрузок определяются прочностным расчётом на основании невыгоднейших РСУ или РСН с учётом особых (например, сейсмических и взрывных воздействий). На Белорусской АЭС толщины конструкций следующие: перекрытия 1400 мм (расположение на отм. -3,600; 0,000; +4,800; +10,800), покрытие 600 мм, наружные стены 600 мм, внутренние стены и перегородки 200 мм и более.

Технологический тоннель и промежуточный склад топлива конструктивно выполнены как единые конструкции в форме прямоугольника в плане, разделённые по каналам безопасности монолитными железобетонными перегородками на самостоятельные объёмы.

По требованиям безопасной и бесперебойной эксплуатации здание РДЭС проектируют на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

ДЭС представляет собой совокупность помещений, в которых размещены дизель-генератор, вспомогательное оборудование и промежуточный подземный склад топлива (рис. 3).

Дизель-генератор обеспечивает один канал безопасности путём установки в изолированной ячейке и оборудуется автономными системами топлива, смазки, воды для охлаждения, пускового воздуха, управления, защиты и сигнализации. Одним из требований безопасной эксплуатации РДЭС является недопущение объединения цепей и коммуникаций ДГУ различных каналов безопасности.

На АЭС с реактором ВВЭР-1000 применяют РДЭС мощностью 5600 кВт [6], которую составляют такие части, как:

- дизель;
- синхронный генератор;
- системы автоматического управления дизель-генератором;
- система возбуждения;
- аварийная система подогрева воды и масла;
- водо-, масло- и топливоподкачивающие системы;
- система пускового воздуха.

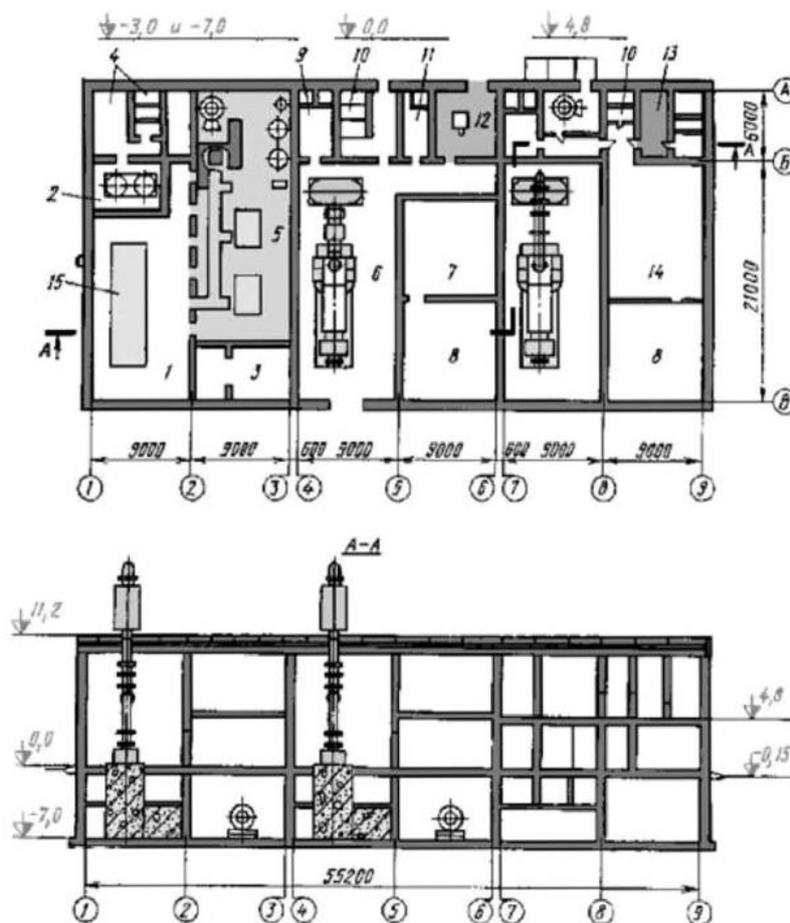


Рис. 3. Компоновка здания РДЭС:

- 1 - технологическое помещение; 2 - камера воздушного фильтра;
 3 - водоприемная камера; 4 - камера воздухозабора; 5 - насосная технической воды;
 б - машинный зал; 7 - щит управления; 8 - помещение вращающихся сеток;
 9 - вытяжная камера; 10 - камера всасывания; 11 - склад; 12 - компрессорная;
 13 - помещение топливных баков; 14 - антресоль для вентиляторов;
 15 - фундамент под дизель-генератор

При монтаже дизель монтируют на фундаментных балках, а генератор на фундаментную плиту [4]. Фундаментные балки и фундаментную плиту крепят к монолитному железобетонному фундаменту. Обеспечение энергобезопасности достигается правильным проектированием фундамента. Должны быть учтены комбинации нагрузок, включая кратковременные динамические при работе ДГУ, а также особые сейсмические и нагрузки при возможном взрыве. Одной из ключевых задач является недопущение возникновения условия резонанса работающего дизель-генератора и строительных конструкций здания РДЭС. Фундамент выполняется монолитным железобетонным значительной толщины, опирается на песчаную подушку, которая гасит колебания. В сейсмически опасных районах строительства

конструкция фундамента может предусматривать гасители колебаний или шарнирное соединение надземной части здания и фундамента.

Фундаментная плита под генератор – сварная конструкция из листовой стали. На стойке плиты со стороны выводов предусматривается 4 окна. Средние окна квадратные и служат для подсоединения патрубков подачи воздуха от направляющих щитков. Крайние окна выполняют выпуск горячего воздуха от возбудителя. Внутренний объём плиты разделён на три части посредством рёбер. Данные объёмы являются воздуховодами и выполняют определённые функции: средний – для подвода воздуха из патрубков в кожух возбудителя через окно в верхней полке, два боковых – для отвода воздуха.

Здания РДЭС располагаются между двумя блоками АЭС. Каждое здание РДЭС обеспечивает возможность установки 3 ДЭС мощностью 5600 кВт каждая. Габариты здания 55,2x21 м, нижняя отметка –7,5 м, верхняя 11,2 м.

Компоновка здания РДЭС подчинена принципу «физического разделения». Данный принцип означает, что две установки относятся к одному блоку, а третья к другому.

Дизель-генераторы и компрессоры расположены на нулевой отметке здания. Насосные станции технической воды компонуются в подземной части «ячеек» на отметке -7,0 м. На отм. +4,8 предусматриваются расходные топливные баки. Конструкция подвала до отм. 0,000, все фундаменты под дизель-генераторы выполняется из монолитного железобетона. Надземную часть здания выполняют из монолитного или сборного железобетона.

Надёжность рассмотренных решений зданий РДЭС для АЭС с ВВВЭР-1000 и в целом РДЭС АЭС с другими типами реакторов зависит от географических и сейсмических особенностей строительства атомных станций. При строительстве вблизи мест возможного подтопления, как показала авария на АС Фукусима [1], традиционного конструктивного решения здания РДЭС недостаточно. Для таких районов целесообразна герметизация здания РДЭС для обеспечения нормальной эксплуатации в случае подтопления. Авторами предлагается один из возможных вариантов герметизации путём устройства защитной оболочки прямоугольной формы в плане над надземной частью здания (рис. 4). Оболочка может быть выполнена из монолитного железобетона с преднапряжением, что увеличит эксплуатационную надёжность здания при возможных авариях. Для повышения надёжности грунтового основания и недопущения размыва грунта под фундаментом может быть устроена шпунтовая стенка. Для обеспечения условия строительства в сейсмически опасных

районах предлагается устройство ДГК (динамических гасителей колебания по типу пружин большой жёсткости) между надземной и подземной частями здания, а также между защитной оболочкой и шпунтовой стенкой. При условии возможного землетрясения колебания земной коры будут восприниматься шпунтовой стенкой и подземной частью здания РДЭС, но наличие ДГК позволит снизить амплитуду колебаний защитной оболочки надземной части и здания РДЭС и обеспечить тем самым их неподвижность.

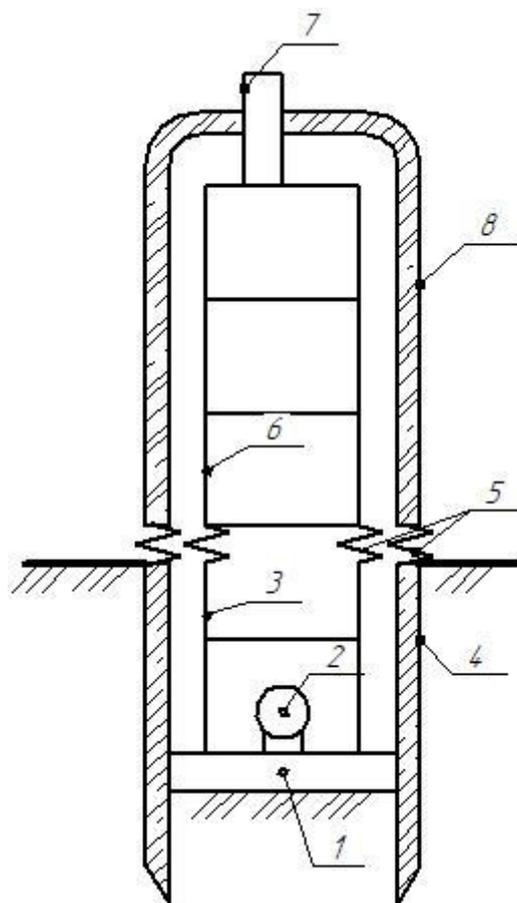


Рис. 4. Схема решения здания РДЭС с защитной ж/б оболочкой:

- 1 – фундамент здания; 2 – ДГУ; 3 – подземная часть здания; 4 – шпунтовая стенка;
5 – ДГК (динамические гасители колебаний); 6 – надземная часть здания;
7 – вытяжная труба; 8 – защитная оболочка*

Таким образом, обеспечение энергобезопасности объектов атомной энергетики является ключевой задачей нормального функционирования объектов жизнеобеспечения и социального обеспечения. РДЭС является неотъемлемым элементом в системе резервного электроснабжения АЭС. Соблюдение требований по проектированию здания РДЭС с «физическим» разделением, а также фундаментных конструкций с учётом динамических воздействий позволяет заложить элемент бесперебойности в работе ДГУ, функционирования всех технологических систем и

здания в целом. Кроме того, для сейсмически опасных районов и географически сложных районов, подверженных подтоплению из-за цунами и других природных катаклизмов, авторами предлагается вариант решения здания РДЭС с защитной ж/б оболочкой. Наличие оболочки и шпунтовой стенки обеспечит нормальную работу РДЭС при возможном подтоплении. Наличие ДГК обеспечит неизменяемость надземной части здания РДЭС при возможных сейсмических воздействиях, а конструкция оболочки и здания в целом может повысить эксплуатационную надёжность РДЭС при внештатных ситуациях.

Литература

1. РД 34.20.801-2000 Инструкция по расследованию и учёту технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей. – Москва: Энергосервис, 2001. – 22 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/8/8691/> (дата обращения: 10.03.2022). – Текст электронный.

2. Авария в энергосистеме Москвы 25 мая 2005 года. Досье – Биографии и справки / ТАСС: [сайт]. – URL: <https://tass.ru/info/1992764?> (дата обращения: 10.03.2022). – Текст электронный.

3. Авария на Якутской ГРЭС 19 декабря / Регнум: [сайт]. – URL: <https://regnum.ru/news/76045.html?> (дата обращения: 10.03.2022). – Текст электронный.

4. Техническое описание ТО.1,2,3,4.GV,GW,GX.ОТ/159 Дизель-генераторные установки резервных дизельных электростанций. – Балаково, 2007. – 304 с.

5. Раздел 7. Описание зданий и сооружений Белорусской АЭС: [сайт]. – URL: <https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/9fb/razdel-7-opisanie-zdaniy-i-sooruzheniy.pdf?ysclid=11aalqc7pc>. (дата обращения: 10.03.2022). – Текст электронный.

6. Якубенко, И. А. Технологические процессы производства тепловой и электрической энергии на АЭС / И. А. Якубенко, М. Э. Пинчук. – М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – 288 с.: [сайт]. – URL: https://ozlib.com/863685/tehnika/rezervnaya_dizel_elektricheskaya_stantsiya_vver_1000 (дата обращения: 10.03.2022). – Текст электронный.

**Возможность повышения эффективности применения
паровой поршневой машины**

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук,
профессор 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

В статье рассматривается и обосновывается актуальность и эффективность разработки, создания и применения многофункционального энерготехнологического комплекса на базе паровой поршневой машины на различных объектах. Также рассмотрена возможность применения технологии, способствующей повышению износостойкости и ресурса работы трущейся пары «втулка – поршень».

В настоящее время все более актуальным становится создание различных энерготехнологических комплексов. При этом ставится вопрос не только эффективности таких комплексов, но и возможности работать на различных видах топлива. И решение данного вопроса является делом относительно небольшого времени. Описываемый далее энергетический комплекс создается на базе паровой поршневой машины, а более подробное его описание представлено в работах [1, 2].

Некоторое описание принципиального многофункционального энерготехнологического комплекса (МФЭТК) представлено в работе [3].

Многофункциональный энерготехнологический комплекс на базе поршневой паровой машины может иметь самое разное применение, например, может быть приспособлен для выработки электрической энергии (электрогенератор), привода какого-либо технологического оборудования (например, компрессора, насоса, механизмов лесопилки, конвейера и т. д.). Отработавший пар из цилиндра используется в дальнейшем для отопления различных объектов, например построек в частных фермерских хозяйствах, особенно вдали от населённых пунктов и линий энергосетей [1].

Проведенная оценка экономической эффективности применения МФЭТК показывает, что его использование для автономного энергоснабжения достаточно реалистично на различных объектах [4]. При этом отмечается, что применение этого

комплекса способствует решению и экологических проблем на территории его эксплуатации.

Кроме того, разработки и применение предлагаемого многофункционального энерготехнологического комплекса предполагают возможность использовать возобновляемое топливо в виде дров. А также возможно получение топлива посредством использования газогенераторных технологий, твердых бытовых отходов и отходов различных производств и сельского хозяйства, что тем самым способствует решению вопросов утилизации ненужных отходов.

При создании конструкции и решении технологических вопросов должны закладываться современные технологии, способствующие повышению износостойкости и, следовательно, моторесурса трущейся пары «втулка - поршень».

Для этого можно рассмотреть несколько технологий нанесения защитных пленок, которые способствуют повышению износостойкости трущейся пары «втулка – поршень» и парораспределительного устройства, также имеющего свою пару трения.

Одним из методов напыления защитной пленки является ионно-плазменное напыление. Данный метод основан на использовании вакуумной среды и физико-химических свойств материалов испаряться и распыляться в безвоздушном пространстве.

Ионно-плазменное напыление обладает рядом преимуществ:

- Простая технология получения интерметаллидов, карбидов, нитридов.
- Равномерное нанесение покрытия на детали сложной формы.
- Толщина покрытия может варьироваться от 0,01 до 20 мкм.
- Покрытие не нуждается в финишной обработке.
- Имеется возможность наносить защитные покрытия при температуре поджига катода до 100 °С.

Покрытия, полученные ионно-плазменным напылением, позволяют решать важные технические задачи [5]:

- Повышение коррозионной устойчивости металлов при эксплуатации в водных и химических средах.
- Снижение различных видов износа, т. е. увеличение параметров износостойчивости.
- Обеспечение заданных поглощательных, излучательных, отражательных свойств излучений оптических и инфракрасных диапазонов.

- Обеспечение заданных электротехнических свойств на непроводящих материалах.

- Получение покрытий других назначений.

Выбор состава, толщины, технологии нанесения покрытия зависит от геометрии и вида изделия, массы, вида материала, а также от условий его эксплуатации и т. д. Это все отрабатывается экспериментально [5].

В первую очередь перед напылением необходимо очистить поверхность детали от различных видов загрязнений. Для очистки больших площадей металлических деталей используют очистку ионным травлением в атмосфере аргона.

Далее следует очистка бомбардировкой ионами металла. Тщательность очистки поверхности зависит от:

- величины высокого напряжения;
- плотности ионного тока металла;
- степени разряжения;
- общей площади деталей и их конфигурации.

Очистка проходит импульсно, включая ток дуги и выключая его. Время работы испарителя и паузы между ними подбираются в результате многовариантных исследований. Это делается для того, чтобы обеспечить равномерность прогрева детали без ее перегрева.

Вслед за этим осуществляется непосредственное напыление. Напыляют чистый металл или соединения нитрида, оксида, карбида и т. д.

Затем происходит охлаждение деталей. Они выдерживаются в вакуумной камере определенное время, после чего деталь можно сразу эксплуатировать.

Ионно-плазменные покрытия могут быть получены из любых материалов, которые проводят ток. Эти материалы должны допускать их разогрев вакуумной дугой.

Подложкой могут служить детали из диэлектриков, металлов, сплавов, полимеров, а также композиционных материалов, допускающих технологический разогрев в вакууме до определенных температур. Определенная температура зависит от вида покрытия. Высококачественные покрытия из чистых металлов могут быть получены при температурах не менее 80 - 100 °С, покрытия из нитридов могут быть получены при температурах не менее 150 - 300 °С, а карбидов при температуре не менее 250 - 400 °С.

Исходными материалами для вакуумного ионно-плазменного напыления являются катоды из напыляемых металлов. Например: титан, медь, хром, алюминий и т. д.

Чтобы получить соединения напыляемых металлов, применяют газы особой чистоты. Очень часто используют азот, кислород, водород, ацетилен, углекислый газ. Для того чтобы создать инертную среду в вакуумной камере, применяют аргон или гелий.

Рассмотрим состав и свойства применяемых покрытий [5].

1. Цинковое покрытие.

Цинковое покрытие защищает сталь от коррозии электрохимически при температурах до 70 °С, при более высоких температурах — механически. Покрытие предотвращает коррозию сталей при сопряжении с деталями из алюминия и его сплавов.

Покрытие обладает прочным сцеплением с основным металлом, низким сопротивлением механическому истиранию и повышенной хрупкостью при температурах выше 250 °С и ниже минус 70 °С. Покрытие обладает низкой химической стойкостью к воздействию продуктов, выделяющихся при старении органических материалов.

Микротвердость покрытия, наносимого электрохимическим способом, в среднем составляет 490 - 1180 МПа (50 - 120 кгс/мм²); удельное сопротивление при температуре 18 °С составляет $5,75 \times 10^{-8}$ Ом м.

2. Никелевое покрытие.

Никелевое покрытие является катодным по отношению к стали, алюминиевым и цинковым сплавам. Покрытие применяется для защитной, защитно-декоративной отделки деталей, повышения поверхностной твердости, износостойкости и электропроводности.

Покрытие служит барьерным слоем под покрытия золотом, серебром, сплавом олово-свинец и другими металлами, предотвращая диффузию меди, цинка, железа и других металлов.

Удельное сопротивление при температуре 18 °С — 7,23 - 10^{-8} Ом м; микротвердость блестящего покрытия — 4420 - 4900 МПа (450 - 500 кгс/мм²), полублестящего — 2940 - 3930 МПа (300 - 400 кгс/мм²); коэффициент отражения блестящего покрытия — 75 %. Допустимая рабочая температура — 650 °С.

3. Хромовое покрытие.

Хромовое покрытие является катодным по отношению к стали, алюминиевым и цинковым сплавам, обеспечивает защиту от коррозии и улучшает декоративный вид.

Твердое хромовое покрытие обладает высокой износостойкостью, жаростойкостью, низким коэффициентом трения, плохой смачиваемостью, низкой пластичностью. Покрытие эффективно работает на трение (при нанесении на твердую основу), хорошо выдерживает равномерно распределенную нагрузку, легко разрушается под действием сосредоточенных ударных нагрузок.

Пористое покрытие повышает износостойкость деталей. Покрытие характеризуется разветвленной сеткой трещин (поры расширены дополнительным анодным травлением).

Микротвердость твердого хромового покрытия – 7350 – 10780 МПа (750 - 1100 кгс/мм²), черного хромового покрытия – 2940 - 3430 МПа (300 - 350 кгс/мм²).

4. Медное покрытие.

Покрытие применяется в качестве технологического подслоя для уменьшения пористости и повышения сцепления других покрытий. Для защиты от коррозии как самостоятельное покрытие не рекомендуется из-за низкой коррозионной стойкости. Медь достаточно токсична для обитателей водной среды. При концентрации 0,001 мг/см³ соли меди тормозят развитие многих водных организмов, а при концентрации 0,004 мг/см³ оказывают токсическое действие на них.

Медное покрытие обладает высокой электро- и теплопроводностью, пластичностью, выдерживает глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо полируется, облегчает приработку, притирку и свинчивание; в свежесаженном состоянии хорошо паяется. С низкотемпературными припоями образует интерметаллические соединения, резко ухудшающие паяемость и прочность паяного соединения.

Допустимая рабочая температура покрытия – 300 °С; микротвердость покрытия — 590 - 1470 МПа (60 - 150 кгс/мм²); удельное сопротивление при температуре 18 °С – $1,68 \times 10^{-8}$ Ом м.

5. Покрытие сплавом медь - олово.

Покрытие высокооловянистым сплавом М-О(60) по отношению к стали является катодным, рекомендуется для повышения износостойкости электроконтактных деталей, а также для обеспечения пайки. Покрытие стойко к воздействию щелочей, слабых органических кислот и сернистых соединений.

Коэффициент отражения покрытия 60 - 65 %, сопротивление износу – в 4 раза больше, чем у серебряного покрытия; твердость в 5 - 6 раз больше твердости медного покрытия. Микротвердость покрытия – 5390 - 6370 МПа (550 - 650 кгс/мм²).

6. Оловянное покрытие.

Оловянное покрытие в атмосферных условиях является катодным по отношению к стали, анодным – во многих органических средах, а также по отношению к меди и ее сплавам, содержащим более 50 % меди. Покрытие рекомендуется для обеспечения пайки.

Оловянное покрытие стойко к действию серосодержащих соединений и рекомендуется для деталей, контактирующих со всеми видами пластмасс и резин. При эксплуатации оловянных покрытий при температуре ниже плюс 13 °С возможно разрушение покрытия вследствие перехода компактного белого олова (β -Sn) в порошкообразное серое олово (α -Sn) («оловянная чума»).

Микротвердость покрытия – 118 - 198 МПа (12 - 20 кгс/мм²); удельное сопротивление при 18 °С – $11,5 \times 10^{-8}$ Ом м. Допустимая рабочая температура покрытия – 200 °С.

Что же касается оборудования для ионно-плазменного напыления, то в настоящее время на территории России используется установка ННВ-6.6-И1 (рис. 1, 2). Она используется для нанесения защитных покрытий ионно-плазменным методом. Благодаря особенностям конструкции рабочей камеры установки есть возможность получать высококачественные, многослойные и однородные покрытия [6].

Установка состоит из следующих узлов:

- корпус;
- дверца;
- электродуговой испаритель;
- система водоохлаждения;
 - вакуумная система;
 - механизм вращения;
 - основание;
- электрическая часть.

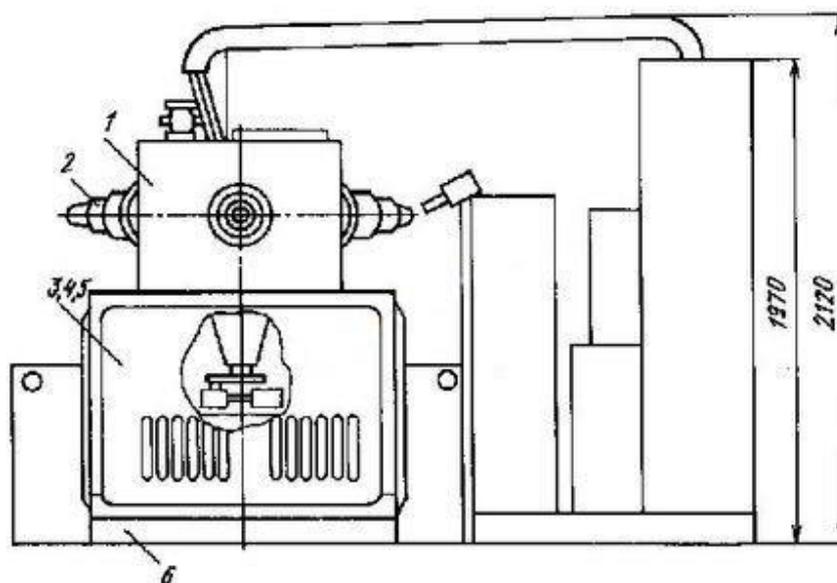


Рис. 1. Установка ионно-плазменная камерная вакуумная ННВ-6.6ИИ – общий вид:
 1 – дверца; 2 – электродуговой испаритель; 3, 4, 5 - система водоохлаждения,
 вакуумная система, механизм вращения; 6 - основание

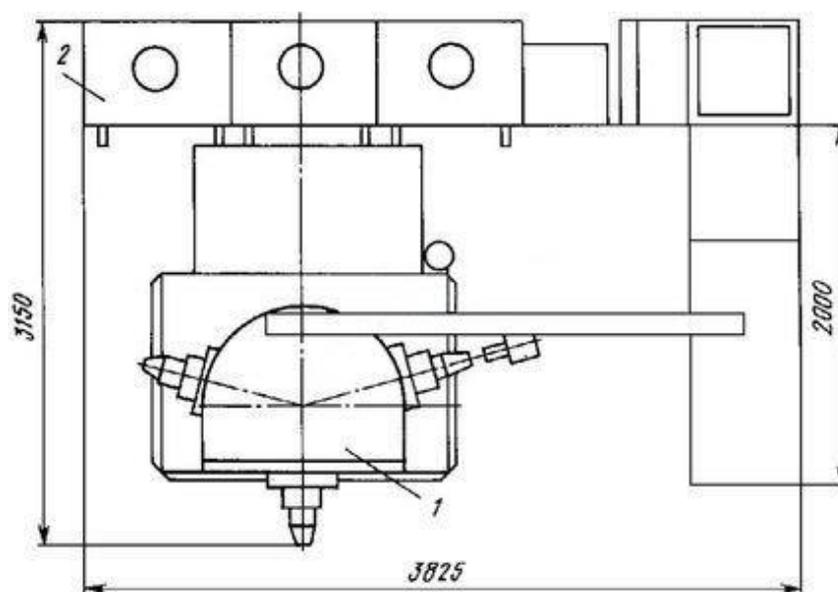


Рис. 2. Установка ионно-плазменная камерная вакуумная ННВ-6.6ИИ – вид сверху:
 1 – корпус; 2 – электрическая часть

Установка образует вакуумную среду. Корпус представлен в виде вертикального цилиндрического сосуда с боковым проемом, этот проем закрывает дверца. В стенках корпуса находится полость водоохлаждения или подогрева. На стенках корпуса установлены два электродугowych испарителя.

В стенках дверцы тоже имеется проем для водоохлаждения или подогрева. На дверце установлен третий электродуговой испаритель. Из трубопроводов и водораспределительной панели состоит система водоохлаждения. Расход воды регулируют вентили, которые установлены на коллекторе.

Вакуумная система дает возможность создать в камере необходимое рабочее давление. Благодаря автоматическому регулятору напуска рабочего газа можно регулировать остаточное давление. Система состоит из клапана с электромагнитным приводом, электронного блока управления и напускного регулируемого клапана.

Из электродвигателя постоянного тока и редуктора, соединённых клиноременной передачей, состоит механизм вращения. Электродвигатель дает возможность изменять число оборотов и направление вращения.

Основание предназначено для монтажа на нем камеры, системы водоохлаждения и подогрева, вакуумной системы. Вакуумная система и панель водоохлаждения расположены на площадке основания. В площадке под съемным листом размещены провода цепей управления и силовые цепи.

Электроснабжение производится от трехфазной сети напряжением 380 В, цепи управления питаются напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы: обоснована актуальность создания МФЭТК на базе паровой поршневой машины и применение этого комплекса на различных объектах для получения электрической, механической и тепловой энергии. Также путем применения альтернативных видов топлива возможно решение экологического вопроса. Кроме этого, ставится технологическая задача повышения износостойкости и моторесурса трущихся пар, а следовательно, и эффективности работы комплекса. При этом должны быть проанализированы и далее отработаны режимы обработки деталей разных размеров и форм.

Литература

1. Разуваев, А. В. Актуальность создания МФЭТК на базе паропоршневой машины / А. В. Разуваев, И. Я. Редько // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2022. – № 2. – С. 60-63.

2. Редько, И. Я. Актуальность применения паровых машин / А. В. Разуваев, И. Я. Редько // Энергетик. – 2019. – № 1. – С 27-30.

3. Razuvaev, A. V. Multifunctional energy-technological complex on the basis of a steam-piston power plant for autonomous facilities of various purposes / A. V. Razuvaev, R. A. Kobzev, I. Ya. Redko // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1111.

4. Razuvaev, A. V. Economic efficiency evaluation of applying the general-purpose heat and power plant based on the reciprocating steam engine / A. V. Razuvaev, R. A. Kobzev, I. Ya. Redko // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V. 1652.

5. Тарасенко, Ю. П. Оптимизация технологии нанесения ионно-плазменных покрытий нитрида титана на малогабаритные тонкостенные детали / Ю. П. Тарасенко, И. Н. Царева, Л. А. Кривина // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2011. – № 3(27). – Ч. 2. – С. 170-174.

6. О взаимосвязи структуры и деформационно-прочностных свойств металлических покрытий, нанесенных на полимер методом ионно-плазменного напыления / Д. А. Панчук, С. Л. Баженов, А. В. Большакова [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2011. – Т. 53. – № 3. – С. 372-377.

УДК 621.22

Анализ влияния температуры теплоносителя первого контура атомной энергоустановки на его уровень в корпусе компенсатора давления

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

Шалаев Владимир Дмитриевич, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

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

В работе представлен анализ изменения уровня теплоносителя в корпусе КД с учетом его параметров в реальных условиях эксплуатации, к которым относятся температура, давление и сопутствующие этому параметры – удельный вес или удельный объем. Как показывают оценочные расчеты, величина уровня изменяется на достаточно относительно высокую величину, что требует повышенного внимания к системе контроля и регулировки этого уровня в объеме первого контура.

Система компенсации давления (или еще можно – объема) двухконтурной атомной энергоустановки служит для компенсации объема теплоносителя при увеличении его температуры от «заливки» до номинальной рабочей температуры в первом контуре. При этом уровень теплоносителя в объеме самого корпуса компенсатора давления (КД) контролируется. Этот параметр служит косвенной информацией о температуре теплоносителя в первом контуре. Кроме этого, величина этого уровня влияет на величину давления теплоносителя в первом контуре

двухконтурной атомной энергоустановки (АЭУ), т. к. объем паровой подушки в верхней части КД связан с величиной давления теплоносителя.

Компенсатор давления как устройство представляет собой вертикальный сосуд, который установлен на кольцевой опоре, а внутренний объем составляет 79 м³.

Как известно, теплоносителем первого контура АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 является специально очищенная вода. Вода – наиболее дешевый и распространенный жидкий теплоноситель. Она обладает различными необходимыми теплофизическими свойствами, такими как плотность, теплопроводность, удельные вес, вязкость, теплоёмкость и другие.

Рассмотрим некоторые характеристики компенсатора давления для АЭС с реактором типа ВВЭР-1000, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики компенсатора давления для АЭС с реактором типа ВВЭР-1000

Характеристика	Единица измерения	Величина
Номинальное давление	МПа	15,7 ± 2,94
Расчётное давление	МПа	17,7
Давление гидроиспытания (на плотность)	МПа	19,6
Давление гидроиспытания (на прочность)	МПа	24,5
Номинальная температура для паровой подушки	°С	346 ± 2
Скорость разогрева корпуса при номинальных условиях	°С/час	< 20
Скорость расхолаживания корпуса при номинальных условиях	°С/час	< 20
Ёмкость внутри КД	м ³	79
Изменение объёма воды при изменении уровня на 0,1 м	м ³	0,707

В областях с температурами, близкими к температуре плавления воды, где вероятность образования «дырок» мала, используется следующая зависимость объёма от температуры [1]:

$$V = V_0 [1 + \alpha (T - T_0)], \quad (1)$$

где T_0 – температура, близкая к температуре плавления, К; V_0 – объём при температуре T_0 ; α – постоянный коэффициент, зависящий от температуры жидкости.

Для каждого вида жидкости постоянный коэффициент принимает свои значения. Для воды $\alpha = 0,535 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ при $T_0 = 305 \text{ K}$, но эти данные представлены для давления 1000 бар ($\sim 1000 \text{ атм}$), информация из работы [1, табл. 1].

Дальнейшие исследования показывают [1] следующие зависимости, и формула (1) будет упрощена и записана только в виде суммы двух первых слагаемых:

$$V = A + BT, \quad (2)$$

где $A = V_0(1 - \alpha T_0)$

$$B = \alpha V_0. \quad (3)$$

Для воды, находящейся при соответствующих параметрах, константы принимают по табл. 2 из работы [1].

Оценочные расчеты по этой формуле показывают, что при исходных данных $\alpha = 0,355 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $V_0 = 0,964 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ (данные для расчетов из табл. 1 работы [1]), $T_0 = 305 \text{ K}$ (данные для расчетов из табл. 1 работы [1]) величина отношения объемов исходного и при рабочей температуре теплоносителя 593 K ($320 \text{ }^\circ\text{C}$) составляет всего 2,8 %.

Эта величина противоречит данным работы [2] и в тоже время подтверждает, что в формулу 2 необходимо добавить дополнительный корректирующий параметр.

Для создания давления паровой подушки в КД теплоноситель нагревается от рабочей температуры $T_0 = 593 \text{ K}$ ($320 \text{ }^\circ\text{C}$) до температуры парообразования при необходимом давлении насыщения $T = 619 \text{ K}$ ($346 \text{ }^\circ\text{C}$), обеспечивающем заданное давление в первом контуре АЭУ величиной 16 МПа (160 атм).

Как известно, в компенсаторе давления происходит процесс перехода воды в газообразное состояние, образуя паровую подушку над теплоносителем, поэтому для расчётов будем использовать формулу (3).

Вследствие прогрева теплоносителя до рабочей температуры он занимает объём в КД $V = 55 \text{ м}^3$. Остальное пространство в размере 24 м^3 занимает паровая подушка. При снижении давления, в случае, когда паровая подушка не может полностью восстановить номинальное давление в первом контуре, срабатывают дополнительные группы электронагревателей. Они-то и догревают теплоноситель до необходимой температуры и тем самым обеспечивают заданное давление в первом контуре. Если давление увеличивается, то через распылители, расположенные в верхней части корпуса КД, и одновременно в объеме паровой подушки подаётся теплоноситель из «холодной» нитки циркуляционной петли первого контура. При этом давление начинает снижаться. В случае же, когда давление всё также продолжает расти,

срабатывают импульсно-предохранительные устройства, которые сбрасывают лишнее давление пара из КД в барботер.

На рис. 1 представлена технологическая схема системы компенсации давления.

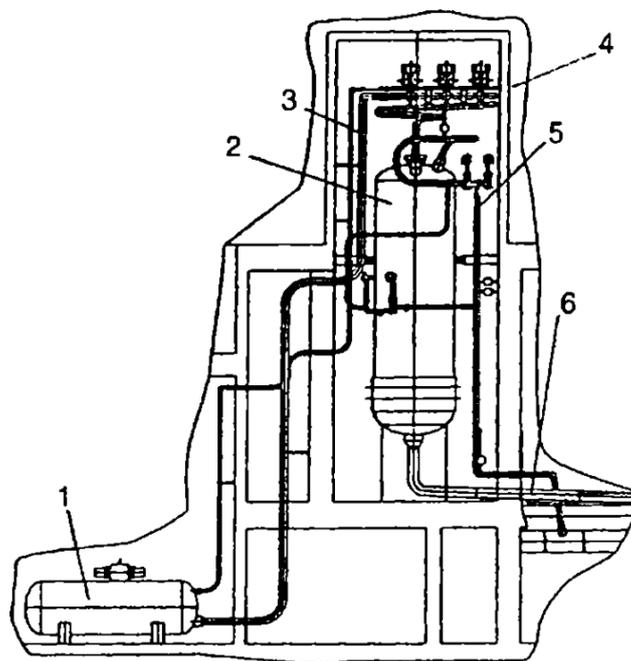


Рис. 1. Технологическая схема системы компенсации давления:

1 – барботер; 2 – компенсатор давления; 3 – трубопровод сброса пара; 4 – импульсно-предохранительные устройства; 5 – трубопровод впрыска теплоносителя; 6 – соединительный трубопровод

Импульсно-предохранительные устройства установлены на трубопроводе сброса пара из объема компенсатора давления в барботер. Всего установлено три таких импульсно-предохранительных устройства. Одно из них называется контрольным и настроено на давление открытия при давлении 17,76 МПа. Остальные два импульсно-предохранительных устройства называются рабочими или дополнительными, которые настроены на давление открытия при 18,24 МПа. Одно из трех импульсно-предохранительных устройств снабжено устройством для принудительного открытия главного предохранительного клапана при любом давлении в первом контуре. По данным работы [2], имеет место информация, что при нагреве теплоносителя до 280 °С объем увеличивается на 30 процентов.

Анализ литературных данных [1-3] показывает, что влияние температуры на изменение объема теплоносителя – достаточно сложная зависимость, и лучше ориентироваться на экспериментальные данные, имеющиеся в литературе. Так, в справочнике [3, табл. 9.1] имеются данные по удельному весу (величине, обратной удельному объему) при различных температурах и давлении воды. Эти данные сведены в табл. 2.

Данные по удельному весу при различных температурах и давлении воды

№ п/п	Наименование параметра	Величина параметра	
1	Температура начальная, T_0 К (°С)	273 (0)	Исходные параметры при температуре и давлении жидкости при ее заливке
2	Давление начальное P_0 , бар	20	
3	Удельный вес ν , кг/м ³	1001	
4	Удельный объем ν , м ³ /кг (1/ ν)	0,001	
5	Температура номинальная, T_0 К, (°С)	593 (320)	Параметры при номинальном режиме работы $T = 320$ °С и $P_0 = 160$ кг/см ²
6	Давление номинальное P_0 , кг/см ²	150	
7	Удельный вес ν , кг/м ³	679	
8	Удельный объем ν , м ³ /кг (1/ ν)	0,00147	

Параметры исходных и номинальных параметров воды взяты к максимально близким данным в таблице справочника.

Определим исходный вес воды, если известно, что в первом контуре имеется 370 м³ согласно данным [2]. Тогда вес $P = \nu \cdot V_0$ при исходных параметрах. Учтем, что вес теплоносителя остается одним и тем же при разных температурах. После этого можно вычислить объем теплоносителя, зная конечную рабочую температуру и соответствующее при этом давление, позиции 5 и 6 табл. 2. Далее возьмем отношение этих объемов и получим величину 1,47. Это и есть увеличение объема теплоносителя при повышении его температуры до номинального значения при эксплуатации с учетом значения величины давления при этом.

На основании проведенного анализа и проведенных расчетов по определению увеличения объема теплоносителя в первом контуре АЭУ составляет 47 %.

Проведем расчет по определению изменения уровня теплоносителя в КД при изменении его температуры на 1 градус.

Для этого воспользуемся данными для воды из табл. 9.1 из справочника [3] для параметров, приближенных к эксплуатационным. Так, для температуры $T_1 = 593$ К (320 °С) и $T_2 = 613$ К (340 °С) при одинаковом давлении $P = 150$ бар удельный вес составляет $\nu_1 = 679$ кг/м³ и $\nu_2 = 612$ кг/м³. Разность температуры составляет 20 °С, а отношение удельного веса составляет 11 %. Далее объем в 11 % от 55 м³ (это номинальный объем в корпусе КД при нагреве воды ТЭНами в этом объеме для получения паровой подушки) составит 6,05 м³, а на один градус будет составлять 0,3025 м³/град. Учитывая размер внутреннего диаметра корпуса КД в 1,5 м, площадь зеркала теплоносителя составит 7,065 м², тогда изменение высоты зеркала теплоносителя изменится на 149 мм, или округлим до 150 мм.

Проведем еще один расчет. При среднем значении изменения объема теплоносителя на 1 градус получится, что это среднее значение изменения уровня составит $\Delta V = 175,3 \text{ м}^3/320 \text{ }^\circ\text{C} = 0,5478 \text{ м}^3/^\circ\text{C}$. Тогда этот объем разделим на площадь зеркала теплоносителя, будем иметь уровень $0,5478 \text{ м}^3 / 7,065 \text{ м}^2 = 0,08 \text{ м}$, или порядка 80 мм.

На основании проведенного анализа и расчетов по средним величинам изменение объема теплоносителя при изменении его температуры на 1 градус показывает, что эта величина в ограниченном объеме КД для получения паровой подушки составляет 150 мм, а эта же средняя величина при изменении температуры от температуры заливки до номинального значения составляет порядка 80 мм.

Разница в этих параметрах объясняется просто: в КД эксплуатационные параметры воды (температура и давление) выше, чем средние значения тех же параметров по первому контуру. Но обращает на себя внимание величина параметра «изменение уровня зеркала воды в КД». Ведь получается, что общая величина изменения уровня составит 150 мм в самом первом контуре и 80 мм в замкнутом объеме КД для получения паровой подушки. В результате имеем величину 230 мм.

На основании того, что уровень может меняться на 230 мм при изменении температуры на 1 градус, изменение температуры теплоносителя на 2 или 3 градуса составит значительную величину (ведь это изменение объема теплоносителя). Поэтому системе контроля этой величины и придается такое важное значение.

Намеченные дальнейшие исследования в этом направлении позволят проанализировать систему контроля и регулирования этого важного параметра.

Литература

1. Фогельсон, Р. Л. Температурная зависимость объема жидкости / Р. Л. Фогельсон, Е. Р. Лихачев // Журнал технической физики. – 2009. – Т. 79. – Вып. 7. – С. 156-158.
2. Основное оборудование реакторного отделения. Центр подготовки персонала. Концерн «Росэнергоатом». – Балаковская атомная станция, 2000. – 178 с.
3. Чиркин, В. С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: справочник / В. С. Чиркин. – М.: Атомиздат, 1968. – С. 474.
4. Лихачев, Е. Р. Уравнение состояния жидкости // Вестник ВГУ. Серия: физика. Математика / Е. Р. Лихачев. – 2014. – № 3. – С. 41-48.

**Технологии снижения вредных выбросов
резервных дизельных энергоустановок метрополитена**

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Общетехнические дисциплины»
Федеральное государственное казенное военное
образовательное учреждение высшего образования
Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений)
Военной академии материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва,
Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрены вопросы снижения вредных выбросов с отработавшими газами резервных дизельных энергоустановок (ДЭУ) метрополитена, отличающихся специфическими условиями и режимами эксплуатации. Приведены некоторые результаты исследований по аналогичным ДЭУ, выполненных в организациях МО РФ, которые с успехом могут быть использованы на объектах метрополитена, что позволит существенно снизить вредные выбросы и сократить общие затраты на эксплуатацию энергетических объектов, расположенных на природоохранной территории.

В настоящее время в качестве резервных энергетических установок объектов метрополитена России используются дизельные энергетические установки (ДЭУ), которые были введены в эксплуатацию еще во времена СССР, например ДЭУ ДГ-4000 на базе двухтактных высокооборотных дизелей 16ДПН 23/2·30 (64Г) (рис. 1).



Рис. 1. Резервная дизельная электростанция с дизелями 64Г на одном из объектов Санкт-Петербургского метрополитена

Эти ДЭУ агрегатной мощностью 4 МВт выпускались в 70 - 80-х годах прошлого века заводом «Русский дизель». В настоящее время завода не существует, а техническую поддержку агрегатов осуществляет АО «КМЗ» (г. Кингисепп Ленинградской области). Дизели 16ДПН 23/2·30 (64Г) на сегодняшний день морально устарели и имеют крайне низкие (по сравнению с современными двигателями, выпускаемыми странами ЕС и США) технико-экономические и особенно экологические показатели. В табл. 1 представлены значения показателей выбросов с отработавшими газами (ОГ) указанных двигателей при работе по нагрузочной характеристике.

Таблица 1

Показатели выбросов с отработавшими газами дизелей 16ДПН 23/2·30 (64Г)

Показатель, единица измерения	Относительная нагрузка, Ne/Neн			
	0,25	0,5	0,75	1
Дымность, %	6,0	8,0	12,0	16,0
Удельный выброс сажи, г/кВт·ч	0,331	0,275	0,349	0,420
Удельный выброс NO _x , г/кВт·ч	26,25	23,64	22,43	21,66
Удельный выброс СН, г/кВт·ч	5,07	1,75	1,09	0,85
Удельный выброс СО, г/кВт·ч	3,65	1,94	3,81	6,23

Анализ данных табл. 1 показывает, что указанные двигатели в силу особенностей конструкции (разрабатывались в 60 - 80-е годы прошлого века) обладают крайне неблагоприятным спектром состава отработавших газов в части вредных (токсичных) выбросов и не соответствуют нормативным требованиям действующих государственных стандартов [1, 2].

Программы модернизации систем энергоснабжения объектов метрополитена большинства городов России предусматривают плановые замены этих установок на современные иностранные аналоги. Однако в связи с проведением в настоящее время ВС РФ специальной операции на Украине и введением США, ЕС, Японией и другими «недружественными» странами новых экономических и секторальных санкций рынки этих стран будут закрыты для нас полностью на долгие годы. Положение усугубляется тем, что в настоящее время промышленность РФ не выпускает ДЭУ мощностью более 2000 кВт, тем более адаптированных к условиям работы на объектах метрополитена.

Вместе с тем дизели 16ДПН 23/2·30 (64Г) хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации. Они обладают высокой надежностью и моторесурсом, который в силу специфики эксплуатации резервных установок выработан не более чем на 10...15 %. Поэтому при надлежащей технической поддержке ДГУ ДГ-4000 могут функционировать на объектах метрополитена еще долгие годы. При этом необходимо

разработать эффективные меры для нейтрализации вредных выбросов с ОГ.

Анализ режимов повседневной эксплуатации ДГУ в составе объектов метрополитена показывает преобладание режимов холостого хода и долевых нагрузок при осуществлении регламентных пусков. Работа дизелей на этих режимах, особенно при больших аэродинамических сопротивлениях газовыпускных трактов (ГВТ), которые имеют место на объектах метрополитена, характеризуется низким качеством рабочего процесса и, как следствие, повышенным выбросом продуктов неполного сгорания топлива и вредных веществ. Данная проблема усугубляется тем обстоятельством, что оголовки ГВТ ДЭУ метрополитена расположены в черте жилых застроек городов России, поэтому выбросы вредных веществ с ОГ причиняют существенный вред здоровью людей, а их визуальные признаки – дым и неприятный запах – вызывают негативную реакцию общественности.

В этой связи полезно обратиться к опыту МО РФ, которое также осуществляет техническую эксплуатацию аналогичных ДЭУ.

На рис. 2 представлены основные технологии снижения вредных выбросов с ОГ ДВС.



Рис. 2. Основные технологии снижения вредных выбросов с ОГ ДВС

Анализ их достоинств и недостатков, а также специфических особенностей дизелей 16ДПН 23/2·30, в отработавших газах которых в силу целого ряда конструктивных недостатков содержится большое количество аэрозолей моторного масла, позволил рекомендовать для условий, аналогичных условиям метрополитена,

технологии жидкостной нейтрализации ОГ путем их контактной обработки при распыливании жидкости в поток ОГ [3]. При этом сухая (каталитическая) очистка ОГ, которая широко применяется для автомобильных двигателей, здесь будет совершенно неэффективной по причине быстрого выхода из строя сухих очищающих элементов в результате их взаимодействия с аэрозолями моторного масла.

Для реализации технологии [3] в ВИТУ МО РФ в начале 2000-х годов была разработана система нейтрализации ОГ, которая прошла проверку на опытно-экспериментальном стенде с двухтактным дизелем ЯАЗ-204 (4Д10,8/12,7), являющимся масштабированной моделью ДЭУ ДГ-4000 со штатной системой газовыпуска большой протяженности [4]. Результаты испытаний подтвердили эффективность предложенного способа жидкостной нейтрализации ОГ дизелей путем форсуночного распыливания воды в выхлопной тракт. При подаче воды со средним удельным расходом 1 л/кВт·ч во всем диапазоне нагрузочных режимов имеет место снижение дымности ОГ на 40...60 % и снижение концентрации углеводородов в ОГ на 40 %, при этом концентрация оксидов азота в ОГ практически не изменялась [4].

В 2017 году специалистами ВА МТО МО РФ совместно с ООО «ЦНИДИ-Экосервис» была разработана более эффективная технология жидкостной нейтрализации ОГ [5], которая может быть применена в ДЭУ ДГ-4000 на объектах метрополитена.

На рис. 3 представлена схема системы нейтрализации ОГ, реализующая данную технологию.

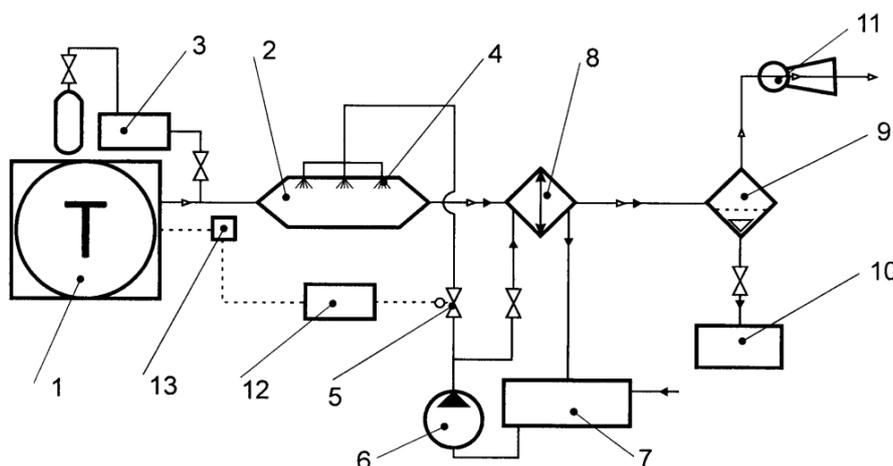
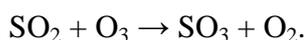
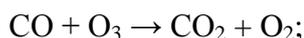
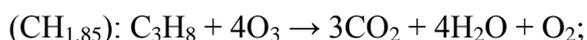
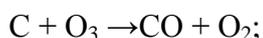


Рис. 3. Схема системы нейтрализации ОГ:

- 1 – дизель; 2 – газовыхлопной тракт; 3 – озонатор; 4 – устройство для распыливания воды; 5 – запорно-регулирующий орган; 6 – насос; 7 – емкость запаса воды; 8 – газоохладитель-конденсатор; 9 – сепаратор; 10 – накопительная емкость; 11 – эжектор; 12 – блок управления; 13 – датчик нагрузки

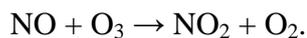
При реализации технологии высокотемпературные продукты сгорания поступают в протяженный ГВТ, состоящий из пяти участков.

На первом участке ОГ смешивают с озоновоздушной смесью, полученной путем озонирования потока воздуха в озонаторе 3. Наличие озона активизирует процессы некаталитического окисления вредных веществ в потоке отработавших газов при температуре выше 250 °С в соответствии со следующими химическими реакциями:



Таким образом, в составе отработавших газов существенно уменьшится количество взвешенных частиц, углеводов, окиси углерода и окиси серы.

На втором участке в горячую смесь ОГ с озоновоздушной смесью распыляют воду. Вода испаряется, охлаждая горячую смесь до температуры 200 °С. В этих условиях происходит интенсивное окисление оксида азота NO по химической реакции:



Расход воды, распыляемой в смесь ОГ с озоновоздушной смесью, регулируют в зависимости от изменения нагрузки на двигатель с помощью блока управления 7.

При достаточно протяженном выхлопном тракте степень окисления оксида азота достигает 50 %.

На третьем участке полученную смесь газов в газоохладителе-конденсаторе 8 охлаждают до температуры ниже точки росы, при этом большая часть водяных паров в виде конденсата отделяется от газовой смеси.

На четвертом участке газовую смесь сепарируют, при этом происходит окончательное отделение от газа конденсата в виде водяной и сажевой фаз. При этом в конденсате растворяются NO₂, SO₂, аэрозоли масла, взвешенных частиц и углеводов. Конденсат сливается в накопительную емкость 10, затем утилизируется. Таким путём происходит очистка ОГ от вредных веществ. В частности, газовую смесь сепарируют в фазовом разделителе типа скруббер 9.

На пятом участке очищенные отработавшие газы разбавляют атмосферным воздухом и удаляют в атмосферу. Таким способом устраняют неприятный запах выхлопа двигателя в районе выброса.

Разработанные технологии и оборудование для очистки газов дизелей 16ДПН 23/2·30 могут быть использованы на объектах метрополитена в габаритах существующих сооружений. Их применение позволит обеспечить сокращение

концентрации вредных веществ в следующих пределах:

- оксиды азота NO_x – 25...60 % (окончательно пределы возможного сокращения NO_x определяются на основании результатов обследования объекта и условий его эксплуатации);

- дымность (сажевые частицы) – 60...90 % (в зависимости от режима работы двигателя);

- дымность (аэрозоль несгоревшего топлива и смазочного масла) – 25...60 % (в зависимости от режима работы двигателя).

Литература

1. ГОСТ 31967-2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. – М.: АО «Кодекс», 2018.

2. ГОСТ 24028-2013 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. – М.: АО «Кодекс», 2021.

3. Патент № 2204028 Российская Федерация, МПК 7 F 01 N3/04. Способ нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания: заявл. 20.01.2003: опубл. 10.05.2003 / Романенко Н. П., Мамалыга В. М., Калинин Р. И., Калинин В. Р., Агафонов А. Н., Сайданов В. О., Прутчиков И. О., Мартемьянов О. Л., Слесаренко И. В.

4. Сайданов, В. О. Улучшение экологических показателей резервных дизельных энергетических установок метрополитена / В. О. Сайданов, И. В. Слесаренко, С. Н. Езерский // Двигателестроение. – 2007. – № 2. – С. 24-28.

5. Патент 2620623 Российская Федерация, МПК 7 F 01 N3/04. Способ очистки и утилизации отработавших газов и устройство для его реализации: заявл. 12.10.2015: опубл. 29.05. 2017 / Новиков Л. А., Варушин Е. В., Сайданов В. О.

Прогнозирование бездефектного динамического горячего прессования пористых порошковых образцов

Синельщиков Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Машиностроение и прикладная механика»;

Томилин Сергей Алексеевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машиностроение и прикладная механика»

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

Представлены данные о пластичности нагретых пористых порошковых материалов, полученных при осадке образцов. Предложена оценка потери пластичности порошкового материала осаживаемых образцов в виде появления первых трещин протяжённостью примерно 3 - 4 частицы на бочкообразной поверхности. Сформулированы рекомендации по расчёту поперечных размеров пористой заготовки для её динамического горячего прессования без трещин в матрице заданного диаметра.

Применение изделия из порошковых материалов в различных областях машиностроения и в атомной энергетике во многом зависит от требований к прочностным, пластическим, температурным и другим свойствам, а также требованиям, связанным с обеспечением их безопасной эксплуатации.

В качестве рабочих деталей атомных реакторов некоторых типов АЭС применяют плотные изделия из порошковых материалов с конструктивными свойствами, в то время как пористые – для эффективной фильтрации отработанной воды в охлаждающих контурах.

Порошковидные материалы находят применение для изготовления поглотителей с замедлителями, а также стержней для регулировки и тепловыделяющих элементов.

Изготовление деталей уплотнения энергетической арматуры высоких параметров, а также формирование высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковой бронзы с использованием порошковой стали приведены в [1-3].

Технология динамического горячего прессования (ДГП) позволяет изготавливать высокоплотные сложные по конфигурации детали из нагретых порошковых заготовок простой формы, что является одним из её достоинств. В этом случае основным требованием технологии является деформация нагретой порошковой заготовки без нарушения целостности пористого материала в процессе ДГП. В качестве примера

можно привести ДГП сателлитов дифференциала, которые изготавливались из порошковых заготовок простой цилиндрической формы [4].

Пластичность нагретого пористого материала из железного порошка зависит от многих технологических факторов ДГП: гранулометрического состава, исходной пористости заготовок состава шихты, температур спекания и нагрева перед прессованием, а также напряжённо-деформированного состояния материала в зоне разрушения [5-7]. Пластичность металлической основы пористого образца определяется главным образом структурой и химическим составом к моменту её деформирования.

Конечная форма конической шестерни (сателлита) достигается путём высотной и радиальной деформаций заготовки цилиндрической формы с образованием зубьев. В этом случае пористый материал заготовки должен обладать высокой пластичностью, так как при её недостаточности возникающие дефекты в виде трещин на конечных стадиях уплотнения могут полностью не исчезать, что приводит к снижению механических и пластических свойств материала после ДГП [8]. Влияние «залеченных» трещин на конечные свойства материалов после ДГП требует отдельных исследований.

Интерес представляет установление максимально возможной (бездефектной) поперечной деформации нагретой пористой порошковой заготовки в соответствии с пластическими свойствами её материала. Такие исследования позволят выполнять расчёты размеров заготовки простой формы, при которых возможно бездефектное её деформирование при ДГП.

Для решения этой задачи проведены исследования влияния на пластичность нагретого пористого материала размеров образцов при их динамической осадке с использованием копра. Появление разрывов протяжённостью примерно 3 - 4 частиц порошка вдоль оси образца устанавливали визуальным осмотром этой поверхности, а также при увеличении $\times 30$ (рис. 1а, б). Принимали, что деформация образца в этот момент характеризует пластические свойства нагретого пористого материала.



Рис. 1. Состояние периферийной поверхности порошкового образца до (а) и после (б) осадки ($\times 30$)

Предлагаются следующие оценочные параметры для прогнозирования бездефектного ДГП пористых порошковых образцов:

а) отношение d_M/d_o ($d_M = d_{тр}$ – диаметр матрицы, равный диаметру образца в момент появления разрывов протяжённостью примерно 3 - 4 частицы порошка при свободной осадке; d_o – диаметр пористой порошковой заготовки, рис. 2а).

б) отношение h_k/d_M (h_k – конечная высота образца после ДГП в матрице диаметром d_M , рис. 2б).

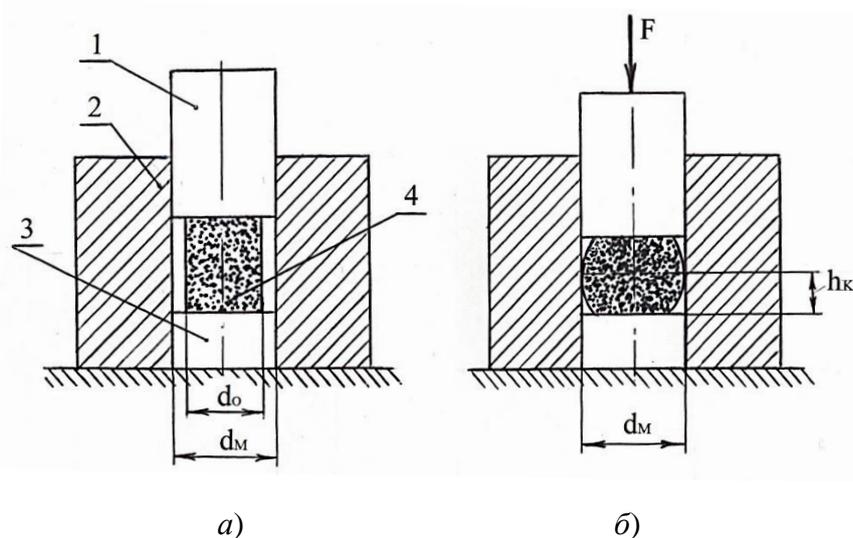


Рис. 2. Размеры матрицы d_M и образца d_o (а) и его контакт со стенкой матрицы в момент появления первых разрывов протяжённостью примерно 3 - 4 частиц порошка (б)

На рис. 2а: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – вставка; 4 – пористый порошковый образец.

Параметром d_M/d_o (рис. 2а) оценивали максимальную пластичность пористого материала, которую фиксировали в момент появления первых трещин на бочкообразной поверхности осаживаемых образцов (рис. 1б). По предлагаемому методу диаметр матрицы d_M для ДГП не должен превышать диаметра бочкообразной заготовки (рис. 2б). В этом случае дальнейшая деформация образца в матрице диаметром d_M будет сопровождаться непрерывным контактом его боковой поверхности с внутренней стенкой матрицы, что исключит возникновение и развитие трещин в осаживаемом образце.

Отношение h_k/d_M показывает соотношение между конечной высотой образца после ДГП в матрице диаметром d_M (рис. 2б).

Использование графиков $d_M/d_o = f(h_k/d_M)$ (рис. 3) позволяет прогнозировать необходимые поперечные размеры порошковых образцов, которые обеспечат бездефектную деформацию в матрице диаметром d_M . В приводимой методике матрица

присутствует условно, что вызвано необходимостью показать её размеры для дальнейшего бездефектного прессования порошковой заготовки до конечных размеров d_M и h_K .

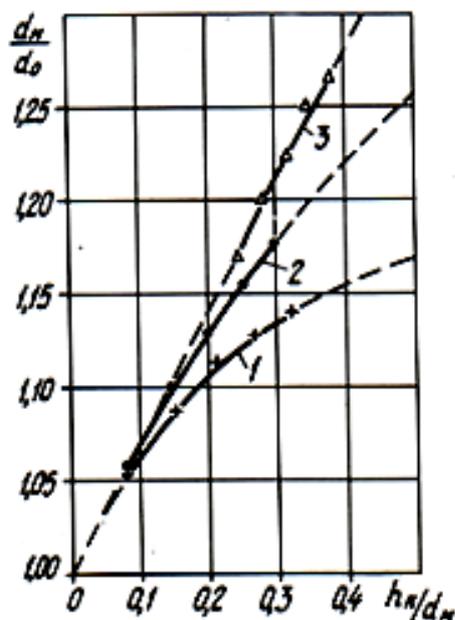


Рис. 3. Зависимость параметра d_M/d_0 от соотношений конечных геометрических размеров h_K/d_M образцов после ДГП

Графики зависимостей $d_M/d_0 = f(h_K/d_M)$ (рис. 3) построены для следующих условий деформации образцов: исходная пористость образцов $P_0 = 30 \pm 1 \%$ (графики: 1 – порошковые образцы неспеченные; 2 – спеченные, порошок ПЖ4С2 в состоянии поставки в обоих случаях) и $20 \pm 1 \%$ (график 3 – порошковые образцы спеченные из фракции 0063 порошка ПЖ4М3), температура нагрева t_H перед ДГП $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ для трёх условий испытаний, температура спекания t_C для второго и третьего испытаний $1100 \text{ }^\circ\text{C}$, время выдержки 20 мин.

Для определённых технологических условий наперёд известному соотношению конечных размеров h_K/d_M образца (графики 1, 2, 3), который необходимо изготовить методом ДГП, соответствует некоторое вполне определённое соотношение d_M/d_0 , что при известном диаметре d_M матрицы (рис. 2б) позволяет определить необходимый диаметр d_0 порошкового образца. Так, для $(h_K/d_M) = 0,35$ отношение $d_M/d_0 = 1,25$ для спеченных порошковых образцов из порошка ПЖ4М3 (график 3). В этом случае диаметр d_0 порошкового образца с пористостью $20 \pm 1 \%$ должен быть не менее $d_0 = d_M/1,25$.

По результатам проведённых исследований можно сделать вывод, что для обеспечения бездефектного динамического горячего прессования деталей сложной

формы необходимо иметь информацию в виде графиков, отражающих пластические свойства используемых пористых материалов в нагретом состоянии. Эти данные можно рекомендовать для первичного выбора технологических параметров ДГП.

Литература

1. Колоколов, Е. И. Применимость порошковой стали типа 110Г13П для изготовления деталей уплотнения энергетической арматуры высоких параметров / Е. И. Колоколов, Р. В. Пирожков, С. А. Томилин // В мире научных открытий. – 2014. – № 8(56). – С. 119-130.

2. Особенности формирования высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковой бронзы / А. А. Мецлер, Ю. Ю. Медведев, С. А. Томилин, Т. А. Литвинова // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 3(8). – С. 37-41.

3. Пирожков, Р. В. Получение структуры стали 110Г13 методом электроконтактного уплотнения / Р. В. Пирожков, Т. А. Литвинова, С. А. Томилин // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. № 4(5). – С. 49-53.

4. Синельщиков, В. В. Влияние некоторых технологических факторов динамического горячего прессования на структуру и свойства материала сателлитов дифференциала / В. В. Синельщиков, С. А. Томилин // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 2(86). – С. 40-46.

5. Синельщиков, В. В. Исследование пластических свойств пористых порошковых материалов в нагретом состоянии при испытаниях на растяжение / В. В. Синельщиков // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 1(40). – С. 7.

6. Синельщиков, В. В. Исследование пластических свойств нагретых пористых порошковых материалов при испытаниях на изгиб / В. В. Синельщиков // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 2(41). – С. 4.

7. Синельщиков, В. В. Исследование пластичности материалов при осадке цилиндрических нагретых порошковых образцов / В. В. Синельщиков // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2(53). – С. 7.

8. Дорофеев, Ю. Г. К вопросу о качестве изделий, изготавливаемых методом ДГП / Ю. Г. Дорофеев // Сборник докладов научно-технического семинара «Горячее прессование». – Киев: Наукова думка, 1983. – Вып. 2. – С. 3-9.

Принципы построения систем охранно-пожарной сигнализации

Трофименко Сергей Романович, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

В статье проведен анализ принципов построения систем охранно-пожарной сигнализации и технических средств контроля и регистрации информации. Рассмотрена обобщенная схема системы тревожной сигнализации, функциональная схема приемно-контрольного прибора, предназначенного для сбора информации от извещателей и анализа ситуации на охраняемом объекте.

Современные системы безопасности представляют собой совокупность технических устройств, позволяющих функционировать системе в целом и выполнять задачи:

- своевременное обнаружение тревожной ситуации (пожара, несанкционированного проникновения на объект);
- своевременное оповещение персонала, находящегося на объекте – для эвакуации, тушения пожара и т. д.;
- ликвидация возгорания с минимальным ущербом.

Структурная схема системы безопасности представлена на рис. 1.

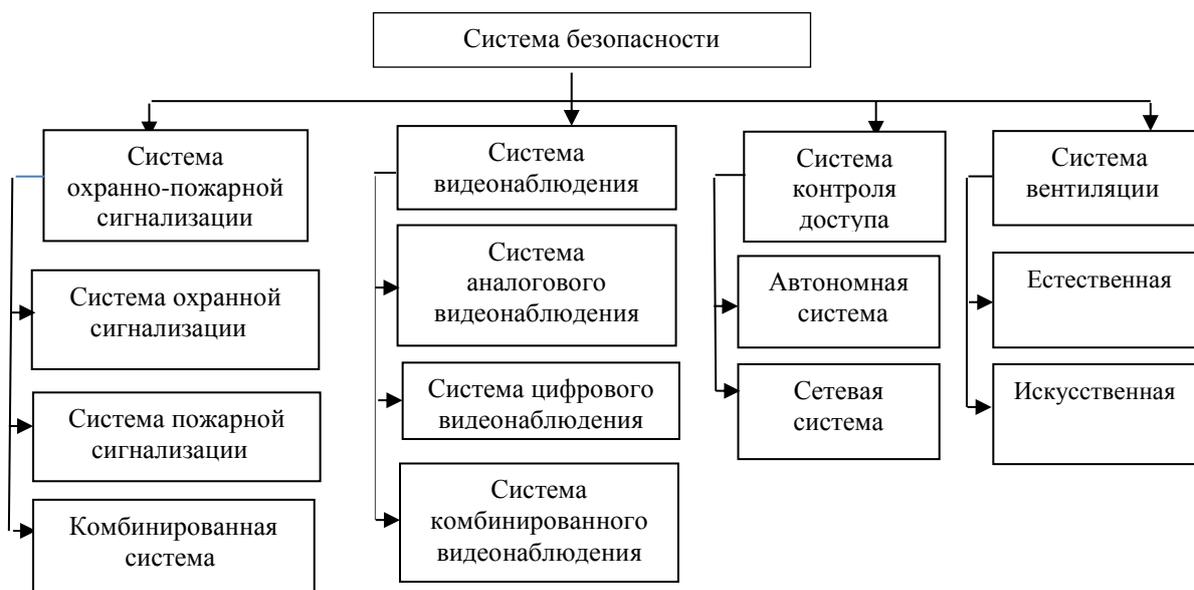


Рис. 1. Структурная схема системы безопасности

Охранно-пожарная сигнализация подразделяется на несколько подсистем. Охранная сигнализация выполняет функции охраны контролируемого объекта от проникновения посторонних лиц, а также отправки сигнала при срабатывании датчика на пульт централизованного управления охраны. Пожарная сигнализация позволяет обнаружить первые признаки возникновения пожара и передать сигнал на пульт охраны или в пожарную часть для ликвидации возгорания. Комбинированная система совмещает функции этих систем.

Система видеонаблюдения включает систему аналогового видеонаблюдения, для реализации которой используются аналоговые видеокамеры и регистраторы с передачей сигнала по коаксиальному кабелю. Основным достоинством такой системы является простота настройки. Недостаток – низкая помехозащищённость, трудная организация функции удалённого доступа. Система цифрового видеонаблюдения работает на цифровом сигнале с передачей по витой паре (IP видеонаблюдение). Достоинством является высокое разрешение, реализация удалённого доступа, отсутствие дополнительного питания. Основным недостатком – сложность настройки.

Система контроля доступа подразделяется на автономную и сетевую. В первом случае – это программный модуль без возможности получения протокола событий и удаленного администрирования. Сетевая система представляет собой несколько программируемых контроллеров, объединенных на аппаратном уровне на базе центрального программного модуля.

Система вентиляции делится на естественную, в которой перемещение воздуха создаётся благодаря разности температур, без применения дополнительных механизмов; и искусственную, где движение воздуха создаётся при помощи дополнительного оборудования для принудительного движения воздуха.

Система безопасности должна удовлетворять ряду требований:

- конфигурация системы должна иметь возможность дальнейшего масштабирования с целью многолетней эксплуатации;
- должна обеспечиваться эффективная защита от несанкционированного доступа, от повреждений (механических, химических и прочих), ремонтпригодность;
- постоянный контроль исправности шлейфов сигнализации;
- соответствие требованиям по количеству пожарных извещателей, исходя из площади охраняемого помещения;
- энергонезависимость при отключении электропитания;
- возможность звукового оповещения и передачи сигнала тревоги на пункт централизованной охраны;

- удаленный мониторинг и управление всей системой.

Установка систем охранно-пожарной сигнализации производится согласно существующей нормативной документации, а также в соответствии со строительными нормами и правилами.

С целью повышения достоверности получаемой информации при организации охраны объекта применяют многорубежные комплексы сигнализации. Рубеж – это совокупность средств обнаружения, связанных шлейфом сигнализации, позволяющим выдавать извещение о попытке несанкционированного доступа в охраняемую зону. В некоторых случаях многорубежная система охранной сигнализации организуется с помощью многошлейфного прибора с отдельной индикацией о срабатывании извещателей.

Одним из основных устройств систем охранно-пожарной сигнализации являются приемно-контрольные приборы (ПКП), предназначенные для сбора информации от извещателей и анализа тревожной ситуации на объекте. ПКП формируют и передают информацию о состоянии объекта на пульт централизованной охраны, а также управляют световыми и звуковыми устройствами.

В соответствии с действующей нормативной документацией приемно-контрольные приборы классифицируют по ряду признаков: виду организации сигнализации на охраняемом объекте, способу контроля извещателей, виду канала связи, информационной емкости. По виду организации тревожной сигнализации на объекте ПКП подразделяют на автономные, локальные и централизованные.

Автономные приборы необходимы при выдаче информации о состоянии охраняемого объекта на звуковые и световые оповещатели, установленные непосредственно на объекте. В случае локальных ПКП информацию о состоянии контролируемого объекта получают с помощью средств индикации и управления, непосредственно входящих в состав приемно-контрольного прибора. Централизованные ПКП служат для централизованной сигнализации, при которой извещения о состоянии объекта передаются с помощью различных каналов связи, таких как телефонные линии, радиоканалы и другие.

По способу контроля извещателей приемно-контрольные приборы подразделяются на безадресные, адресные и комбинированные. В безадресных ПКП контролируемый извещатель не идентифицируется; в адресных – определяется адрес (идентификационный номер) контролируемого извещателя; комбинированные ПКП имеют безадресные и адресные линии (каналы) связи.

Функциональная схема бездресного приемно-контрольного прибора малой информационной емкости приведена на рис. 2.

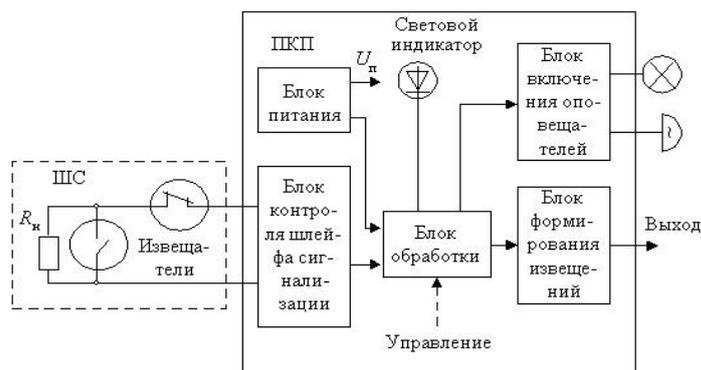


Рис. 2. Функциональная схема приемно-контрольного прибора малой информационной емкости

Шлейф сигнализации (ШС) с извещателями подключается к блоку контроля шлейфа сигнализации, который определяет такие параметры, как амплитудные значения контролируемых сигналов, их временные характеристики, что позволяет выделить сигнал при срабатывании извещателя или нарушении нормального состояния ШС и отличить его от сигнала помехи. На пульте управления расположены индикаторы для световой и звуковой сигнализации режима работы прибора, наличия и неисправности питания. Блок включения оповещателей управляет внешними звуковыми и световыми устройствами сигнализации. Блок формирования извещений необходим для связи с пультом централизованной охраны при передаче информации о нормальном или тревожном состоянии охраняемого объекта. Прибор также может иметь дополнительные выходные линии для управления устройствами противодействия обнаруженной опасности. ПКП для локальной охраны должны иметь встроенную энергонезависимую память для обеспечения хранения информации о событиях: данные о времени, виде события и адресе (номер шлейфа и др.).

В настоящее время установка пожарной сигнализации является необходимым условием при вводе здания любого назначения в эксплуатацию. Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов может привести к травматизму и гибели людей.

Литература

1. Ворона, В. А. Технические системы охранной и пожарной сигнализации / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2018. – 376 с.

2. Магауенов, Р. Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения: учебное пособие для вузов / Р. Г. Магауенов. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2017. – 494 с.

УДК 67.02, 616-77

Конструктивные особенности изготовления телескопического имплантата позвоночника методом селективного лазерного плавления

Финогеев Даниил Юрьевич, магистрант кафедры
«Технология машиностроения»;

Борисов Юрий Сергеевич, магистрант кафедры
«Материаловедение и биомедицинская инженерия»;

Маркелова Ольга Анатольевна, кандидат технических наук,
ассистент кафедры «Материаловедение и биомедицинская инженерия»;
Пичхидзе Сергей Яковлевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры «Материаловедение и биомедицинская инженерия»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В работе описано создание устройства, обеспечивающего надежную фиксацию эндопротеза (имплантата) в оперируемом сегменте.

Известен способ имплантации [1, 2] телозаменяющего позвонка, включающий резекцию поврежденного позвонка и внедрение телескопического имплантата, представляющего собой центральный пустотелый шток с разнонаправленной от его центра резьбой, имеющий сквозные продольные пазы, на который навинчены с разных сторон полукорпусы с зубцами на внешних торцах, оснащенные Г-образными пластинами с отверстиями под винты и окнами, края которых доходят почти до торцов полукорпусов. Окна предназначены для заполнения внутренней полости имплантата естественным или искусственным наполнителем, также полукорпусы имеют сквозные радиальные боковые отверстия, при этом перемычки в полукорпусах между окнами и внутренними их торцами выполнены сплошными с обеспечением возможности их принудительного прогиба в направлении к продольной центральной оси имплантата без значительных усилий для фиксации полукорпусов относительно штока, шток имплантата предварительно заполняют измельченным наполнителем. После установки

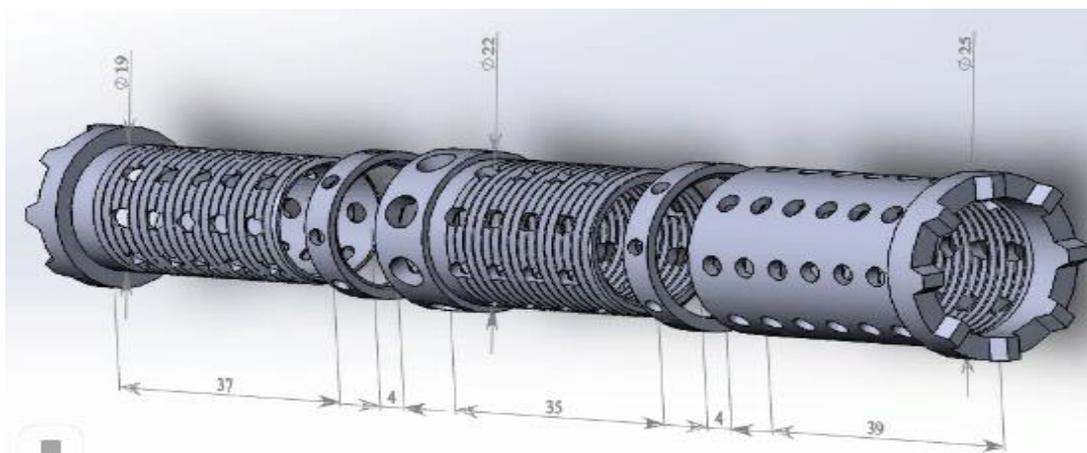
имплантата осуществляют distraction позвоночника путем вывинчивания штока для максимального увеличения длины имплантата и добавляют в его внутреннюю полость необходимое количество наполнителя до ее полного заполнения, после чего уплотняют наполнитель путем уменьшения общей длины телескопического имплантата с последующей его фиксацией с помощью Г-образных пластин, прикрепляемых к смежным с резецированным позвонкам, перемычки на полукорпусах прогибаются в направлении к продольной центральной оси имплантата путем приложения к ним с внешней стороны радиальных усилий до опускания перемычек в продольные пазы штока, с блокированием резьбы и фиксацией полукорпусов имплантата относительно штока. Недостатки: 1) несовершенство его конструкции, которая при обеспечении надежной фиксации позвоночного двигательного сегмента стопорных колец может допустить прокручивание полукорпусов; 2) использование отдельных дополнительных пластин для фиксации усложняет спондилодез.

Цель работы – создание устройства с учетом особенностей перспективного метода аддитивного производства, обеспечивающего надежную фиксацию эндопротеза (имплантата) в оперируемом сегменте позвоночника.

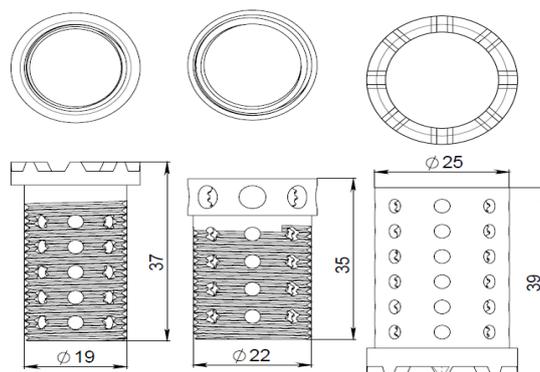
Технический результат заключается в снижении риска миграции эндопротеза в интра- и послеоперационном периоде, способного существенно увеличивать свой исходный размер [2], сокращении затрат на изготовление за счет применения современных технологий аддитивного производства [3].

Реализация технического результата достигается за счет изготовления телескопического телозамещающего имплантата позвоночника, включающего три соединенных цилиндра, из сплава титана VT1-00 с отверстиями методом селективного лазерного плавления «SLM».

Для достижения поставленной цели работы выполнена конструкторская (КД) и технологическая документации для изготовления прототипа имплантата позвоночника, рис. 1а, б.



a



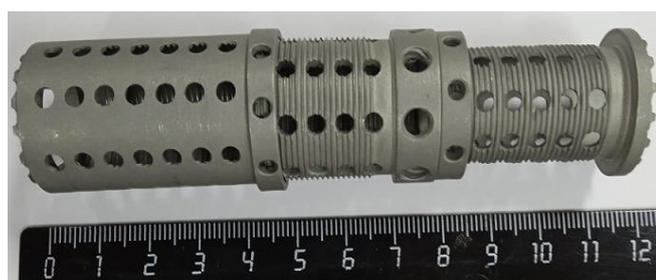
б

Рис. 1. Конструкторская документация:

а – CAD 3D – модель; б – эскиз телозамещающего имплантата позвоночника

Разработка чертежей и CAD 3D моделей выполнялась на основании первого этапа отработки конструкции [4]. На реализованном шаге НИР было выполнено изготовление телескопического телозамещающего имплантата позвоночника из проката титанового сплава BT1-00 с отверстиями методами классической механообработки рис. 2а, б, в.

Для проверки расчетных данных было выполнено выращивание каждой части изделия по цифровой CAD модели на фотополимерном 3D-принтере, рис. 2г, д, е. Для изготовления деталей была выбрана ABS-подобная фотополимерная смола «Resione ABS Like 3D K Black».



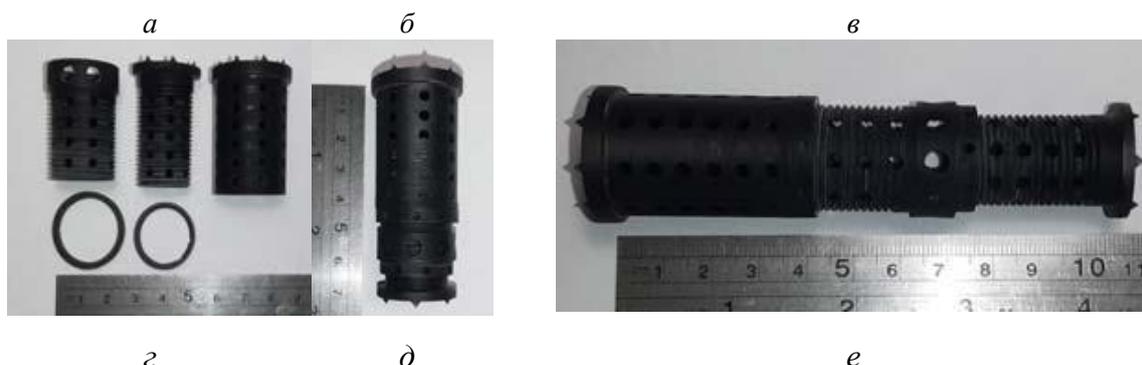


Рис. 2. Телескопический телозамещающий имплантат позвоночника:
а – в исходном, разобранном; *б* – в рабочем положении, где:
1 – верхний цилиндр имплантата; *2* – внутренний цилиндр имплантата;
3 – наружный (или нижний) цилиндр имплантата; *4* – отверстия;
5, 6 – стопорные кольца; *7* – зубья; *г - е* – опытный образец
 имплантата, изготовленный на фотополимерном DLP 3D принтере

Выполненное исследование позволило отработать технологические аспекты конструкции, оказывающие значительное влияние при изготовлении методом SLM. На основе полученных результатов была выполнена корректировка конструктивных элементов телозамещающего имплантата, таких как зубья 7.

После разработки КД и корректировки конструктивных элементов был изготовлен экспериментальный образец телескопического телозамещающего имплантата позвоночника методом селективного лазерного плавления на установке «SLM Solutions 280» из сплава 12X18H10T, рис. 3а, б.

Изготовленный образец позволил выполнить апробацию метода селективного лазерного плавления на мелких конструктивных элементах в строении изделия. Был отработан синтез нависающих участков в отверстиях и острых граней, рис. 3б. Благодаря отработанным режимам сплавления исходного материала представленные конструктивные элементы печатались без особых затруднений. При изготовлении экспериментального образца главной проблемой являлось изготовление мелкомодульного резьбового соединения. При подготовке файлов в специализированном программном обеспечении «Materialise Magics» анализ показал выгорание порошкового материала в зоне построения резьбового соединения. Это связано с основными технологическими особенностями изготовления изделий методом селективного лазерного плавления. К ним можно отнести дисперсность исходного порошкового материала, режимов сплавления и размерных характеристик конструктивного элемента.



а

б

Рис. 3. Технологические этапы изготовления телескопического телозамещающего имплантата методом селективного лазерного плавления (SLM), где: а – подготовка и расчет 3D-моделей в ПО «Materialise Magics»; б – детали после синтеза на платформе построения «SLM Solutions 280»

Для достижения конечного результата был применен комбинированный метод производства – слияние классических и современных технологических методов производства. Синтезированный экспериментальный телескопический имплантат был подвергнут механической и слесарной обработке, рис. 4а, б, в. Это позволило получить готовое к применению изделие с заданными характеристиками.



а

б

в

Рис. 4. Экспериментальный образец телескопического имплантата, изготовленного на установке селективного лазерного плавления «SLM Solutions 280» из сплава 12X18H10T

Завершающим этапом было выполнено производство опытного образца телескопического телозамещающего имплантата позвоночника методом селективного лазерного плавления на установке «SLM Solutions 280» материалом BT1-00, рис. 5а, б. Изготовление было выполнено с учетом всех нюансов технологического процесса производства. Это позволило изготовить изделие в максимально короткие сроки с минимальными затратами на производство.

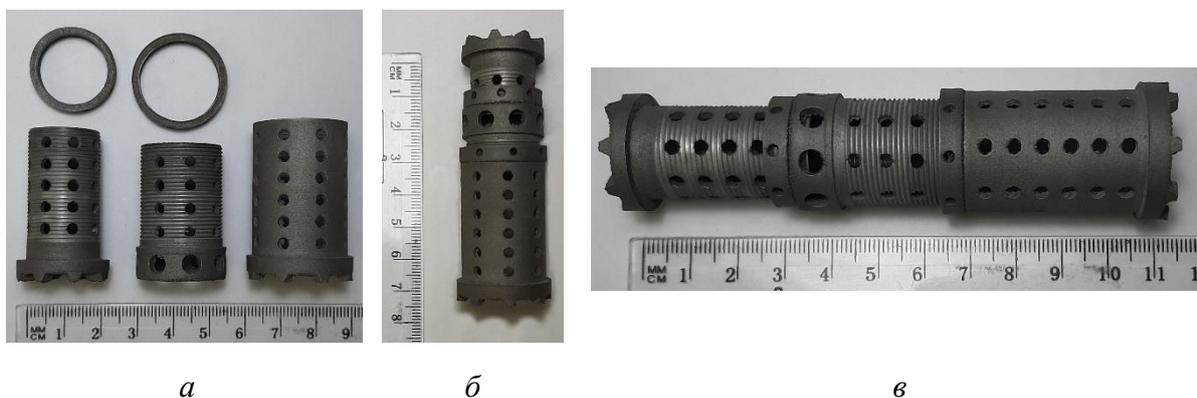


Рис. 5. Опытный образец телескопического имплантата, изготовленного на установке селективного лазерного плавления «SLM Solutions 280» из сплава BTI-00

Выводы: разработан телескопический имплантат позвоночника с применением современного комбинированного метода производства, включающего в себя селективное лазерное плавление и классическую механическую обработку. Изготовленный опытный имплантат полностью соответствует заложенным технологическим и медицинским параметрам, обеспечивающим надежную фиксацию эндопротеза в оперируемом сегменте позвоночника.

Литература

1. Телескопический телозамещающий имплантат позвоночника / Ю. С. Борисов, К. Б. Костин, А. Е. Шульга [и др.] // Сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции «Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее». – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 224-229.
2. Патент № 2663641 Российская Федерация, МПК А61F 2/44 (2006.01). Телескопический телозамещающий имплантат позвонка «Las-3» и способ его имплантации: заявл. 03.02.2016: опубл. 07.08.2018 / Нехлопочин А. С., Нехлопочин С. Н.
3. Finogeev, D. Method of calculating cost of production of products method of selective laser melting of metal / D. Finogeev, O. Reshetnikova // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с онлайн-участием «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте». – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2020. – С. 314-316.
4. Борисов, Ю. С. Телескопический имплантат позвоночника / Ю. С. Борисов, Д. Ю. Финогеев // Сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции

перспективных разработок «Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых». – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 27-29.

УДК 621.436.-232.001.5

Расширение технических возможностей станков с ЧПУ

Хайкова Яна Дмитриевна, студент направления «Машиностроение»;

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Костин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Колояров Дмитрий Романович, студент направления «Машиностроение»

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 приспособлений на станки с числовым программным управлением с целью увеличения уровня автоматизации процессов механической обработки, увеличения точности и снижения количества брака на производстве. Рассматриваются возможности автоматизации станков.

Современная инженерия задает высокие стандарты качества механической обработки деталей и кратчайшие сроки на изготовление детали. В этом вопросе актуальными становятся станки с числовым программным управлением (ЧПУ) с их высокой производительностью и заданным качеством обработки детали. Но не каждое мелкосерийное и единичное производство может позволить себе линии автоматизации или несколько разноплановых станков с ЧПУ, что в свою очередь приводит к модернизации этого вида оборудования различными приспособлениями и оснасткой для расширения их технических возможностей. Подобные нововведения используются предприятиями для сокращения времени, затрачиваемого на обработку деталей в совокупном производственном процессе, что в свою очередь уменьшает затраты на производство организации в плановом периоде и способствует общему развитию машиностроительных предприятий страны.

Одним из преимуществ обработки деталей на станках с ЧПУ является возможность применения более простых средств оснащения, чем для универсального оборудования. При модернизации и улучшении станков с ЧПУ применяют зажимные и поворотные приспособления, такие как монтажные плиты, поворотные столы, тиски и целые зажимные блоки, поддоны, патроны и цанги для круглых деталей, расширительные оправки и шпильки, а также цапфы и инструментальные колонны [1].

Приспособления и оснастка являются наиважнейшим компонентом успешной работы на ЧПУ станках.

Станочное приспособление – вид технологической оснастки станка, которая может быть использована для того, чтобы позиционировать, укрепить и зафиксировать заготовку на рабочем столе обрабатывающей машины. Под станочной оснасткой принято понимать дополнительные орудия производства, которые дополняют станки с числовым программным управлением. Они предназначаются для эффективного проведения тех или иных работ во время механической обработки деталей.

К приспособлениям и оснастке для станков с ЧПУ предъявляются требования:

- высокая жесткость конструкций;
- надежность закрепления деталей;
- возможность обработки деталей с пяти сторон;
- крепежные элементы не должны усложнять доступ к обрабатываемым поверхностям;
- унификация элементов приспособлений;
- деформации деталей при закреплении должны быть минимальны;
- точность базирования деталей в приспособлениях;
- время на установку (переустановку) деталей не должно превышать 2 - 10 % от времени обработки детали;
- минимальные затраты времени на замену приспособлений на станке.

Технологическая оснастка станка – важное звено, которое напрямую влияет на точность и производительность оборудования. От нее во многом зависит повышение эффективности эксплуатации станка с ЧПУ. Ее применение на обрабатывающих станках с компьютерным управлением позволяет значительно увеличить производительность и точность обработки деталей [2].

Технологическая оснастка для станков (рис. 1) включает в себя минимальное количество элементов. В нее входят:

1. Патроны.

2. Оправки и державки.
3. Тиски и зажимы.
4. Вакуумные столы и пневматические устройства.
5. Четвертая ось.



Рис. 1. Технологическая оснастка станка

Технологическая оснастка станков с ЧПУ в обязательном порядке должна обеспечивать:

- Снижение временных затрат на переустановку заготовок, замену или переналадку кулачков.
- Ось заготовки должна быть ориентирована в пространстве относительно оси шпинделя устройства (в процессе обработки изделия). Это обуславливает повышенное требование к стабильности центрирования обрабатываемого материала, а также жесткости механических узлов патронов.
- Необходимую силу зажима, которая может дать гарантию того, что в процессе обработки заготовка будет недвижима, то есть ее положение, достигнутое на этапе базирования, не будет изменено под воздействием рабочих инструментов.
- Снижение или полная защита от влияния центробежных сил на мощность зажима обрабатываемых изделий.
- Необходимый размер центрального отверстия для эффективной обработки в патроне единичных заготовок или заготовок пруткового типа.

Рассмотрим более подробно перечисленные элементы технологической оснастки.

1. Патроны.

Токарные патроны особенно распространены на 4-х осях, потому что часто обработка начинается с круглой заготовки.

Патроны для станков с ЧПУ должны обеспечивать:

1) сокращение времени, затрачиваемого на смену заготовок, на переналадку или замену кулачков, на смену патронов, а также на переналадку станка с патронных на центровые работы;

2) соосность оси заготовки относительно оси шпинделя станка в процессе обработки, что предъявляет к патронам требование стабильной точности центрирования заготовок, а также жесткости узлов патронов;

3) силу зажима, гарантирующую в процессе обработки неизменное положение заготовки, достигнутое при базировании, т. е. препятствовать повороту и смещению заготовки под действием моментов и сил резания;

4) снижение или даже исключение влияния центробежных сил на силу зажима заготовок кулачками;

5) достаточный размер центрального отверстия для возможности обработки в патроне как штучных, так и прутковых заготовок.

Современные станки с ЧПУ имеют высокие частоты вращения шпинделя. С увеличением частоты вращения увеличивается действие на их кулачки центробежных сил, снижающих силы зажима заготовки

2. Оправки и державки.

Оправки и державки для станков с ЧПУ являются необходимым элементом на сегодняшний день. В последние годы получает все большее развитие высокоскоростная обработка заготовок, что потребовало значительного увеличения частот вращения шпинделя в станках с ЧПУ. Было установлено, что широко применяющиеся на многоцелевых станках оправки с коническим хвостовиком имеют слишком большую массу. При высоких частотах вращения шпинделя это приводит к появлению осевой составляющей центробежной силы, сопоставимой с силой закрепления оправки в шпинделе. Так как эти силы направлены в противоположные стороны, то может произойти раскрепление оправки, нарушение базирования ее хвостовика в шпинделе станка и, следовательно, снижение жесткости и точности этого крепления.

В связи со значительными трудностями смены державок с инструментом, установленным в револьверной головке токарного станка, в настоящее время применяют державки с быстросменными резцовыми головками.

При таком конструктивном исполнении, когда сами державки станка остаются в револьверной головке, а меняются только базируемые в них резцовые головки, упрощаются смена и настройка инструментов в револьверной головке, а также

становится возможной замена резцовых головок автоматически с помощью автооператора или промышленного робота.

При автоматическом цикле обработки заготовок и использовании станков с ЧПУ с автоматической сменой режущих инструментов точность изготовления деталей в значительной степени зависит от точности предварительной размерной настройки режущих инструментов, точности их исходного положения по отношению к заготовке. Размерная настройка режущих инструментов может выполняться двумя способами: вне станка на специальных приборах и непосредственно на станке перед началом обработки с применением измерительных щупов.

Приборы для настройки режущих инструментов при их установке и закреплении в оправках и на державках станков подразделяют на две группы: контактные и бесконтактные. Первые оснащают индикаторами, вторые – оптическими средствами измерения (микроскопами, проекторами, компараторами).

3. Тиски и зажимы.

К различным механизмам для станков с ЧПУ предъявляется ряд требований. В частности, зажимные приспособления таких станков должны отвечать условиям, которые обеспечат надежную фиксацию обрабатываемого инструмента, но без его деформации. Расскажем про виды зажимных приспособлений и требования к ним подробнее.

В зависимости от типа оборудования такие тиски и зажимы могут быть:

- Модульные (с удлиненной базой и без).
- Многофункциональные.
- Многоместные.
- Модульные разнесенные.
- Для пятикоординатных станков.

Чтобы станочное оборудование работало максимально корректно, тиски и зажимы должны соответствовать следующим требованиям:

- Они должны быть особенно точными и жесткими.
- Должны надежно крепиться на самом станке.
- Обеспечивать обрабатываемому элементу строго определенное положение относительно начала координат.
- Обеспечивать возможность свободного доступа инструментов к заготовке с нескольких сторон.

- Обеспечивать наличие минимальных погрешностей при расположении заготовки на станке.

- Обеспечивать надежную фиксацию заготовки, но без ее деформации.

Хорошие тиски улучшают все этапы обработки заготовок. Если система зажима-разжима работает быстро, это позволяет оперативно менять заготовки на станке, что повышает производительность работ. Легкая переналадка приспособлений позволит сократить время на подготовительных и заключительных этапах обработки заготовок. Надежная фиксация заготовки относительно начала координат станет основой для дальнейшей точной обработки [3].

4. Вакуумные столы и пневматические устройства.

Целесообразность использования вакуумных устройств фиксации объясняется быстротой подготовки рабочего стола, размещения и смены деталей на нем, простотой, точностью и надежностью позиционирования заготовок и возможностью обрабатывать детали с торцевых сторон.

Вакуумные столы – зачастую наиболее удобный способ закрепления заготовки при работе с плоскими листами на фрезерных и лазерных станках с ЧПУ. Прижимная сила в вакуумных столах создается из-за разницы давлений между сильно разреженной средой, которую для простоты называют вакуумом, создаваемой под деталью, и атмосферным давлением, прижимающим деталь сверху к столу. Использование столов такого типа позволяет обрабатывать тонкие листы материала, которые при иных способах закрепления деформируются при касании фрезы.

Преимущества вакуумных столов для станков с ЧПУ:

- Сокращение времени крепления заготовки на 70 %.
- Экономия времени при обработке тонких материалов до 90 %.
- Безвибрационный зажим тонких и гибких материалов.
- В отличие от магнитных столов возможно крепление немагнитного материала.
- Обработка пленок при использовании дополнительной переходной пластины.
- Удобная сборка и обработка.
- Высокая прижимная сила на квадратный сантиметр поверхности.

В отличие от вакуумных устройств фиксации, которые обеспечивают прижим деталей силой давления не более одной атмосферы, пневматические зажимы позволяют производить блокировку с равной нескольким атмосферам силой прижима, обусловленной давлением сжатого воздуха в пневмосистеме. Кроме того, при

использовании сжатого воздуха его расход, в отличие от вакуума, минимален, что позволяет более рационально расходовать электроэнергию.

Устройства вертикальных и горизонтальных прижимов могут иметь винтовые механизмы регулировки высоты или ширины захвата. Вертикальные зажимы позволяют блокировать заготовку с любой из сторон вокруг своей оси.

Горизонтальные зажимы могут иметь механизмы вращения для позиционирования деталей под нужным углом. Пневматические упоры, оснащенные блокирующими пластинами, используются в комплексе с блоками присосок для более надежной фиксации узких и длинных деталей.

5. Четвертая ось.

В ЧПУ 4-я ось обычно представляет собой ось вращения. Она выровнена для вращения вдоль оси, параллельной одной из трех других осей станка. На вертикальных станках 4-я ось часто параллельна X или Y и проложена вниз. На горизонтальных 4-я ось также параллельна X или Y, но она стоит вертикально[4].

С точки зрения рабочего места 4-я ось может использоваться для введения новых ориентаций для двух целей:

1. Она обеспечивает доступ к большему количеству сторон детали, поэтому обработка может продолжаться без необходимости переворачивать детали вручную.

2. Это позволяет получить доступ к большему количеству частей, которые могут быть расположены вокруг 4-й оси.

Повышение качества обработки и производительности станков с ЧПУ происходит за счет увеличения мощности главного привода, механизации и автоматизации технического процесса и использования универсальных приспособлений с широкой номенклатурой, что непосредственно ведет к уменьшению временных затрат на обработку деталей и увеличению длительности использования старого оборудования [5].

Учитывая все вышперечисленное, можно с уверенностью сказать, что в современном машиностроительном производстве большое внимание уделено оптимизации производственного процесса путем снижения затрат времени на обработку деталей через модернизацию станков за счет добавления к ним специализированных приспособлений и оснастки. Качество механической обработки деталей напрямую зависит от количества приспособлений, установленных на каждый станок.

Литература

1. Хайкова, Я. Д. Преимущество металлообработки деталей на станках с числовым программным управлением / Я. Д. Хайкова, И. О. Кудашева // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 201-205.
2. Хайкова, Я. Д. Модернизация и расширение технических возможностей универсальных фрезерных станков / Я. Д. Хайкова, И. О. Кудашева, Д. Р. Колояров // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 138-144.
3. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ / В. Б. Мещерякова. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2015. – С. 74-75.
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. – С. 82-83.
5. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Изд-во Машиностроение, 1990. – 510 с.

УДК 621.319.74

Решение проблемы нейтрализации статического электричества ионизацией воздушного потока

Шмигирилов Юрий Григорьевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Общая и медицинская физика»;

Дружинская Ольга Игорьевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Ядерные реакторы и материалы»

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

Приведены результаты опытно-конструкторских работ по нейтрализации статического электричества, возникающего при производстве атактического

полипропилена. Показано, что наиболее эффективным вариантом устранения проблемы взрывного воспламенения смеси паров гептана с воздухом под действием электростатических разрядов является применение ионизированного потока воздуха. Приводятся технические характеристики аэродинамического нейтрализатора, спроектированного и изготовленного в соответствии с техническими требованиями реального производства.

Повышенный уровень статического электричества относится к негативным производственным факторам. Процессы и условия возникновения зарядов статического электричества, связанные с явлениями электризации в результате химико-технологического процесса, взаимодействия диэлектрика с диэлектриком и диэлектрика с металлом, в настоящее время продолжают активно изучаться [1, 2]. Однако способы защиты от статического электричества и технические средства нейтрализации зарядов известны и широко применяются. Промышленностью выпускаются нейтрализаторы коронного разряда – индукционные (пассивные) и высоковольтные (активные), нейтрализаторы радиоактивные и комбинированные (комбинация радиоактивных и пассивных нейтрализаторов), а также аэродинамические [3].

В условиях реального производства, если нейтрализаторы не были предусмотрены на этапе проектирования технологического процесса, выбор промышленного нейтрализатора не решает проблемы, так как он нередко не может быть встроен в действующее технологическое оборудование.

В настоящей статье приводятся результаты исследований и опытно-конструкторских работ, закончившихся разработкой устройств для нейтрализации статического электричества, возникающего в процессе производства атактического полипропилена.

Атактический полипропилен (АПП) – аморфный, каучукоподобный материал, являющийся сопутствующим продуктом при производстве полипропилена. АПП применяется при изготовлении битумно-полимерных вяжущих материалов, антикоррозионных грунтовок, полимер-минеральных композиций в резинотехнической и нефтехимической промышленности.

Непрерывный технологический процесс получения атактического полипропилена включает следующие заключительные стадии: отгонка растворителя – гептана в атмосфере азота, которая проводится в шести обогреваемых и последовательно соединенных между собой реакторах-смесителях; формование и последующее гранулирование АПП. Работа реакторов-смесителей циклична. Каждый цикл включает три фазы: загрузка расплава полимера, выдержка для удаления

остаточного растворителя и выгрузка полимера под рабочим давлением азота 0.05 МПа на формование. При этом АПП находится в вязкотекучем состоянии в виде расплава при 230 °С. При выгрузке АПП подается в насадки – фильеры, которые формируют плоские струи шириной 0,02 м, попадающие на охлаждаемую водой транспортерную ленту из нержавеющей стали. На конце транспортера установлен стальной скребок, который снимает полимерные ленты с транспортера и направляет их в гранулятор. Гранулятор оснащен вращающимися острыми стальными ножами, которые разрезают полимерные ленты на пластины различной длины. Одновременно в гранулятор подается небольшое количество талька для опудривания полимерных пластин с целью уменьшения их слипания при хранении и транспортировке. Установка перерабатывает АПП и некристаллические сополимеры пропилена с производительностью до 500 кг/ч. Гранулированный АПП упаковывается в мягкие контейнеры по 200 кг [4].

Измерение статического электричества на заключительной операции описанного технологического процесса позволило установить наличие на поверхности полимерных пластин зарядов статического электричества разного знака. Возникновение зарядовой мозаики объясняется как процессом разрушения химических связей между наноскопическими областями с разным знаком заряда, так и контактной электризацией [1]. В контейнере происходит процесс накопления и перераспределения зарядов, сопровождающийся возникновением электрических разрядов как между отдельными пластинами, так и их совокупностью.

Одновременно в контейнерах из полипропилена продолжают выделяться пары гептана, образующие взрывоопасную смесь с воздухом, способную при искровом разряде вызвать воспламенение и взрыв. Минимальная энергия электрического разряда, которая вызывает воспламенение паров гептана в воздухе, составляет 0,24 мДж, минимальная концентрация паров лежит в интервале 1,1 ÷ 6,7 % [5, 6]. Такие условия и процессы возникали неоднократно, что потребовало применение специальных мер защиты от статического электричества.

Имеющийся опыт разработки и проектирования нейтрализаторов коронного разряда [7] и результаты исследований специфики технологического процесса позволили заключить, что наиболее эффективным вариантом устранения проблемы взрывного воспламенения смеси паров гептана с воздухом под действием электростатических разрядов является использование ионизированного потока воздуха, содержащего аэроионы разной полярности. В результате был спроектирован и изготовлен аэродинамический нейтрализатор соплового типа (табл. 1), принцип

действия которого основан на коронном разряде, ионизирующем поток воздуха, поступающий под давлением $0,2 \div 0,4$ МПа.

Таблица 1

Технические характеристики аэродинамического нейтрализатора.

1	Принцип действия	коронный разряд
2	Режим подачи напряжения на электрод	импульсы знакопеременной полярности
3	Амплитуда напряжения в режиме ионизации	$20 \div 24$ кВ
4	Напряжение питания	$220 \text{ В} \pm 10 \%$
5	Потребляемая мощность	10 Вт
6	Ток прикосновения при максимальном напряжении на электродах	1 мА
7	Рабочее давление сжатого воздуха	$0,2 \div 0,4$ МПа
8	Расход воздуха	$2 \div 3 \text{ м}^3/\text{час}$

Блочно-функциональная схема системы нейтрализации зарядов на заключительной стадии производства атактического полипропилена приведена на рис. 1.

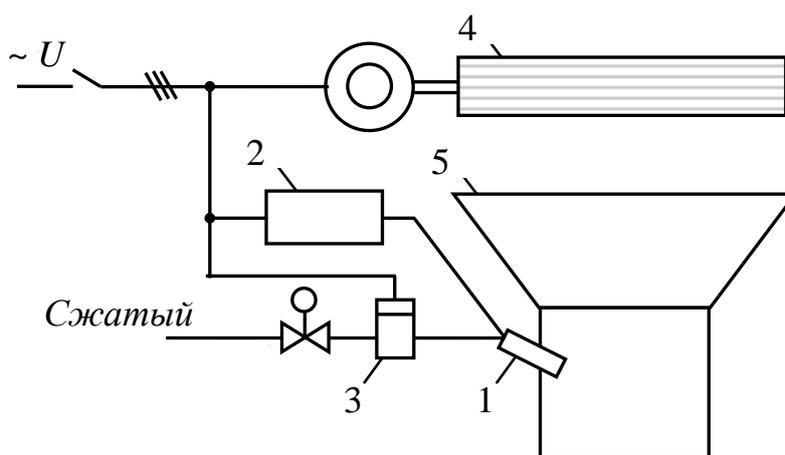


Рис. 1. Блочно-функциональная схема системы нейтрализации зарядов:
1 – разрядник; 2 – импульсный генератор высокого напряжения; 3 – блок управления воздушным потоком; 4 – транспортёр; 5 – бункер

Нейтрализатор состоит из разрядника (1), электронного блока формирования высокого импульсного напряжения (2) и блока управления воздушным потоком (3). Конструктивно разрядник (1) размещен на бункере (5), через который транспортёр (4) осуществляет загрузку контейнеров.

Система нейтрализации работает следующим образом: при подаче сетевого напряжения на электродвигатель транспортёра (5) одновременно получают питание импульсный генератор высокого напряжения (2) и блок управления воздушным

потоком (3). В результате срабатывает пневмоэлектрическое реле, и сжатый воздух из пневмосистемы поступает в сопло разрядника.

Блок высокого напряжения генерирует высоковольтные импульсы знакопеременной полярности с амплитудой, достаточной для возбуждения коронного разряда и формирования аэроионов. Сжатый воздух обеспечивает принудительный вынос потока аэроионов из разрядной области в технологическую зону, вызывая нейтрализацию зарядов. Во избежание взаимной рекомбинации аэроионов различной полярности ионы положительной и отрицательной полярности генерируются не одновременно, а поочередно.

Выполненные исследования и опытно-конструкторские работы, завершившиеся внедрением разработанной системы, показали высокую эффективность нейтрализации зарядов статического электричества в труднодоступных местах с помощью аэродинамического нейтрализатора. Вдувание потока ионизированного воздуха в контейнер в процессе поступления гранулированного АПП устранило проблему электростатических разрядов и возгорания паров гептана.

Литература

1. The Mosaic of Surface Charge in Contact Electrification / Н. Т. Baytekin, A. Z. Patashinski, M. Branicki [et al.] // Science. – 2011. – V. 333(6040). – P. 308.
2. Григорьев, А. Ю. Электризация высокоориентированной многослойной полимерной пленки в процессе коронной обработки / А. Ю. Григорьев, А. А. Ефремова, Р. М. Гарипов // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 48-52.
3. Безяев, Р. А. Промышленные системы ионизации как инновационное средство нейтрализации электростатических разрядов / Р. А. Безяев // Технологии в электронной промышленности. – 2013. – № 7: [сайт]. – URL: <https://tech-e.ru/wp-content/uploads/6616.pdf> (дата обращения: 30.03.2022). – Текст: электронный.
4. Атактический полипропилен: современные направления переработки и рационального использования / В. П. Нехорошев, А. В. Нехорошева, С. В. Нехорошев, О. И. Тарасова // Вестник Югорского государственного университета. – 2015. – № S2(37). – С. 123-128.
5. Минимальные данные энергии зажигания по продукту: [сайт]. – URL: <https://crohmiq.com> (дата обращения: 30.03.2022). – Текст: электронный.
6. Тотай, А. В. Теория горения и взрыва / А. В. Тотай, О. Г. Казаков. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 295 с.

7. Орлов, В. А. Комплект приборов и устройств для нейтрализации статического электричества / В. А. Орлов, Ю. Г. Шмигирилов // Новости науки Казахстана. – Алма-Ата: Экспресс–информация. Серия: Развитие современной науки. Будущее науки. – Вып. 3. – 1990 – 6 с.

УДК 681.51

Программное обеспечение систем управления

Юркеев Кирилл Юрьевич, студент направления

«Управление в технических системах»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

В статье рассмотрены структурные и функциональные особенности, аппаратная организация автоматизированных систем управления технологическими процессами, представлена классификация программного обеспечения систем управления, проанализированы принципы построения программной части систем управления.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) включают комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях. Задача АСУ ТП – улучшение эксплуатационных показателей технологического оборудования; стабилизация режимных параметров технологического процесса; снижение потерь топливно-энергетических и материально-технических ресурсов [1].

Спецификой современных АСУ ТП является сбор, обработка и хранение информации о работе оборудования и дистанционное управление производственным процессом, что обусловлено применением программируемых логических контроллеров, микропроцессоров, управляющих вычислительных машин. На рис. 1 представлена функциональная схема АСУ ТП [1].

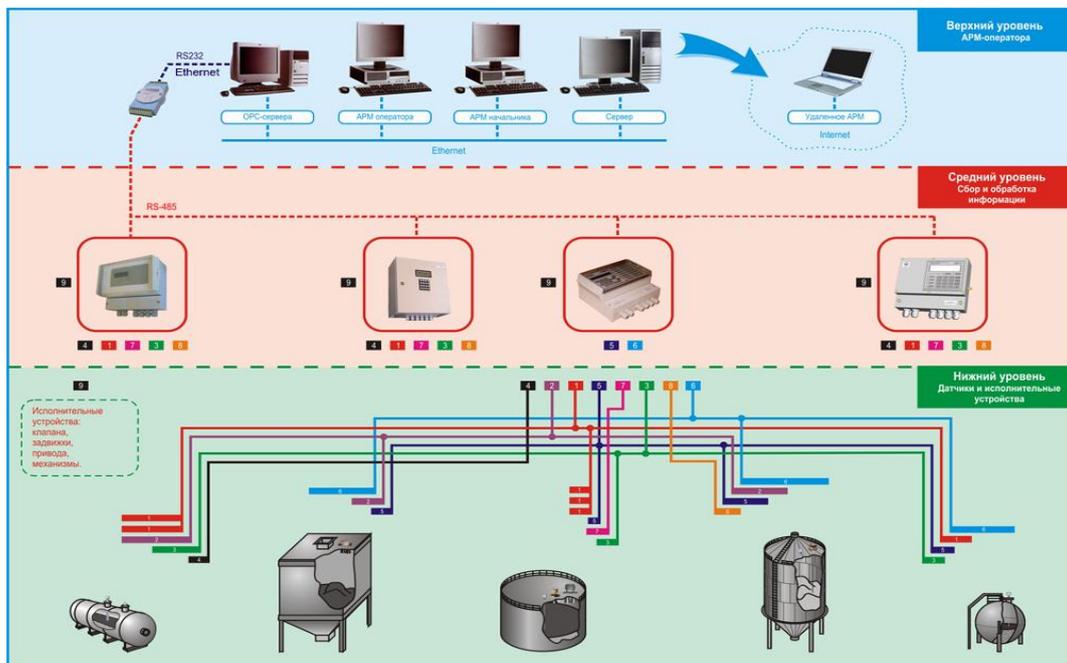


Рис. 1. Функциональная схема АСУ ТП

Структура АСУ ТП зависит от решаемой задачи и содержит три уровня. На первом уровне располагаются устройства измерения и контроля, датчики регулируемых величин, исполнительные устройства. Второй уровень включает средства автоматизации для сбора и обработки информации, поступающей от устройств первого уровня, а также средства управления исполнительными устройствами по ранее заданному алгоритму. На третьем уровне располагаются автоматизированные рабочие места с программным обеспечением, серверы управления данными. Программное обеспечение позволяет вести контроль за ходом производственного процесса, работой оборудования и др. [2].

Программное обеспечение (ПО) систем управления базируется на международных стандартах и представляет собой комплекс различных программ, задачей которых является обеспечение функционирования контроллеров, инженерных станций и других вычислительных средств в составе системы управления. На рис. 2 представлена классификация программного обеспечения систем управления.

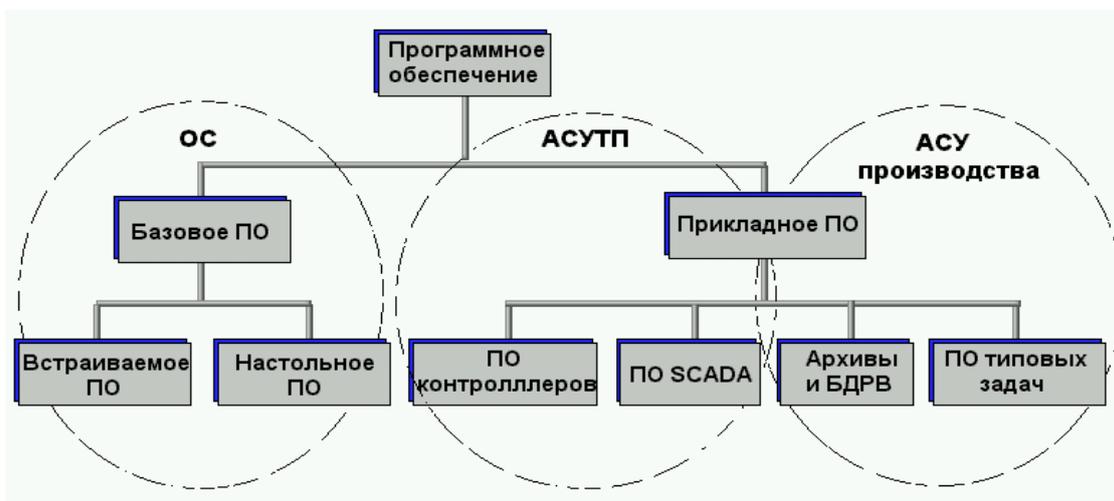


Рис. 2. Классификация программного обеспечения систем управления

Выделяют общее и специальное программное обеспечение АСУ ТП. В состав общего ПО входят SCADA-системы, операционные системы и различные программы. Специальное ПО – это программы, разработанные для конкретных АСУ ТП, программы-архиваторы данных, программное обеспечение для контроллеров др. [3].

Базовое программное обеспечение включает различные компоненты, основным из которых является операционная система (ОС) комплекса программно-технических средств АСУ ТП. Для системы управления предпочтительна такая программная архитектура, в которой в общей операционной системе реализовано программное обеспечение всех уровней управления, что позволяет обеспечить взаимодействие различных программных модулей системы управления. Например, программируемый логический контроллер (ПЛК) в системе управления кроме функций сбора информации выполняет задачи непрерывного или логического управления, в связи с чем к ПЛК предъявляется ряд требований по выдаче управляющих воздействий на исполнительные устройства. Для решения подобных задач применяют ОС реального времени (ОСРВ). Ряд программных устройств, в том числе ПЛК, используют режим прерываний работы процессора. В ОСРВ прерывания обрабатываются за определенное время в зависимости от приоритетов.

Программное обеспечение сервера – это реляционная база данных реального времени, предназначенная для хранения информации с высокой скоростью записи данных с возможностью их извлечения средствами SQL. Кроме этого, ПО сервера может записывать такие события, как достижение определенного состояния технологического процесса, действия оператора, превышение ресурса оборудования и т. д.

Примеры программного обеспечения, используемого в АСУ ТП: MasterSCADA, MasterPLC для логических контроллеров, OPC-серверы DA/HDA/UA для сбора и предоставления данных, станции инженерного сопровождения PID-expert и другие. MasterSCADA – SCADA-система для АСУ ТП, задач учета и диспетчеризации объектов промышленности и т. д. OPC-серверы предназначены для сбора данных от контроллера и предоставления их OPC-клиентам (например, SCADA-системам). PID-expert – это станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, представляющая собой специализированное рабочее место инженера-наладчика САР, интегрируемое в состав АСУ ТП и обеспечивающее решение задач настройки ПИД-регулирования [3].

Прикладное ПО систем управления может быть выполнено в нескольких вариантах. Первый вариант – ПО с использованием стандартных языков программирования, средств отладки и т. д. является достаточно трудоемким, так как применение высокоуровневых языков предъявляет определенные квалификационные требования к разработчикам в технологии программирования, знания конкретной операционной системы, аппаратного обеспечения (ПЛК). Второй вариант – это использование готовых инструментальных средств, нашедших применение при создании различных проектов автоматизации, что упрощает и ускоряет процесс разработки.

Инструментальные средства разделяют на CASE-системы (Computer Aided Software Engineering) – средства разработки программ управления внешними устройствами, контроллерами; и SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition) – средства обеспечения взаимодействия оператора/диспетчера с системой управления.

SCADA-системы предназначены для диспетчерского управления и сбора данных, применение которых позволяет вести автоматизированную разработку программного обеспечения систем управления, осуществлять в реальном времени контроль и управление технологическим процессом. SCADA может являться частью АСУ ТП, АСКУЭ, системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д.

На рис. 3 представлен пример выполнения SCADA-системы.

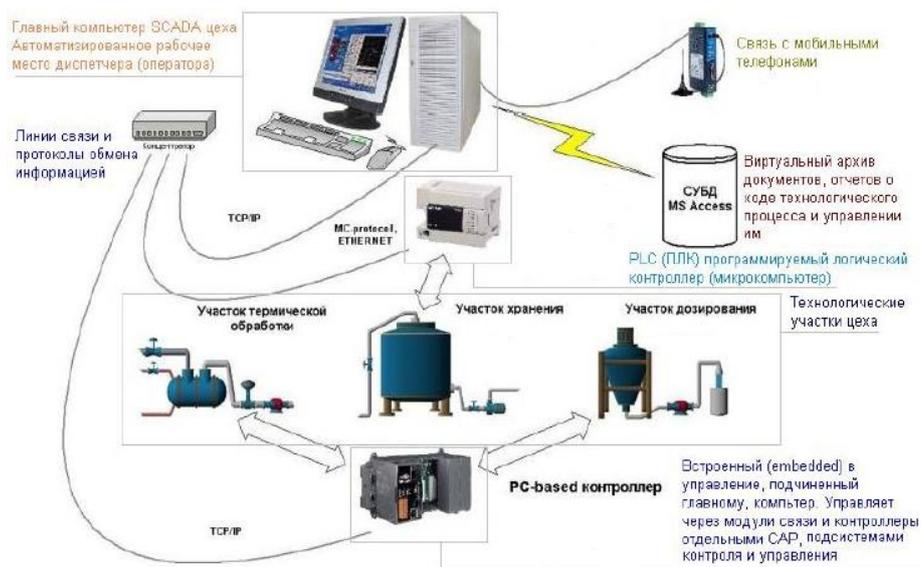


Рис. 3. Пример выполнения SCADA-системы

Проект в Trace Mode – это совокупность данных и алгоритмов функционирования распределенной системы управления, заданных средствами Trace Mode. Итогом разработки проекта в этом случае является создание файловой структуры, содержащей информацию об алгоритмах работы АСУ ТП [3].

Литература

1. Николаенко, А. С. Принципы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами / А. С. Николаенко, С. Н. Грицюк // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2016. – С.22-24.
2. Федоров, Ю. Н. Справочник инженера по АСУ ТП: Проектирование и разработка: учебно-практическое пособие / Ю. Н. Федоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.
3. Пьявченко, Т. А. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы Trace Mode: учебное пособие / Т. А. Пьявченко. – М.: Изд-во Лань, 2015. – 336 с.

СЕКЦИЯ 2
«IT – ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

УДК 004.4

**Организационные формы и организационно-педагогические условия
дополнительного образования с использованием цифровых технологий**

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье рассмотрены основные организационные формы обучения персонала предприятий. Проведен анализ преимуществ обучения персонала с отрывом от производства и без отрыва от производства. Рассмотрены особенности обучения персонала предприятия с использованием дистанционных технологий. Проанализированы педагогические технологии и организационно-педагогические условия дополнительного образования с использованием дистанционных технологий.

В настоящее время, когда конкуренция за лидерство в отрасли становится все более жесткой, обучение и развитие сотрудников стало приоритетом практически для каждого предприятия. Это обусловлено тем, что требуется много времени и усилий, чтобы принять на работу специалиста, который будет соответствовать должности как по знаниям и навыкам работы, так и по требованиям профессионального стандарта предприятия.

Процесс совершенствования профессиональных компетенций персонала становится обязательным и постоянным и является обязательным условием для совершенствования и оптимизации всех управленческих и производственных процессов на предприятии, внедрения новых технологий и современных промышленных разработок. Поэтому обучение по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки с точки зрения предприятия является актуальным, позволяет обеспечивать прибыль и рост, снижает текучесть кадров и создает условия для стабильной работы коллектива предприятия [1, 2, 7]. С точки зрения работника, обучение по программам повышения квалификации и

профессиональной переподготовки имеет решающее значение для карьерного роста, увеличения финансового дохода, повышения производительности труда и личностного профессионального развития [6].

Для персонала предприятий выделяют три вида обучения:

– профессиональное обучение, направленное на получение знаний, умений и навыков, которые помогут выполнить конкретные задачи в рамках должности;

– повышение квалификации: работники получают дополнительные знания и овладевают компетенциями, которые нужны для карьерного продвижения и в связи с требованиями профессионального отраслевого стандарта;

– профессиональная переподготовка: работники приобретают новые знания и овладевают определенными компетенциями при радикальной смене требований в рамках должностных инструкций и в связи с требованиями профессионального отраслевого стандарта.

Организация подготовки персонала предприятия может быть организована:

✓ без отрыва от производства, когда работник проходит весь курс обучения на рабочем месте;

✓ с отрывом или частичным отрывом от производства.

Проанализируем преимущества и недостатки организации обучения персонала предприятия с отрывом от производства и без отрыва от производства. Как преимущества обучения без отрыва от производства выделим следующие:

✓ возможность проведения обучения в обычной рабочей обстановке: обучаемый использует рабочие инструменты, документацию или материалы, которые далее он будет использовать и после завершения курса обучения;

✓ возможность проведения обучения на рабочем оборудовании;

✓ возможность использования специальных средств и тренажеров учебного центра предприятия;

✓ непосредственный контакт преподавателя-инструктора со слушателями;

✓ возможность прерывания обучения в связи с производственной необходимостью и отрыва работника;

✓ исключение финансовых затрат на командировочные расходы.

То есть обучение проводится в привычной для работника производственной обстановке. Как недостатки обучения без отрыва от производства выделим следующие:

✓ преподаватель-инструктор может не иметь достаточного педагогического опыта;

✓ если на рабочий день установлена норма производственного задания, то это может сказаться на выполнении задания как инструктором, так и обучаемым;

✓ ограниченное использование опыта передовых предприятий отрасли.

Как базовое преимущество обучения с отрывом от производства выделим следующие, которые обладают несомненными преимуществами:

✓ возможность проведения обучения в вузовских подразделениях дополнительного образования;

✓ квалифицированный педагогический состав;

✓ использование в учебном процессе инновационных педагогических технологий;

✓ использование в учебном процессе современного учебного оборудования;

✓ использование в учебном процессе современных информационно-коммуникационных технологий;

✓ использование в учебном процессе дистанционных форм обучения.

Как недостатки обучения с отрывом от производства выделим следующие:

✓ несомненное отличие производственного оборудования от учебного;

✓ финансовые затраты предприятия на обучение персонала, включая командировочные расходы, расходы на оплату обучения;

✓ отсутствие производственной документации;

✓ отсутствие работника на рабочем месте.

При организации обучения персонала в настоящее время очень перспективной организационной формой становится обучение с использованием дистанционных технологий [1-4]. Эту организационную форму следует отнести к смешанному типу, так как, с одной стороны, работник проходит обучение без отрыва от производства, с другой – обучение организует организация дополнительного образования. Причем дистанционные образовательные технологии могут использоваться во всех видах дополнительного профессионального образования: повышении квалификации, профессиональной переподготовке, реализации программ обучения.

Для осуществления смешанного обучения, то есть с использованием дистанционных технологий, должна быть организована информационно-образовательная среда дополнительного образования (ИОС ДО). ИОС ДО рассматриваем как интегрированную совокупность системы современных педагогических технологий, обеспечивающих обучение в современной информационно-образовательной среде, образовательных ресурсов, в том числе цифровых образовательных ресурсов, аппаратно-программного обеспечения, учебно-

методического обеспечения. ИОС ДО также включает в себя систему дистанционного обучения, электронные библиотечные ресурсы [3-6].

Организация дистанционного обучения возможна в нескольких вариантах педагогических технологий [6]:

- ✓ кейс-технология, которая основана на использовании комплектов учебно-методических материалов и их доставке слушателям для самостоятельного изучения;
- ✓ сетевые технологии, базирующиеся на использовании локальных и глобальных сетей Интернет;
- ✓ технологии видеоинтерактивного обучения, использующие глобальные и локальные сети для взаимодействия слушателей с преподавателем и между собой в режиме реального времени.

Данные педагогические технологии определяют характер дистанционного обучения персонала предприятий либо как полностью дистанционное, либо как смешанное, либо как квази-дистанционное.

Полностью дистанционное обучение осуществляется при использовании кейс-технологии: слушателям предоставляются учебные и методические материалы на бумажных носителях либо в электронной форме по электронной почте или на CD-дисках, также предоставляются обучающие игры, контрольно-измерительные материалы.

Смешанное обучение осуществляется при использовании сетевых технологий: учебные и методические, контрольно-измерительные материалы размещаются в ИОС ДО с предоставлением индивидуального доступа для слушателя. Консультирование преподавателей организовано либо в системе, либо с использованием ИКТ. Характерным преимуществом этой формы обучения является возможность формирования индивидуальной траектории слушателя с возможностью консультирования со стороны преподавателей.

Квази-дистанционное обучение, основанное на технологии видеоинтерактивного обучения при взаимодействии слушателей с преподавателем и между собой в режиме реального времени в глобальной сети, максимально приближено к традиционному обучению в аудитории с преподавателем. Характерным преимуществом этого вида обучения является возможность взаимодействия преподавателя и слушателя в режиме реального времени, возможность мотивации слушателей, их вовлечение в обсуждение изучаемого материала, оперативный контроль понимания со стороны слушателей, оперативное консультирование.

Как организационно-педагогические условия реализации дополнительного профессионального образования при использовании цифровых технологий выделим следующие компоненты:

- ✓ модульное структурирование дополнительных образовательных программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки;
- ✓ индивидуально-ориентированное обучение для каждого слушателя, что предполагает выбор программы и форму организации обучения;
- ✓ интерактивные технологии в образовательном процессе; развитая ИОС ДО;
- ✓ разработка и своевременная актуализация учебно-методических материалов и цифровых образовательных ресурсов.

В.Я. Никитин, И.К. Дракина выделяют как одно из организационно-педагогических условий введение новых ролей преподавателя: консультанта, тьютора, модератора групповой работы, куратора образовательной программы и других [7].

Своевременная модернизация ИОС ДО и создание организационно-педагогических условий для реализации программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки, ориентированных на запросы предприятий, позволяет повысить эффективность предприятия и увеличить его прибыль. Работники такого предприятия становятся более конкурентоспособными на рынке труда. А вузовское подразделение дополнительного образования, предлагающие дополнительные профессиональные программы обучения сотрудников с учетом всех потребностей предприятий в обучении персонала, формирует наилучший клиентский портфель партнеров по дополнительному образованию.

Литература

1. Глухенькая, Н. М. Обучение и развитие персонала: принципы, подходы, методы / Н. М. Глухенькая // Профессиональное образование. Столица. – 2017. – № 1. – С. 42-44.
2. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry / O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] // Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – 2020. – С. 430-434.
3. Фролов, М. В. Современные компьютерные обучающие системы в практике дополнительного вузовского образования / М. В. Фролов, О. В. Виштак // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления,

обработки и передачи информации». – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2017. – С. 665-668.

4. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза, 2021. – С. 47-50.

5. Большаков, А. А. Формирование модели учебного курса интерактивной компьютерной обучающей системы на основе нечеткой когнитивной карты / А. А. Большаков, О. В. Виштак, Д. А. Фролов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 2. – С. 92-99.

6. Мовчан, И. Н. К вопросу использования технологий дистанционного обучения в вузе / И. Н. Мовчан // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 9-2(41). – С. 29-33.

7. Никитин, В. Я. Организационно-педагогические условия развития современной системы ДПО / В. Я. Никитин, И. К. Дракина // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 2(45). – С. 38-40.

УДК 004.4

Программный модуль учета и контроля электромонтажных работ

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

Онтикова Анастасия Дмитриевна, студент направления
«Информационные системы и технологии»

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

В данной статье рассматриваются основные процессы выполнения электромонтажных работ. Проводится моделирование бизнес-процессов, протекающих в информационной системе организации, и функциональный анализ деятельности организации с помощью методологии IDEF0. Выявляется важность разработки программного модуля учета и контроля выполнения электромонтажных работ.

В настоящее время предприятия энергетической отрасли оснащены очень сложным оборудованием. При этом работоспособность оборудования обеспечивается за счет качественного, своевременного и безопасного проведения технического обслуживания и ремонта при рациональном использовании как материально-технических ресурсов, так и временных затрат на проведение того или иного вида работ [5]. При его обслуживании одним из важных аспектов является оперативность выполнения производственных работ. Ключевая роль при этом отводится предоставлению возможности быстрого и оптимального выполнения электромонтажных работ, то есть подключению потребителей к источникам электроэнергии, начиная с простой установки розеток и завершая обеспечением системой бесперебойного электроснабжения объекта в целом. Особенностью данного вида работ является высокий уровень ответственности, поскольку в случае выхода из строя электропроводки могут произойти как большие материальные, так и другие потери [1, 2, 6].

Большому количеству предприятий и организаций требуется оперативное отслеживание выполнения производственных заданий и работ. Для автоматизации работы предприятия на рынке в настоящее время существуют зарубежные и отечественные программные продукты.

Подобные решения позволят реализовать компании любые их потребности. Однако важно помнить, что такие программные продукты имеют большую стоимость и высокую сложность. Внедрение подобных систем оправдано только для очень крупных компаний и больших масштабов автоматизации, то есть организаций, в которых большое количество сотрудников.

Для организаций, не отвечающих вышеизложенным требованиям, существует два варианта: либо изменить процессы в определенной компании под готовую программу, либо изменить готовую систему так, чтобы она учитывала все нужды организации. В обоих случаях есть определенные недостатки. Менять устоявшиеся процессы в компании достаточно тяжело. Во втором случае могут присутствовать большие финансовые затраты для изменения системы.

Кроме всего прочего существует риск того, что даже после изменения программа будет работать не совсем верно и не сможет приносить определенные результаты. Также использование готовых решений не обеспечивает сохранность данных, поскольку они находятся на стороннем сервере.

Так, более правильным решением для компании, занимающейся электромонтажными работами и имеющей свою иерархию сотрудников внутри

организации, будет создание собственной системы, ориентированной специально под ее процессы.

Разрабатываемый программный модуль обеспечит распределение производственных заданий между подразделениями и сотрудниками и позволит сократить временные затраты на оповещение о выполнении работ.

Разрабатываемое приложение позволит предложить альтернативу существующим на отечественном рынке программам. Основные функциональные возможности программного модуля:

- ✓ авторизация работников в системе;
- ✓ личный кабинет у каждого работника, имеющего доступ к системе;
- ✓ составление заявок, распределение каждого вида работ, составление графика выполнения, закрепление задания за персоналом, возможность отслеживания статуса производственных заданий, сроков их выполнения;
- ✓ расчет средств, затраченных на каждый вид работы;
- ✓ администрирование данных в системе.

Программный модуль необходим для оптимизации процесса выполнения ЭМР. Необходимо упростить процесс передачи заданий от одного должностного лица к другому и процесс составления финансового отчета о выполненных работах, а также перевести отчеты из бумажного в электронный вид.

Процесс выполнения ЭМР представлен на рис. 1. Все виды документов, которые разрабатываются и оформляются электромонтажной организацией при выполнении электромонтажных работ, обязаны содержать документацию подготовки к ЭМР, документацию производства ЭМР и документацию контроля производства ЭМР.

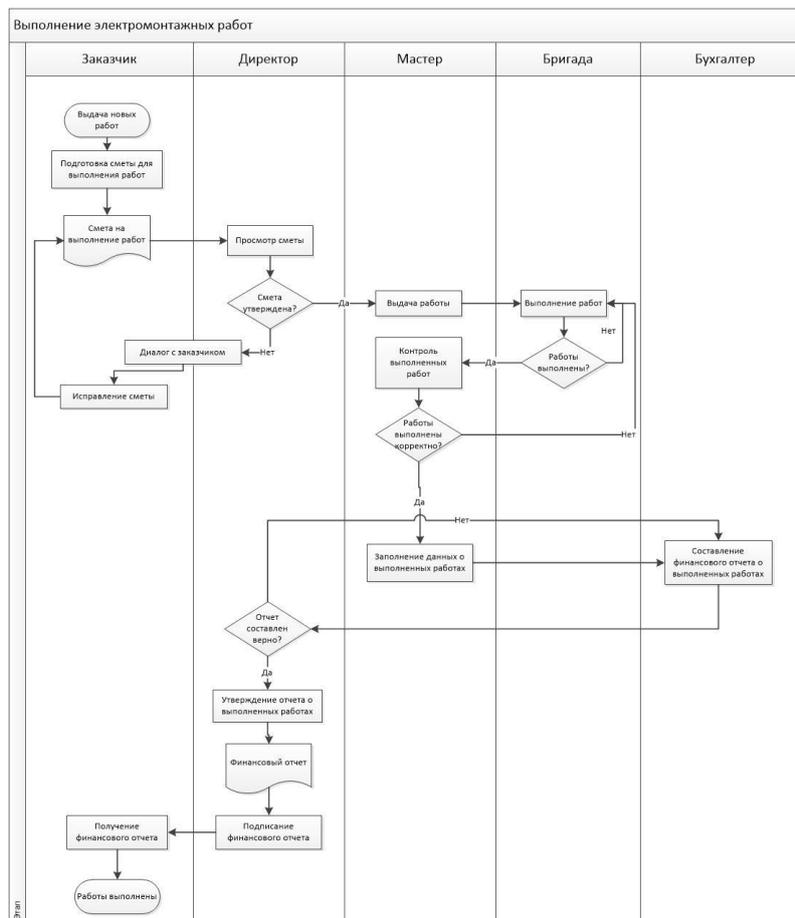


Рис. 1. Процесс выполнения электромонтажных работ

К документации подготовки к производству ЭМР можно отнести:

- разрешительную документацию;
- документацию, которую должна предъявить электромонтажная организация для подготовки и производства работ;
- организационно-технологическую документацию, созданную электромонтажной организацией.

Исполнительная документация – документация, оформляющаяся в процессе производства электромонтажных работ на основании проекта и показывающая:

- ответственных лиц;
- технологию и сроки производства работ;
- процедуры контроля качества выполняемых работ, включающего входной, операционный, приемочный и производственный контроль;
- подтверждение факта выполненных работ.

Документация контроля производства ЭМР включает в себя:

- документацию входного контроля используемых материалов, конструкций и оборудования;

— документацию операционного контроля, используемую в процессе выполнения и по завершении производства ЭМР;

— приемо-сдаточную документацию.

Перечень некоторой документации по основным видам электромонтажных работ:

— № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

— № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

— СНиП 3.05.06-85.

Рассмотрим взаимодействие подразделений при выполнении электромонтажных работ. Контекстная диаграмма располагается на самом верху древовидной структуры диаграмм и представляет из себя общее описание системы и взаимодействие со средой. В соответствии со стандартом IDEF0 на каждом уровне декомпозиции необходимо применять принцип ограничения объекта [3]. Так по этому принципу считается, что единственный блок и стрелки на контекстном уровне применяются для определения границы всей системы. Согласно этому стрелки, которые касаются этого блока, описывают главные управления, входы, выходы и механизмы этой системы. Стрелки, располагающиеся на контекстной диаграмме, показывают связи объекта моделирования и окружающей среды. Диаграмма состоит из одного блока, который представляет систему в целом. А стрелки представляют весь комплекс внешних интерфейсов объекта.

На рис. 2 представлена контекстная диаграмма процесса выполнения электромонтажных работ.

В качестве основного назначения электромонтажной организации можно выделить выполнение электромонтажных работ. Вход в диаграмме – это объекты, которые используются и преобразуются работой для получения результата (выхода). В данной организации на вход поступают заявка на выполнение работ и материалы. Стрелка управления представляет собой информацию, которая управляет действиями работы в организации. Управлением в данном случае являются законы РФ, стандарты и техника безопасности. В качестве механизмов – ресурсов, выполняющих работу, выступают сотрудники электромонтажной организации и оборудование. На выходе получают выполненные работы, исполнительную документацию и финансовый отчет по итогам работ.



Рис. 2. Контекстная диаграмма процесса выполнения электромонтажных работ

Перед тем как создать информационную систему и внедрить ее в организацию, нужно проанализировать работу системы в настоящее время. Для этой цели создается функциональная модель AS-IS. Модель AS-IS или модель «как есть» отражает существующие процессы в организации на данный момент времени, рассматривает то, как она функционирует. Исследование процессов есть обязательная часть любого проекта по созданию или развитию информационной системы. А проектирование функциональной модели AS-IS поможет понять, какие информационные объекты применяются для выполнения функций различного уровня детализации.

На основании анализа текущих процессов информационной системы электромонтажной организации была разработана AS-IS модель, позволяющая выделить и систематизировать процессы, которые протекают в системе.

На рис. 3 изображена модель работы электромонтажной организации. Обработку заявки осуществляют несколько должностных лиц. При формировании заявка сначала попадает начальнику участка, затем мастеру, который распределяет ее определенной бригаде. В данном случае много времени занимает передача информации о заявке от одного должностного лица к другому. Внедрение информационной системы должно решить эту проблему. Выполнение работ осуществляет бригада работников исходя из условий заявки и наставлений мастера. Выходом являются выполненные работы.

Контроль выполнения работ осуществляется мастером. В случае, если работы выполнены корректно, они считаются выполненными, иначе они должны быть переделаны. Выходом являются выполненные работы.

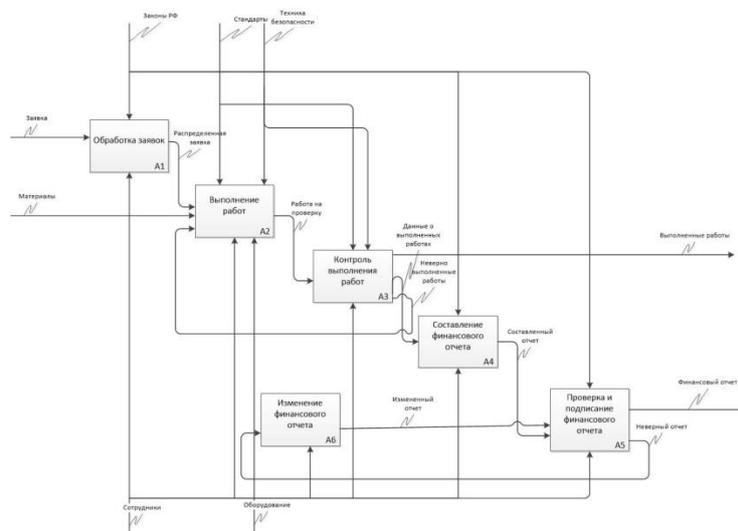


Рис. 3. AS-IS диаграмма процесса выполнения электромонтажных работ

Составление финансового отчета производится по итогам выполнения работ с учетом затрат на зарплату работников и материалы.

Проверка и подписание финансового отчета осуществляются после его составления и в случае, если он корректен. Выходом является финансовый отчет по итогам работ.

Недостатки системы, выявленные в модели AS-IS, исправляются в модели TO-BE (рис. 4), то есть модели новой организации процессов на предприятии.

TO-BE – модель «как должно быть» – создается на основе модели AS-IS для устранения минусов в бизнес-процессах организации, протекающих в настоящее время, а так же для их совершенствования и оптимизации [4].

Модель TO-BE имеет важное значение для определения результатов внедрения информационной системы, а также рассмотрения других путей осуществления работы и документирования того, каким образом система сможет работать в перспективе.

В данном случае добавляется новый механизм выполнения – программный модуль. Он позволит ускорить выполнение таких процессов, как классификация заявки, передача заявки от одного должностного лица к другому, составление финансового отчета.

Проектирование и введение в эксплуатацию информационной системы приводит к изменению условий осуществления некоторых операций, структуры процессов и организации в общем.

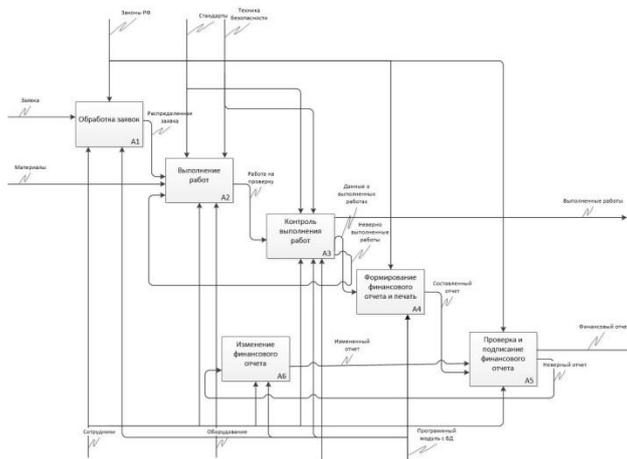


Рис. 4. TO-BE диаграмма процесса выполнения электромонтажных работ

Данная ситуация приводит к потребности модернизирования системы правил, которые используются в организации, изменения должностных инструкций работников. Функциональная модель TO-BE помогает уже на этапе проектирования информационной системы определить изменения, которые необходимо внести [4].

Модель TO-BE предназначена для анализа альтернативных путей выполнения функции и документирования деятельности организации в электронном виде [4].

Функциональная модель TO-BE сможет отчетливо установить распределение временных ресурсов среди операций процесса выполнения электромонтажных работ, автоматизировать формирование финансового отчета и предоставит возможность оценить результативность использования ресурсов после реинжиниринга.

Можно сделать вывод о том, что автоматизированная информационная система решит некоторые проблемы организации и позволит тратить меньше временных и финансовых ресурсов, а также автоматизировать учет создания финансовых отчетов, исключая некоторые ошибки, которые могут быть допущены сотрудниками.

Таким образом, разработка и внедрение программного модуля позволит вести учет и контроль электромонтажных работ на предприятии, аккумулировать сведения о количестве трудозатрат на производство каждого вида работ. Разрабатываемый программный модуль обеспечит распределение производственных заданий между подразделениями и сотрудниками и позволит сократить временные затраты на оповещение о выполнении работ.

Литература

1. Электромонтажные работы: [сайт]. – URL: <https://jelektrik.by/stati/sovety-elektrika/chto-takoe-elektromontazhnye-raboty> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.

2. Электромонтажные работы: виды и особенности: [сайт]. – URL: <https://vnrg.ru/info/articles/elektromontazhnye-raboty-vidy-i-osobennosti/> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.

3. Моделирование данных: [сайт]. – URL: <https://coderlessons.com/tutorials/bolshie-dannye-i-analitika/teoriia-khraneniia-dannykh/6-cto-takoe-modelirovanie-dannykh> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.

4. Функциональная модель ТО-БЕ: [сайт]. – URL: <https://itstan.ru/funk-strukt-analiz/funkcionalnaja-model-to-be.html> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.

5. Земсков, В. М. Информационная система учета оборудования энергетического предприятия / В. М. Земсков, Н. М. Виштак, Г. В. Очкур // Информационные ресурсы России. – 2021. – № 6. – С. 2-7.

6. Виштак, О. В. Функциональные требования к программному модулю учета и контроля выполнения электромонтажных работ / О. В. Виштак, А. Д. Онтикова // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты». – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2021. – С.143-150.

УДК 004.4

Облачные технологии в учебной деятельности студентов

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

Янчев Максим Денисович, студент направления
«Информационные системы и технологии»

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

В статье представлены сервисы Google, проведен анализ их функциональных возможностей, а также возможностей для использования в учебной деятельности студентов.

Одним из главных направлений развития современных информационных технологий являются облачные технологии [1, 2, 4, 5]. Их суть заключается в предоставлении конечным пользователям удаленного динамического доступа к

услугам, вычислительным ресурсам и приложениям через интернет. Оперативный доступ к базам данных, новостям, альтернативным мнениям позволяет перейти на новый, более высокий уровень информированности пользователей, что положительно сказывается на развитии их информационной культуры.

Существует свыше сорока различных сервисов Google и сайтов, сравнимых с ним по числу служб довольно мало, в том числе для образовательной сферы [1, 3, 6, 7]. Главным преимуществом сервисов является то, что все они объединены и держатся на одном аккаунте – аккаунте Google. Достаточно лишь раз зарегистрироваться, а после пользоваться всеми имеющимися в распоряжении службами.

Очевидно, самым главным сервисом является крупнейшая поисковая система интернета Google поиск. Одно наличие возможности ее использования сильно упрощает обучение студента, ведь несколько десятилетий назад учащимся приходилось искать необходимую информацию в книгах, что занимало очень много времени. С данной поисковой системой можно найти нужный материал за полсекунды, причем количество результатов поиска довольно-таки ошеломляющее и исчисляется несколькими миллиардами.

Другим сервисом, широко используемым не только учащимися, но и преподавателями, является популярнейшая видеохостинговая платформа Youtube. Преподаватели загружают учебные видео, помогающие в восприятии и понимании материала, не усвоенного на лекции или практике. Одним из примеров взаимодействия между преподавателем и студентом с помощью данной платформы может быть создание своего закрытого Youtube – канала для загрузки туда записей лекций и практик. Студент не всегда может присутствовать на учебных занятиях, например, по состоянию своего здоровья, а данный способ позволит ему восполнить упущенные знания.

Далее идут службы хранения и обработки информации Google Drive и Google Docs. Первое позволяет сохранять и иметь постоянный доступ к необходимым файлам, а второе является упрощенной версией Microsoft Office, но все также позволяющей редактировать тексты, презентации, рисунки-схемы и электронные таблицы.

Менее популярным, но все же полезным будет сервис Академия Google (scholar.google.ru), позволяющий искать научную литературу по поисковым запросам. Например, статьи, диссертации, специализированные книги и монографии. В результатах поиска можно будет увидеть рассортированную по типам научную литературу: сайт html; книга; цитирование; другие категории.

Более специализированный сервис Google Art, он состоит из 3 частей. Первый проект позволяет в случайном порядке просматривать произведения искусства в хорошем качестве. Такое изучение произведений полезно для расширения познаний в культурологии, мировой художественной культуре и прочем. Второй проект – исторические памятники. Здесь присутствует собрание конкретных исторических событий; проект прекрасно подойдет для изучения истории. Третий проект – Чудеса света, он также доступен на русском языке. Будет полезен любителям географии.

Следующим сервисом будет Ngram Viewer (books.google.com/ngrams), позволяющий строить графики частотности языковых единиц на массиве печатных источников, собранных в другую службу Google Books. Google просканировал огромное количество литературы с 1800 года на различных языках. Предположим, проводится некое исследование и необходимо узнать частоту употребления некоего слова, здесь и поможет сервис Ngram. Есть еще одна полезная функция – сопоставление, она позволяет сравнить популярность, к примеру, авторов в 20 веке в России. Написав Шолохов, Булгаков и Пастернак, можно увидеть диаграмму, по которой видно, в какие годы был более популярен тот или иной автор.

Одним из полезнейших сервисов будет Google Hangouts – это программное обеспечение для мгновенного обмена сообщениями и конференций. Эта служба заменяет собой сразу три системы для мгновенной передачи сообщений: «Google Talk», «Google+ Чаты» и сервисов видеочатов «Google+ Видеовстречи», а также онлайн-трансляцию через Youtube. Hangouts позволяет общаться группе до ста человек. Служба доступна браузерам на движке Chromium. Истории чатов хранятся на серверах Google, что позволяет синхронизировать их между устройствами. Фотографии, используемые участниками, автоматически сохраняются в Google+. Также сервис позволяет показывать участникам свое местоположение. Также есть доступ к коротким текстовым сообщениям. Эта служба позволит учащимся проводить учебный процесс в ситуациях пандемий, как и видеохостинговая платформа Youtube, но данный сервис несколько отличается своим функционалом.

Google Переводчик – это сервис, предназначенный для автоматического перевода частей текста или целых веб-страниц на другой язык. Google использует собственное программное обеспечение в отличие от других сервисов перевода, таких как Vabel Fish и AOL, использующих технологию SYSTRAN. Эта веб-служба поможет студентам в изучении новых языков (доступно 108), с переводами различных научных статей и журналов.

Онлайн-сервисы Google для помощи студентам в образовательном процессе обладают рядом достоинств. Службы Google можно использовать везде, где есть сеть интернет, что дает большую мобильность информации. Среда сетевых сервисов Google поможет студентам осваивать и отрабатывать знания и навыки, необходимые в 21 веке:

- ✓ умение искать необходимую информацию, распознавать новую и сравнивать источники;
- ✓ навыки общения, сотрудничества;
- ✓ управление своим временем, понимание взаимосвязей между людьми, компаниями, организациями;
- ✓ способность использовать и распознавать различные медиаресурсы;
- ✓ выполнение совместных проектов: подготовка презентаций и файлов, правка в режиме онлайн, публикация своих работ, проведение удаленных тестов и проверка работ;
- ✓ обмен файлами и другого вида информацией, нужной для проведения учебного процесса, консультирование с преподавателем.

Таким образом, использование сервисов Google в учебном процессе значительно оптимизирует учебную деятельность студентов и повышает ее эффективность, значительно сокращая временные затраты не только в период вынужденных дистанционных занятий, но и в обычном формате учебной деятельности.

Литература

1. Базовые сервисы Google для образования: [сайт]. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=jdC5_3Yz8Y0 (дата обращения: 24.03.2022). – Текст: электронный.
2. 4 полезных для образования сервиса от Google: [сайт]. – URL: <https://opartnerke.ru/poleznye-dlya-obrazovaniya-servisy-google/> (дата обращения: 24.03.2022). – Текст: электронный.
3. Сервисы Google в образовании: [сайт]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=V8FWrHNyCew> (дата обращения: 24.03.2022). – Текст: электронный.
4. Виштак, Н. М. Облачные технологии хранения данных в современном образовании / Н. М. Виштак, Р. В. Ефремов, В. В. Беляева // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 155-161.

5. Рябенков, Р. А. Облачные вычисления / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 293-297.

6. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза, 2021. – С. 47-50.

7. Виштак, О. В. Сервисы удаленного доступа для организации учебного процесса в магистратуре / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей участников Международной конференции «Векторы развития магистратуры будущего в условиях глобальных вызовов». – 2020. – С. 30-34.

УДК 004.4

Программный модуль сопровождения производства металлических конструкций

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;

Беляева Валерия Валерьевна, студент направления
«Информационные системы и технологии»

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

В данной статье рассмотрены основные операционные процессы производства металлических конструкций. Проводится моделирование бизнес-процессов, протекающих в информационной системе. Определяется необходимость разработки программного модуля сопровождения операционных процессов производства металлических конструкций. В статье представлено проектирование программного модуля с использованием объектного моделирования.

Деятельность по производству металлических конструкций характеризуется наличием предметно-специализированных основных цехов, число которых зависит от типа предприятия и сложной системы вспомогательного производства [6, 7]. Предметная специализация основных цехов определяется технологическими связями между ними, например, производственный цех изготавливает металлические

конструкции. Автоматизация производства позволяет учесть эти связи и оптимизировать технологические процессы, что обеспечивает регулярность контроля работы всего предприятия в целом. Внедрение качественной системы с учетом персонализации интерфейса для сотрудников призвано повысить эффективность деятельности сотрудников, минимизировать потери на производстве.

Для принятия решения о целесообразности разработки программного модуля сопровождения производственного процесса металлических конструкций необходимо проанализировать бизнес-процессы, построить функциональные модели, рассмотреть варианты использования [1-3, 8]. Для разработки моделей будет использоваться методология IDEF0. Это методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов [1, 2, 4, 5]. В IDEF0 рассматриваются логические отношения между работами, а не их временная последовательность.

Контекстная диаграмма представляет собой самое общее описание системы и ее взаимодействие с внешней средой и служит источником для быстрой генерации первичного набора системных функциональных требований при необходимости проектирования системы не «сверху-вниз», а «из середины». На рис. 1 представлена контекстная диаграмма модели AS-IS процесса производства металлических конструкций.



Рис. 1. Контекстная диаграмма модели AS-IS процесса производства металлических конструкций

Главным назначением производства металлических конструкций является изготовление металлических изделий. На вход поступают объекты, используемые и преобразуемые для получения результата. На производстве на вход поступают заказы изделий – для составления плана производства, и комплектующие для заказов – для самого производства.

В качестве информации, управляющей действиями производства, выступают законодательство РФ, должностные инструкции, правила техники безопасности,

проектно-чертежная документация и графики производства, отгрузки и поставок. Механизмами, осуществляющими процесс производства металлических конструкций, являются сотрудники предприятия и оборудование.

На выходе получают выполненный заказ, то есть изготовленное изделие, и отчетность о выполненных заказах. Для начала работы необходимо принять и оформить заказы, а затем распределить их по сотрудникам для выполнения сборки. После чего определяется набор необходимых для сборки заказа комплектующих, который затем поставляется слесарю. Слесарь, в свою очередь, начинает сборку заказа.

Готовые изделия проходят проверку соответствия качеству и поступают в упаковочный цех. После упаковки изделия поставляются на склад для временного хранения, либо передаются в транспортировку до клиента в зависимости от графика отгрузки. График отгрузок – один из важнейших инструментов в перемещении товара от грузоотправителя к грузополучателю. Он помогает синхронизировать работу склада и сбытовых подразделений, обеспечить качественное выполнение оговоренных сроков погрузки и доставки груза, а также определённое время транспортировки продукции.

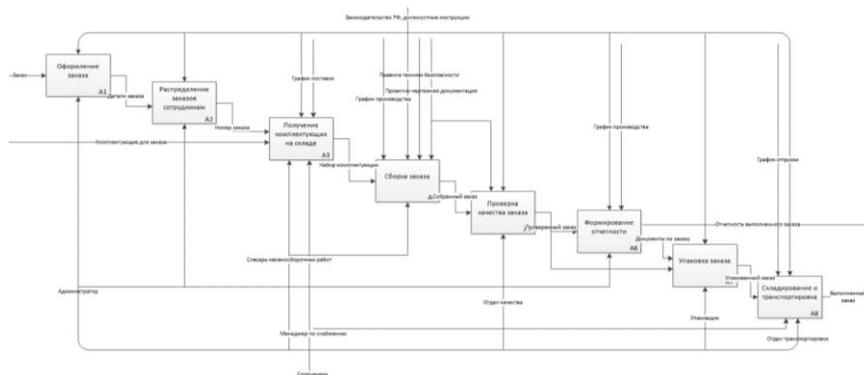


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы модели AS-IS процесса производства металлических конструкций

Данная модель (рис. 2) позволяет систематизировать протекающие процессы, а также используемые информационные объекты. Анализ функциональной модели AS-IS позволяет понять, где находится проблемная ситуация, в чем будут состоять преимущества новых процессов и каким изменениям подвергнется существующая структура организации процесса. Функциональная модель TO-BE позволяет определить изменения в работе организации на стадии проектирования будущей информационной системы. Распределение ресурсов между операциями процесса производства дает возможность оценить эффективность использования ресурсов после внедрения программного модуля. Процессы производства металлических конструкций сопровождаются ведением документации, включая оформление заказа и доставку готовых изделий клиенту. Необходимо фиксировать каждый производственный

процесс в документированном цифровом формате, чтобы избежать потерь и нестыковок.

Современному производству необходима качественная информационная система для сопровождения операционных процессов. На предприятии она отсутствует, что означает необходимость ее внедрения. Производство, в свою очередь, должно быть оптимизировано под появление данной системы с помощью построения функциональной модели TO-VE. Проведем декомпозицию контекстной диаграммы модели TO-VE процесса производства металлических конструкций, представленную на рис. 3.

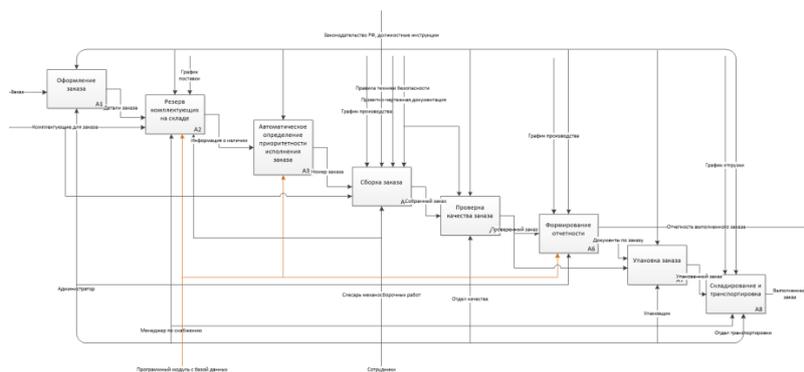


Рис. 3. Декомпозиция контекстной диаграммы модели TO-VE процесса производства металлических конструкций

Для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения, для моделирования бизнес-процессов, системного проектирования и отображения организационных структур используется язык графического описания UML. В объектно-ориентированном проектировании классы объединяют в себе на элементарном уровне как данные, так и операции, которые над ними выполняются. Главное достоинство объектно-ориентированного моделирования обусловливается тем, что данные по сравнению с процессами являются более стабильной и относительно редко изменяющейся частью системы.

Таким образом, объектно-ориентированные системы более открыты и легче поддаются внесению изменений, поскольку их конструкция базируется на устойчивых формах. На основании анализа выделены следующие варианты использования системы, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Описание вариантов использования

Прецедент	Краткое описание
Аутентификация	Вход в систему для работы сотрудника
Работа с заказом	Запускается слесарем механосборочных работ. Позволяет просматривать информацию о выданных работнику заказах

Отметка о выполнении заказа	Запускается слесарем механосборочных работ. Позволяет отмечать выполненные заказы
Резерв комплектующих	Запускается слесарем механосборочных работ. Позволяет зарезервировать необходимые для заказа комплектующие на складе
Управление информацией о комплектующих	Запускается менеджером по снабжению. Добавление, удаление и редактирование данных о комплектующих
Учет наличия комплектующих	Запускается менеджером по снабжению. Добавление, удаление и редактирование данных о запасах комплектующих на складе
Формирование накладной на поставку	Запускается менеджером по снабжению. Позволяет сформировать документ о необходимых комплектующих для поставки
Управление информацией о моделях	Запускается администратором. Добавление, удаление и редактирование данных о моделях
Управление информацией о сотрудниках	Запускается администратором. Добавление, удаление и редактирование данных о сотрудниках
Управление информацией о клиентах	Запускается администратором. Добавление, удаление и редактирование данных о клиентах
Управление информацией о заказах	Запускается администратором. Добавление, удаление и редактирование данных о заказах
Формирование отчетности	Запускается администратором. Позволяет сформировать отчет по выполненным заказам за необходимый срок
Комментирование заказа	Запускается администратором. Позволяет оставлять комментарии к записи о заказе

Таким образом, для выполнения каких-либо действий сотрудники производства, использующие информационную систему, должны пройти аутентификацию: ввести логин и пароль, а потом перейти к работе. У каждого сотрудника свои полномочия, которые выполняются с помощью информационной системы. На рис. 4 представлена диаграмма вариантов использования системы.

В центре методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования располагаются диаграммы классов, которые показывают классы и их отношения, тем самым представляя логику проекта. Каждый класс имеет определенные атрибуты. Атрибут именуется свойством класса, который описывает моделируемый объект. Диаграмма, описывающая структуру системы, демонстрирующая ее классы, атрибуты и зависимости между классами, представлена на рис. 5.

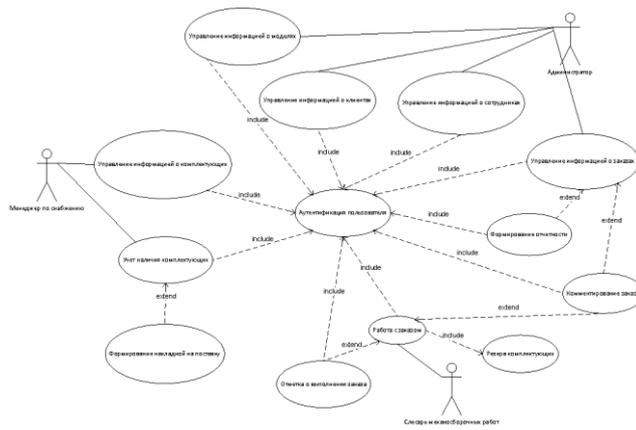


Рис. 4. Диаграмма вариантов использования

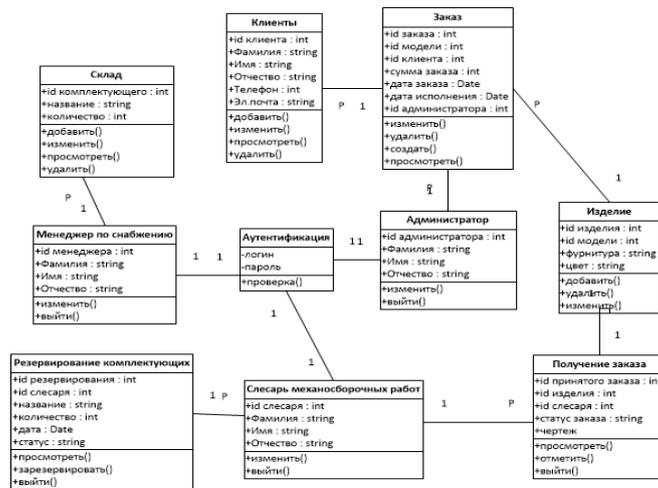


Рис. 5. Диаграмма классов

Для работы информационной системы необходимо наличие базы данных, интерфейсов и модулей. Доступ к моделируемой системе предусматривается для трех актеров, соответственно планируется три интерфейса взаимодействия. Интерфейс, доступный только после аутентификации, связывает пользователя с модулем.

С помощью интерфейса модули получают информацию от пользователя и от базы данных. Диаграмма компонентов моделируемой системы представлена на рис. 6.

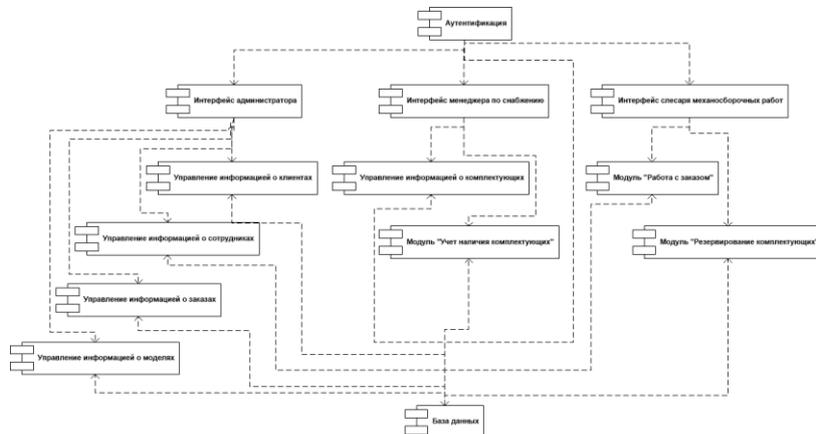


Рис. 6. Диаграмма компонентов

Таким образом, с помощью разрабатываемого программного модуля осуществляется возможность резервирования необходимых для полученного заказа комплектующих на складе, расчет количества имеющихся на складе комплектующих, определение приоритетности исполнения заказов и формирования статистических отчетов о выполненных заказах. Кроме того, использование модуля обеспечивает возможность отслеживания статуса заказов и автоматического определения приоритетности их исполнения, а также возможность расчета сроков исполнения заказа в зависимости от сложности модели и внесенных в заказ изменений клиентом, формирование отчетности выполненных заказов.

Литература

1. Гринченко, Н. Н. Разработка моделей информационных систем на языке UML: учебное пособие / Н. Н. Гринченко. – Рязань: РГРТУ, 2015. – 48 с.
2. Забродин, А. В. Основы проектирования информационных систем с помощью языка UML: учебное пособие / А. В. Забродин. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2018. – 46 с.
3. Новиков, Ф. А. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Анализ и проектирование на UML»: учебно-методическое пособие / Ф. А. Новиков. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2007. – 286 с.
4. Разработка автоматизированной информационной подсистемы учёта производственного процесса: [сайт]. – URL: http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/23727/1/Nefedov_Razrabotka_16.pdf (дата обращения: 14.03.2022). – Текст: электронный.
5. Виштак, О. В. Разработка CRM-системы станции технического обслуживания / О. В. Виштак, И. Р. Абушаев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 189-193.
6. Виштак, Н. М. Система требований к программному модулю сопровождения операционных процессов производства металлических конструкций / Н. М. Виштак, В. В. Беляева // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты». – Брянск: БГИТУ. – 2021. – С. 133-142.
7. 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: СГТУ, 2017. – С. 669-674.

8. Федяшина, О. И. К вопросу проектирования программного модуля поддержки деятельности организации / О. И. Федяшина, Г. В. Очкур // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 254-260.

УДК 004.4

Алгоритм разработки основы структуры интернет-ресурса

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;

Землянская Ольга Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»

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

В статье проведена систематизация задач при разработке интернет-ресурса предприятия, проведен анализ функциональных возможностей интернет-ресурса, представлен алгоритм разработки структуры интернет-ресурса, следование которому позволит разработать интернет-ресурс, обеспечивающий пользователей полной и своевременной информацией о деятельности предприятия.

В настоящее время многие предприятия, включая автотранспортную сферу, всесторонне увеличивают свое присутствие в рыночном пространстве за счет информативности своих интернет-ресурсов. Это позволяет предприятиям предоставить более доступную, удобную и оптимизированную информацию для всех участников бизнес-процессов. Разработка интернет-ресурса предполагает решение следующих задач [1, 6, 8-11]:

✓ проведение анализа требований к интернет-ресурсу предприятия. Для этого проводится анализ задач, функциональных возможностей и формирование системы требований, которым должен удовлетворять интернет-ресурс предприятия;

✓ моделирование бизнес-процессов, протекающих в информационной системе;

✓ разработка технического задания на создание интернет-ресурса;

- ✓ планирование и определение затрат на разработку интернет-ресурса;
- ✓ проектирование интернет-ресурса;
- ✓ разработка навигационной структуры ресурса;
- ✓ реализация интернет-ресурса предприятия.

Сразу следует отметить, что интернет-ресурс автотранспортного предприятия должен обеспечить следующий функционал [1, 4, 6]:

- ✓ имиджевая функция. Формирование стиля и образа компании. Стилевое оформление интернет-ресурса должно соответствовать корпоративному стилю предприятия;

- ✓ информационная функция. Интернет-ресурс должен предоставлять доступ к информации о компании, ее истории, деятельности, предоставляемых услугах, а также оперативно информировать пользователей о новостях компании;

- ✓ рекламная функция. Интернет-ресурс должен содержать информацию об услугах компании и обеспечивать возможность просмотра связанных с услугами текстовых и графических материалов;

- ✓ работа с клиентами. Деятельность по предоставлению товаров и услуг. Функция приема заявок должна осуществляться быстро и качественно с помощью стандартных форм с заполнением информации о клиенте и его потребности;

- ✓ опосредованное управление бизнес-процессами. Интернет-ресурс должен управлять бизнес-процессами и интегрировать их через единую систему. Обладая лучшей прямой видимостью, предприятие может лучше планировать и распределять ресурсы. Без интернет-ресурса предприятие, как правило, работает разрозненно, каждый отдел использует свою собственную автономную систему;

- ✓ интегративная функция. Ресурс способствует свободному обмену информацией и знаниями в организации, интеграции систем для повышения производительности и эффективности, а также синергии между командами и отделами.

Наиболее важным аспектом удобного использования интернет-ресурса является его грамотно спланированная структура. Структура показывает как настроен интернет-ресурс, то есть как отдельные подстраницы связаны друг с другом. Существуют несколько видов структур, которые используются наиболее часто. Все они подходят для определенного типа интернет-ресурсов [1, 5, 6, 11].

- линейная или последовательная структура. Страницы связаны линейным образом и все следуют логическому пути действий, например, с главной страницы на страницу обслуживания и на страницу запроса. Он хорошо работает для небольших веб-ресурсов, целью которых является представление продукта, услуги или бренда.

– линейно-разветвленная. Данный вид структуры представляет из себя цепочку переходов, иногда с правом выбора. Подойдет для небольших ресурсов – в основном визиток.

– сеть или веб-структура. Это редкий тип организации интернет-ресурса, когда к каждой странице можно получить доступ с любой другой страницы. Это может иметь смысл для ресурсов с ограниченным количеством страниц, естественно связанных друг с другом.

– иерархическая или древовидная структура. Это самый популярный тип структуры, который можно применить к веб-ресурсу любой спецификации. Он следует иерархии категорий, переходя от общих страниц к более конкретным.

Для интернет-ресурса будет использоваться древовидная структура. Данный вид структуры позволяет хорошо организовывать информацию. Она дает визуальный порядок и предлагает больше возможностей для четкого и лаконичного названия страниц. Также веб-мастерам проще поддерживать ее через систему управления контентом.

Удобство интернет-ресурса для пользователей во многом зависит от того, насколько грамотно проработана его структура и навигация. В структуре ресурса стоит учитывать привычки аудитории и поисковый спрос – то, как люди ищут продукт. Под каждый запрос пользователей должна быть страница или раздел. Например, если существует запрос «транспорт», на интернет-ресурсе должен быть раздел с ним. Так поисковые системы поймут, что ресурс отвечает интересам пользователей. Все страницы должны быть распределены по категориям и разделам. Их названия нужно делать понятными и логичными, чтобы пользователь легко нашел то, что решит его проблему.

Первый шаг для создания грамотно спланированной структуры: просмотр интернет-ресурсов конкурентов. Нужно определить, кто они и как они создали свои ресурсы. Посмотреть, как они организовали информацию на них: сколько у них разделов, как они связаны. Неплохо проверить структуры нескольких конкурентов, оценив их с точки зрения пользователя. Помимо ручного поиска можно использовать инструменты синтаксического анализа и парсинга веб-страниц. Изучив общие разделы и похожие страницы конкурентов можно решить, какие из них включить на свой ресурс [8].

Проанализировав, какие ключевые слова работают на конкурентов, можно добавить к этим наблюдениям свои и собрать полный список ключевых слов для

собственного интернет-ресурса. Важно включать запросы с разным объемом поиска, чтобы охватить как общие запросы, так и очень конкретные намерения.

Когда собран огромный список ключевых слов, самое время отфильтровать нерелевантные. Нужно вычеркнуть все запросы, которые не подходят ресурсу, а все остальные классифицировать по наиболее подходящему для интернет-ресурса критерию: намерение, объем поиска, сложность или прочие. Просматривая результаты, можно сопоставить группы ключевых слов с различными разделами и страницами, которые планируется иметь на интернет-ресурсе.

После того как будут собраны и отфильтрованы все нерелевантные ключевые слова, их следует расположить в соответствии с иерархией интернет-ресурса. Нужно записать все основные разделы и визуализировать структуру, переходя к подразделам и конкретным страницам. Можно использовать инструменты визуализации, чтобы получить четкое представление об иерархии: какие страницы представляют общие категории, а какие более конкретные, и, наконец, как они должны быть связаны.

При работе над структурой интернет-ресурса необходимо избегать отсутствия неясности в названиях категорий, отсутствия классификации, присутствия дублированных страниц, устаревшей информации [7].

Не только контент должен иметь смысл, но и URL-адрес. После того как создан каркас своего интернет-ресурса со всеми категориями и страницами, нужно перейти к простой и удобной структуре URL-адресов, которая соответствует иерархии разрабатываемого ресурса.

Что бы содержать URL в порядке нужно использовать читаемые слова и сделать URL как можно короче. Хорошо подойдут релевантные ключевые слова в URL-адресах, но нужно избегать наполнения ключевыми словами. Хорошо использовать дефисы (-) вместо подчеркивания (_), потому, что поисковые системы воспринимают первый как средство разделения слов, а второй как часть слова. Когда есть набор страниц, расставленных по приоритетам и организованных в иерархии интернет-ресурса, необходимо обеспечить четкую связь между ними с помощью внутренних ссылок. Данное действие улучшает навигацию по ресурсу и помогает распространять ссылочный вес по веб-страницам.

Эмпирическое правило здесь заключается в том, что на каждой странице должна быть ссылка, указывающая на нее и исходящая с нее. Поисковые сканеры находят и индексируют ресурсы, переходя с одной страницы на другую, и они делают это, переходя по ссылкам, если им не указано иное. Умная внутренняя перелинковка поможет поисковым роботам найти весь контент на интернет-ресурсе.

Можно работать над внутренними ссылками на основе приоритетов страниц: чем больше ценность страницы для привлечения целевого трафика, тем больше ссылок должно указывать на эту страницу. Кроме того, нужно убедиться, что на интернет-ресурсе нет бесхозных и тупиковых страниц, на которые нет ссылок на них или с них.

Удобная и интуитивно-понятная навигация - одно из важнейших требований интернет-ресурса. Она является неотъемлемой частью пользовательского опыта и стратегии любого ресурса. Навигационная система, которая позволяет посетителям находить контент с помощью поиска и просмотра, может не только повысить шансы посетителей дольше просматривать интернет-ресурс, но и повысить вероятность того, что они совершат какие-либо действия на нем [2].

Проведем анализ наиболее распространенных типов навигации по интернет-ресурсу:

– горизонтальная панель навигации является наиболее распространенным типом навигационного меню. Она перечисляет основные страницы рядом и помещается в заголовок интернет-ресурса. Многие интернет-ресурсы имеют одни и те же разделы такие как: «О нас», «Продукты», «Цены» и «Контакты». – потому что посетители ожидают их увидеть. Но эти разделы не обязательно будут самыми полезными для посетителей на всех интернет-ресурсах. На горизонтальной панели располагаются те разделы, которые с большей вероятностью предоставят посетителям легкий доступ к страницам, которые они ищут, а не к стандартным страницам «О нас», «Цены» и «Контакты»;

– выпадающие навигационные меню идеально подходят для интернет-ресурса с богатым содержанием и сложной архитектурой. Если нужно включить много ссылок на страницы в панель навигации, и, если перечислить их все рядом – это либо будет выглядеть загроможденным, либо будет невозможно разместить их все по горизонтали. Вместо этого можно перечислить наиболее важные или общие элементы на панели навигации верхнего уровня, а остальные включить в раскрывающееся меню [8];

– в меню вертикального вида элементы располагаются друг над другом и располагаются на боковой панели. Хотя вертикальная навигация менее популярна чем горизонтальная, она предлагает несколько преимуществ. Поскольку недвижимое пространство не так ограничено можно написать более длинные навигационные ссылки и включить больше опций верхнего уровня. Кроме того, вертикальная навигация более привлекательна, поэтому она хорошо подходит для интернет-магазинов и разных творческих компаний;

– навигационное меню нижнего колонтитула обычно сочетается с горизонтальной панелью навигации заголовка интернет-ресурса и дополняет ее. Если посетитель не находит нужную ссылку в заголовке, он может прокрутить страницу вниз, чтобы просмотреть дополнительные параметры. Большинство ссылок из нижнего колонтитула, которые относятся к одной из категорий, перечислены в верхнем основном меню навигации. Это обеспечивает легкий доступ к подкатегориям наиболее популярных разделов интернет-ресурса [4].

Так как автотранспортное предприятие предоставляет фиксированное количество товаров и услуг, например в сравнении с каталогом интернет-магазина, то предпочтительно использовать горизонтальную панель навигации в верхней части страницы. Там будет располагаться главная страница о предприятии, услуги, корзина, оплата, доставка, статьи. Также можно реализовать меню нижнего колонтитула. Оно поможет продублировать нужную информацию.

При планировании можно рассмотреть возможность создания блоков рекомендаций, таких как «Посмотрите еще по теме», «Вам также может понравиться», «Люди также смотрели». Они укрепят внутренние ссылки и привлекут больше трафика на релевантные страницы.

Упрощая навигацию по интернет-ресурсу, нельзя забывать о поисковых роботах. Файлы Sitemap помогают им отслеживать все страницы, которые появляются на интернет-ресурсе, и быстрее их индексировать. Поисковые системы также могут использовать карту ресурса в качестве справочной информации при определении канонических URL-адресов.

Обычно на веб-ресурсе есть три типа веб-страниц: домашняя страница, главные страницы и подстраницы [3].

Отправной точкой интернет-ресурса является домашняя страница. Она также называется главной или стандартной. Это первая страница, которую видят посетители, когда загружают URL-адрес. Она содержит информацию о компании. На домашней странице также есть строка меню со ссылками на основные страницы. Эта строка меню главной страницы называется основным разделом или «индексом сайта».

Главные страницы содержат информацию о конкретном разделе или разделе, а главные страницы связаны в строке меню. Подстраницы содержат подробную информацию о конкретной теме или предмете и связаны с основными страницами [1].

На основании проведенного анализа сформируем схему интернет-ресурса автотранспортного предприятия (рис. 1). Когда пользователь заходит на ресурс, он попадает на главную страницу. На ней располагается большой красочный слайдер с

демонстрацией товаров и услуг компании. На горизонтальной панели в верхней части контактные данные, строка поиска по ресурсу и значок корзины. Под слайдером лента отзывов клиента, сотрудничества, ссылки на социальные сети. На странице «О компании» представлена информация, описывающая деятельность компании, указаны юридические данные компании, её контакты. Страница «Услуги» демонстрирует полную направленность деятельности. На эту страницу создаем самое большое количество ссылок. Транспортные услуги дают возможность выбрать нужный транспорт для мероприятия или деловых встреч. Предприятие предоставляет техническое обслуживание и ремонт транспорта. Условия и прайс-лист можно с удобством сравнить с аналогичными предложениями на рынке. Интернет-ресурс предлагает услуги мойки транспорта. В специально оборудованных удобных боксах осуществляется быстрая и качественная мойка транспортного средства.

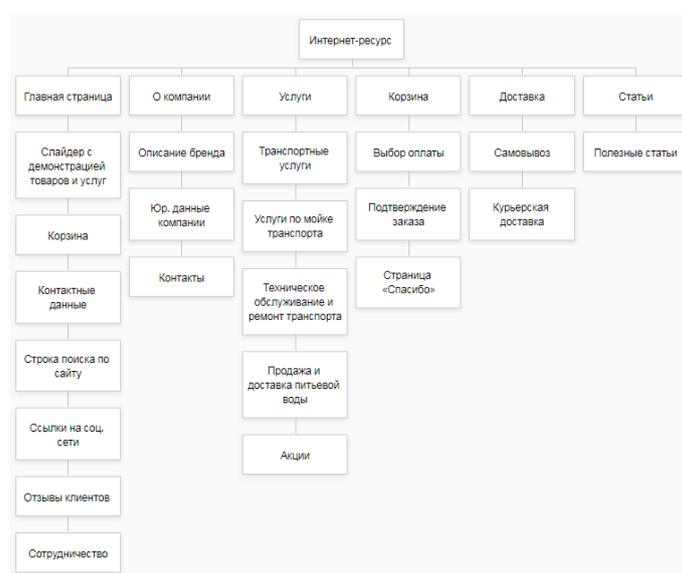


Рис. 1. Структурная схема интернет-ресурса автотранспортного предприятия

Предприятие осуществляет продажу и доставку специальных средств для автотранспорта. На данной странице можно выбрать количество товара (по умолчанию 1) кнопкой «Выбрать». Любой вид услуги можно оплатить, сделав заказ и выбрав удобный способ оплаты. На странице «Статьи» размещена информация, актуальная на транспортную тему.

Таким образом, если следовать предложенному алгоритму при разработке интернет-ресурса для предприятия, то значительно оптимизируются временные и финансовые затраты, разработанный интернет-ресурс достоверной и актуализированной информацией пользователей, что благоприятно отразится на развитии предприятия, его продвижении на рынке автотранспортных услуг и товаров.

Литература

1. Методы и модели информационного менеджмента: учебное пособие / Д. В. Александров, А. В. Костров, Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева; под ред. А. В. Кострова. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 336 с.
2. Гончаренко, А. Н. Моделирование систем. Описание современных подходов к моделированию систем: учебно-методическое пособие / А. Н. Гончаренко. – М.: МИСИС, 2020. – 32 с.
3. Загуменов, А. П. Как раскрутить и разрекламировать Web-сайт в сети Интернет: учебное пособие / А. П. Загуменов. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 384 с.
4. Ипатова, Э. Р. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем: учебник / Э. Р. Ипатова, Ю. В. Ипатов. – 3-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2021. – 256 с.
5. Кузенкова, Г. В. WEB-технологии. Разработка сайтов: учебное пособие / Г. В. Кузенкова. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. – 50 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/144688> (дата обращения: 13.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
6. Куликов, А. А. Разработка интернет-ресурсов: методические указания / А. А. Куликов. – М.: РТУ МИРЭА, 2020. – 32 с.
7. Мартинес, А. Секреты создания недорогого Web-сайта. Как создать и поддерживать удачный Web-сайт, не потратив ни копейки: руководство / А. Мартинес. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 406 с.
8. Панфилов, К. Создание веб-сайта от замысла до реализации: учебное пособие / К. Панфилов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 440 с.
9. Затулин, А. Г. Требования к разработке информационных ресурсов центров дополнительного образования / А. Г. Затулин, О. В. Виштак // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 169-173.
10. Кузнецов, С. Н. Информационное обеспечение деятельности организации / С. Н. Кузнецов, Г. В. Очкур, А. Г. Мотков // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 258-263.

11. Михеев, И. В. Обзор и выбор инструментальной среды разработки для создания интернет-представительства / И. В. Михеев // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 151-159.

УДК 378.046.4

Цифровые инструменты в дополнительном профессиональном образовании

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;

Макеева Анастасия Юрьевна, студент направления «Экономика»

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

Использование информационных технологий в дополнительном профессиональном образовании делает его более доступным и мобильным. В статье проводится анализ популярных платформ для организации дистанционного обучения.

Современный мир меняется под влиянием информационных технологий, которые постепенно проникают во все экономические процессы. При этом происходят как процессные, так и структурные изменения. Процесс цифровизации затрагивает и социальные структуры, в том числе образование. Современные цифровые технологии предлагают новые инструменты для развития учебных заведений. Доступность информационных ресурсов для всех категорий граждан дает возможность трансформации образовательных процессов [1]. В первую очередь это относится к дополнительному профессиональному образованию, так как использование информационных технологий позволяет повысить вариативность программ, выстроить индивидуальную траекторию обучения [2].

Наиболее эффективными для дополнительного профессионального образования являются дистанционные образовательные технологии, так как позволяют обучающимся проходить обучение независимо от местонахождения, без отрыва от работы [3]. Особенно актуальным стал переход на новый формат образования, использующий дистанционное обучение, в связи с пандемией COVID-19.

Дистанционное обучение – это форма организации образовательного процесса с применением телекоммуникационных технологий, что помогает учащимся осваивать учебные материалы без очного контакта с преподавателем [4]. Набор знаний и образовательных материалов такой же, как при очном обучении. Разница в том, что изучать их нужно самостоятельно.

Среди популярных платформ для организации дистанционного обучения существует несколько бесплатных. Самыми лучшими считаются Moodle, Edmodo, Google Classroom.

Moodle – одна из самых популярных цифровых обучающих платформ для дистанционного обучения, используемых в России. Moodle позволяет реализовать удаленное взаимодействие преподавателя с обучающимися. Данная система предоставляет участникам образовательного процесса следующий функционал [5]:

- возможность создания и управления курсом дистанционного обучения;
- размещение учебных материалов в различных форматах: изображения, текстовые документы, аудио- и видеофайлы;
- создание тестов, включая различные типы вопросов – множественный выбор, вопросы на соответствие, установление последовательности, открытого типа и так далее;
- управление пользователями в рамках курса;
- контроль за процессом обучения как преподавателем, так и обучающимся;
- обмен сообщениями между пользователями курса.

Рабочее окно создания курса в системе Moodle представлено на рис. 1.

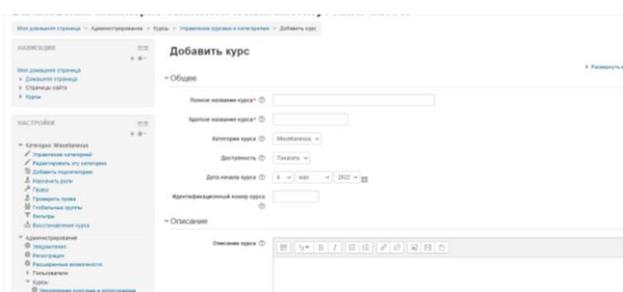


Рис. 1. Создание курса в Moodle

Преимуществом Moodle является возможность использования на смартфонах и планшетах – систему можно открывать в мобильных браузерах Chrome и Safari или установить мобильное приложение Moodle. Благодаря плагинам можно адаптировать систему Moodle под конкретные цели. Так, например, плагин Quiz archive report позволяет заархивировать попытки прохождения теста для их распечатки или хранения,

а с плагином Set splitting question можно создавать вопросы матричного типа – несколько вопросов/утверждений с общим набором возможных ответов.

Edmodo – специальный интернет-сервис для участников учебного процесса. Данный сервис позволяет преподавателям делиться контентом с обучающимися. Его особенностью является необязательная установка. По сути Edmodo представляет собой социальную сеть для обучения. Имеется возможность создать группу (электронный курс), куда входят учебные материалы, записи, тексты, задания, викторины и опросы. Также возможно копирование информации со сторонних сервисов. Курс имеет специальную ссылку и код, который сообщают участникам группы.

На рис. 2 показан пример курса в Edmodo.

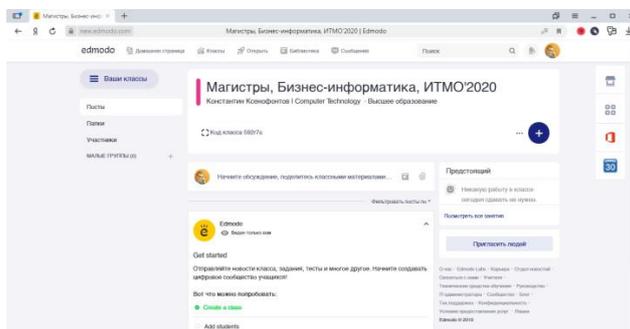


Рис. 2. Окно курса в Moodle

Google Classroom – это онлайн-сервис для онлайн-обучения. Позволяет создавать курсы, проводить вебинары и тестировать обучающихся. На платформе можно создать свой класс/курс; зарегистрировать обучающихся на курс; делиться с участниками необходимыми учебными материалами; давать учащимся задания; оценивать задания учащихся и следить за их прогрессом; организовать общение между учащимися.

Платформа Google Classroom объединяет полезные сервисы Google, разработанные специально для обучения. Google Meet помогает организовать общение в сети, используя камеру и микрофон, при этом обеспечивает фон сзади (можно выбрать имеющиеся или добавить свой). Обучающиеся могут быть приглашены на занятие по личному коду. Google Диск используется для создания и хранения данных с общим или только приватным доступом. Google Документы, Google Таблицы, Google Презентации позволяют организовать коллективную работу с документами. Также обеспечивается связь с электронной почтой Gmail, а также инструментом планирования Google Календарь, что позволяет составлять расписание занятий с уведомлением участников [6].

Окно сервиса Google Документы представлено на рис. 3.

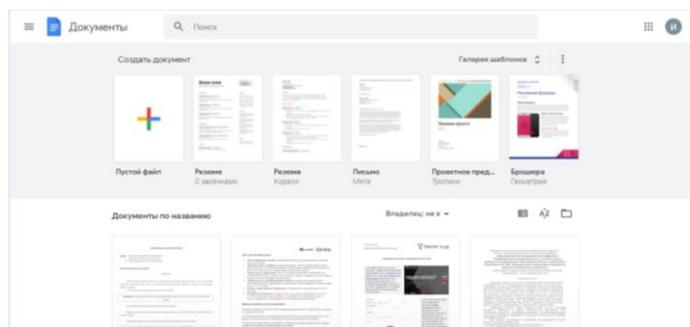


Рис. 3. Google Документы

У всех Google-инструментов есть несколько важных черт для преподавателей: сервисы бесплатны, имеют интуитивно понятный интерфейс, русифицированы. Мобильные приложения, доступные для устройств iOS и Android, позволяют пользователям делать фотографии и добавлять их в задачи, обмениваться файлами из других приложений и получать доступ к информации в автономном режиме. Преподаватели могут следить за успеваемостью каждого учащегося и возвращать работу с комментариями или дополнительными заданиями после получения оценки.

Использование рассмотренных платформ для организации дистанционного обучения позволяет не только предоставить удаленный доступ обучающимся к учебным материалам, но и реализовать различные формы учебной деятельности, обеспечить обратную связь между преподавателем и обучающимся. Таким образом, применение данных цифровых инструментов способствует повышению эффективности дополнительного профессионального образования.

Литература

1. Виштак, О. В. Использование электронных образовательных ресурсов в учебном процессе / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Вестник современных исследований. – 2017. – № 11-1(14). – С.107-109.
2. Смирнов, А. Р. Функциональные возможности информационной системы поддержки учебной деятельности в процессе дистанционного обучения / А. Р. Смирнов, О. В. Виштак // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Современное программирование». – Нижневартовск, 2022. – С. 339-342.
3. Виштак, Н. М. Методы и формы дистанционного обучения в дополнительном профессиональном образовании / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. Н. Грицок // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6-1. – С. 107-110.
4. Виштак, Н. М. Системы взаимодействия участников учебного процесса / Н. М. Виштак, М. И. Калистратов // Сборник трудов VI Международной научно-

практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 181-185.

5. Сафарова, М. А. Дистанционное обучение в современном образовательном процессе с использованием инструментария дистанционной среды MOODLE / М. А. Сафарова, Г. Н. Фролова, Е. А. Королева // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании «ИТО-Саратов-2017». – Саратов, 2017. – С. 488-491.

6. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза, 2021. – С. 47-50.

УДК 373.1

Применение цифровых технологий в дополнительном образовании детей

Ганосова Елена Юрьевна, студент направления «Экономика»;

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

Дополнительное образование детей в современном мире тесно связано с активным внедрением цифровых технологий в учебный процесс, которые позволяют за счет визуализации изучаемой информации, геймификации активизировать учебную деятельность. В данной статье рассматриваются основные возможности цифровых инструментов, применяемых в дополнительном образовании детей.

В настоящее время концепция внедрения цифровых технологий все активнее проникает в сферу образования. В связи с этим происходит совершенствование методов обучения, открываются новые возможности в организации взаимодействия участников образовательного процесса. Особенно актуальным является внедрение цифровых технологий в дополнительное образование детей, поскольку способствует мотивации к обучению, активизации познавательной деятельности детей, повышению воспитательного воздействия в процессе обучения, что положительно сказывается на

эффективности образовательного процесса [1]. Дополнительное образование предоставляет больше возможностей для использования цифровых технологий за счет менее формального подхода к образовательной деятельности, разнообразия используемых форм и методов обучения [2].

Различные цифровые средства могут быть использованы для образного, красочного представления информации, моделирования процессов, организации проектной деятельности. Применение информационных технологий позволяет эффективно реализовать дифференцированный подход к обучению, индивидуальные образовательные траектории [3-5].

На сегодняшний день разработано множество различных цифровых инструментов, которые могут применяться для реализации цифровой образовательной среды дополнительного обучения.

Сервис Canva используется для создания компьютерных изображений. Он русифицирован, имеет понятный интерфейс и достаточно широкие бесплатные возможности. В сервисе Canva можно создавать презентации, публикации и фоны для соцсетей, плакаты, видео, инфографику, буклеты, фотоколлажи и так далее. Основными возможностями сервиса являются:

- редактирование фотографий: фильтры, обрезка кадра, улучшение качества;
- каталог редактируемых шаблонов: баннеры, посты для соцсетей, рассылки, логотипы и т. д.;
- библиотека стоковых фотографий: поиск нужных фотографий, клипартов, кнопок, иконок, инфографики;
- дизайн на основе собственных фото;
- скачивание макетов в основных форматах;
- совместное редактирование документов: можно объединять пользователей, которые видят и могут редактировать дизайны друг друга;
- планировщик дизайнов в соцсетях: можно связать аккаунты в соцсетях с аккаунтом Canva для автоматической публикации;
- создание сайтов-визиток и онлайн-презентаций.

Сервис Canva дает возможность воспользоваться как готовыми шаблонами (рис. 1), так и добавить в шаблон все, что необходимо, и удалить все то, что ненужно. Сервис оснащен библиотеками рисунков, элементов, персонажей, имеется возможность добавлять свои изображения в библиотеку.

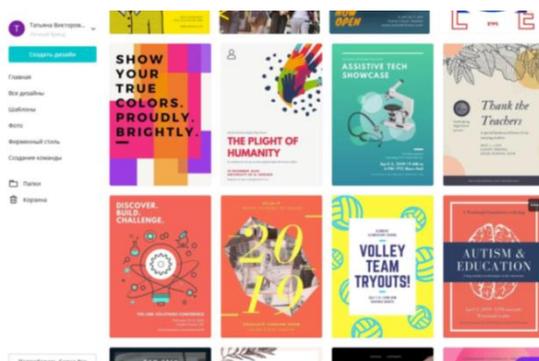


Рис. 1. Выбор шаблона в сервисе Canva

Стоит отметить, что и сами шаблоны учат созданию изображений: они состоят из множества графических элементов, нанесенных на определенный фон. Понимая, как расположены элементы и из чего собрана композиция, учащиеся развивают в себе дизайнерские способности.

Таким образом, с помощью онлайн-сервиса Canva можно организовать выполнение проектов, обучение компьютерной графике, дизайну.

RapidTyping – клавиатурный тренажер, распространяемый на бесплатной основе. Многочисленными исследованиями подтверждено, что скорость набора текста зависит не только от времени тренировок, но и от правильной постановки пальцев на клавиатуре. При обычном наборе текста добиться высокой скорости печати нелегко. Использование клавиатурных тренажеров является наиболее простым способом добиться желаемого при наименьших временных и эмоциональных затратах.

Тренажер RapidTyping доступен к скачиванию в стандартной форме и портативном варианте. Организовано обучение по трем уровням: новичок, опытный, профессионал. Удобным является также тот факт, что возможна установка программы только на одном компьютере, а затем можно запускаться на каждой отдельной рабочей станции по локальной сети. Доступна статистика, отслеживание результатов, прогресс обучения. Рабочее окно тренажера приведено на рис. 2.

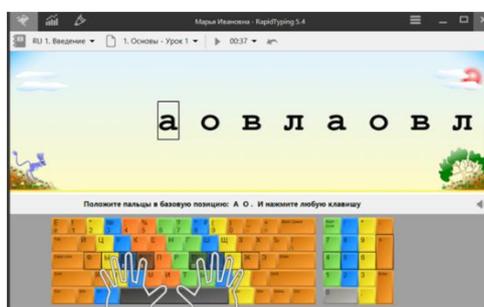


Рис. 2. Клавиатурный тренажер RapidTyping

Онлайн-сервис «Biteable» позволяет создавать анимированные ролики с оригинальным дизайном и возможностями. Сервис имеет очень простой и понятный интерфейс. Преимуществом «Biteable» является наличие бесплатного тарифного плана, в котором достаточно много наборов анимированных шаблонов, музыкальных треков. Также есть банк сцен, чтобы добавлять их в свои видеопрезентации. Имеется возможность загрузить на сервис и установить свой фон на слайдах. Предоставляются инструменты для редактирования загруженных изображений и готового видео. Окно для работы с шаблоном на сервисе «Biteable» представлено на рис. 3.

Использовать сервис «Biteable» в дополнительном образовании детей можно как для обучения созданию анимированного видео, так и при организации проектной деятельности для подготовки отчетов по выполненному проекту.

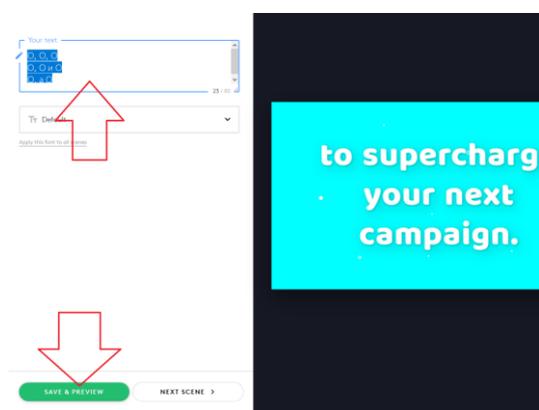


Рис. 3. Работа с шаблоном на сервисе «Biteable»

Существует также множество сервисов для обучения детей основам алгоритмизации и программирования, например, Code.org, Scratch, Crayon Physics Deluxe, ПиктоМир и другие. Для организации проектной и исследовательской деятельности активно используется технология веб-квеста, позволяющая совмещать практическую направленность с игровыми технологиями в условиях смешанного обучения [6].

Таким образом, использование информационных технологий в дополнительном образовании детей позволяет сформировать у обучающихся необходимые цифровые компетенции, развить познавательный интерес. Необходимо развитие в учреждениях дополнительного образования цифровой образовательной среды для детей, позволяющей не только использовать отдельные электронные ресурсы или сервисы, но и выстроить систему эффективного обучения.

Литература

1. Дауленбаева, Т. Инновационные технологии как фактор активизации познавательной деятельности обучающихся / Т. Дауленбаева, Н. П. Ходакова, Н. М. Виштак // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 77-78.
2. Симчера, М. И. Трансформация модели дополнительного образования в условиях цифровой экономики / М. И. Симчера // Молодой ученый. – 2020. – № 16(306). – С. 322-325.
3. 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.
4. Штырова, И. А. Формирование познавательной активности учащихся в условиях реализации ФГОС посредством цифровых образовательных ресурсов / И. А. Штырова, Е. Г. Куликова // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 213-216.
5. Виштак, О. В. Компьютерные игры как эффективный инструмент обучения / О. В. Виштак, Р. Р. Мамедов // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 166-172.
6. Виноградов, А. А. Веб-квесты как мотивационная составляющая изучения ИТ-технологий / А. А. Виноградов, Н. М. Виштак // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Web-технологии в реализации удалённого формата образования». – Арзамас, 2021. – С. 220-222.

Об особенностях разработки программного приложения для торговых компаний

Долгачев Владимир Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье приведен пример проектирования и разработки программного приложения для торговой компании.

В современном мире появляется все больше компаний и организаций, конкурирующих между собой за рынок [1, 6, 7]. Каждая компания имеет сильные и слабые стороны. Множество недостатков можно решить при помощи разработки современного программного приложения. Данный метод является наиболее популярным и востребованным в компаниях, в частности в фирмах по продаже техники. Для таких фирм характерны следующие недостатки, которые существенно влияют на бизнес-процессы:

- нет возможности оперативно получить всю информацию со склада;
- нет возможности быстро добавить новый товар во всю документацию;
- сложный процесс редактирования уже существующих записей товара;
- отсутствие фотографий техники. Бывали случаи, когда товары путали по похожему номеру оборудования;
- администратор время от времени не может уследить за необходимостью заказать новый товар;
- администратор тратит много времени на поиск необходимо товара, поэтому нужен обширный поисковый модуль, включающий в себя поиск не только по названию, но и по категории техники.

На основе перечисленных проблем лучшим решением видится создание программного приложения, которое учтет все недостатки и улучшит показатели фирмы.

Проектирование является первым и самым важным этапом при разработке приложения. Именно от него зависит, какой будет программа и что она должна будет делать.

Проанализировав обнаруженные проблемы, необходимо создать диаграмму вариантов использования, показав, как будет работать логика разрабатываемого продукта. Объектно-ориентированный подход является единственным подходом, позволяющим описывать как данные о сущностях, так и их поведение, кроме того, он обеспечивает создание прозрачных, легко модифицируемых моделей бизнеса и информационных систем, допускающих повторное использование отдельных компонентов [1]. Лучше всего для ее создания подходит программа Visio от компании Microsoft. Разработанная диаграмма изображена на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Для разработки приложения необходимо выбрать язык программирования и систему управления базой данных. Выбор проводится из нескольких языков программирования: C++, C#, Python, Java.

Основными плюсами C++ является его высокая производительность, поддержка разных парадигм программирования. Однако на нем сложно создавать корпоративные приложения.

Java является безопасным и достаточно стабильным языком, но обладает существенным недостатком – низкой производительностью [2].

Python достаточно прост и логичен в сравнении с другими языками, обладает кроссплатформенностью, но существенным недостатком является низкая скорость выполнения программ.

C# содержит много конструкций, которые созданы для облегчения написания и понимания кода, является одним из самых популярных языков для написания приложений, имеет средний порог вхождения. Из минусов является его бесплатное распространение только для небольших компаний и ориентированность на Windows платформу [3].

Таким образом, для разработки программного приложения можно выбрать язык С#, так как его минусы не мешают в разработке, а плюсы существенно помогут при создании приложения.

Система управления базами данных (СУБД) – совокупность языковых и программных средств, предназначенных для создания, ведения и совместного использования БД многими пользователями. Выбор СУБД – это важная задача, которая является одним из этапов при разработке проекта. На настоящий момент существуют несколько популярных версий СУБД: MySQL, Microsoft SQL Server и Microsoft Access.

Для MySQL характерна высокая скорость обработки данных, хорошая защищенность, бесплатное распространение. Минусом является сложность при изменении связей и необходимость стабильных серверов [4].

Microsoft SQL Server имеет высокую производительность, поддерживает SQL, непроецедурные, нечувствительные к регистру и общие языки баз данных, однако присутствует зависимость от платформы Windows.

Microsoft Access хорошо показывает себя при работе с большими объемами данных, достаточно легко разобратся. Из минусов – достаточно высокая цена [5].

Из приведенного анализа лучшим оказался Microsoft SQL Server, ведь планируется работать только с платформой Windows.

Было разработано приложение, удовлетворяющее всем перечисленным критериям, на рис. 2 изображен поисковый модуль, обеспечивающий обширный поиск необходимого товара. Поиск возможен не только по названию, но и типу товара. При отсутствии фотографии товара в базе данных будет показана фотография по умолчанию, при отсутствии результатов выведется соответствующая надпись.

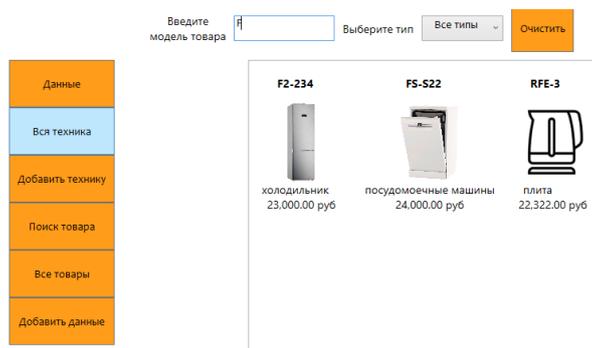


Рис. 2. Поисковый модуль

На рис. 3 изображена возможность редактирования существующей информации. При нажатии на кнопку редактирования появится возможность изменить данные в базе данных.

Производитель	Тип техники	Цена	Модель	
Kaiser	плита	55555	XCC1	Редактировать
Thomas	холодильник	43222	RSS2	Редактировать
Bosch	посудомоечные машины	24000	FS-S22	Редактировать

Рис. 3. Страница с возможностью изменения данных о товаре

С помощью данного приложения компания сократит список возможных проблем, переведет документооборот в электронный вид, позволит администратору своевременно реагировать на изменения на складе, а также облегчит учет и ведение характеристик товара.

При необходимости приложение может быть модернизировано ради решения новых, более сложных проблем.

Литература

1. Очкур, Г. В. Реинжиниринг бизнес-процессов компании / Г. В. Очкур // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – Балаково: БФ РАНХиГС. – 2019. – № 1(22). – С. 23-27.

2. Коломейченко, А. С. Информационные технологии: учебное пособие для вузов / А. С. Коломейченко, Н. В. Польшакова, О. В. Чеха. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург, 2021. – 212 с.

3. Колесникова, Т. Г. Языки программирования: учебное пособие / Т. Г. Колесникова. – Кемерово: КемГУ, 2019. – 182 с.

4. Новиков, Б. А. Основы технологий баз данных / Б. А. Новиков; под ред. Е. В. Рогова. – Москва: ДМК Пресс, 2019. – 240 с.

5. Каминский, В. Н. Базы данных: учебное пособие / В. Н. Каминский. – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова, 2017. – 106 с.

6. Виштак, О. В. Разработка CRM-системы станции технического обслуживания / О. В. Виштак, И. Р. Абушаев // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 189-193.

7. Штырова, И. А. Расширение функциональности информационной системы медицинского учреждения / И. А. Штырова, Н. М. Виштак // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 33-39.

Компетенции веб-разработчиков

Жарков Георгий Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,

профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

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

В статье показана востребованность IT-специалистов. Представлены компетенции, трудовые функции и умения и навыки, необходимые для успешной профессиональной деятельности веб-программистов.

Процесс цифровизации во всех областях деятельности общества в первую очередь направлен на автоматизацию производственных процессов, бизнес-процессов, делопроизводств и т. д. Область, в которой максимально внедрены цифровые технологии, становится более «гибкой». Как пример приведем следующие отрасли: умные дома, автопилот в автомобилях, базы данных лекарств с информацией о препаратах, их сочетаемости, побочных действиях, финансовая сфера: безналичная оплата, защита платежей, интернет-банкинг, онлайн-шопинг и т. д. Развитие IT-сферы сегодня – одно из приоритетных направлений: выделяются большие средства для образовательных учреждений, которые готовят программистов; финансируются на государственном уровне перспективные IT-проекты, на государственном уровне предусмотрена поддержка IT-компаний. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что IT-специалисты являются очень востребованными [1, 2, 4, 5].

Спрос на программистов растёт из года в год, и не наблюдается обратного движения. Стоит отметить интересный момент: Московские и Санкт-Петербургские работодатели ищут сотрудников из регионов [1, 2, 6]. Относительно 2019 года удалённых вакансий стало больше в пять раз. Однако это подходит больше для специалистов с большим стажем (от 5 лет и больше) (рис. 1).

Динамика вакансий **цифровых профессий** и рынка в целом в Санкт-Петербурге
%, 1 квартал 2010 = 0%



Рис. 1. Вакансии цифровых профессий

На рис. 2 показаны самые востребованные IT-профессии, причем особо следует отметить, что спрос на специалистов взаимосвязан со стажем работы [7, 8].

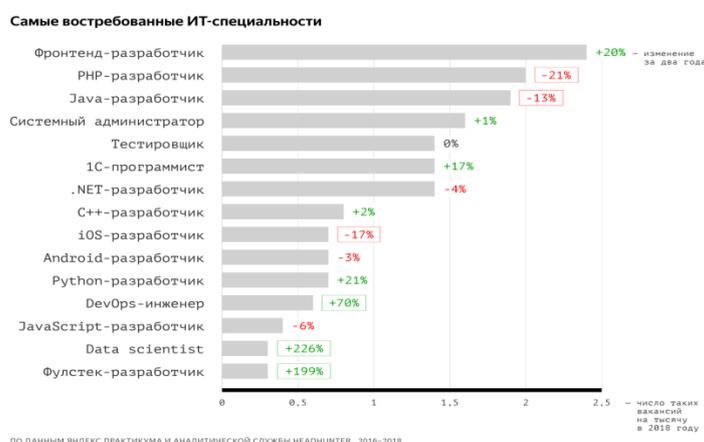


Рис. 2. Самые востребованные профессии в IT-сфере

Таким образом, программист сегодня — это не человек, который просто пишет код. Но чтобы быть востребованным разработчиком, необходимо ещё обладать набором навыков, на первый взгляд отдалённо помогающих в выполнении своих обязанностей. Это стрессоустойчивость, умение работать в команде, целеустремлённость, нацеленность постоянно изучать что-то новое. На первый взгляд может показаться, что это стандартные навыки почти в любой профессии, однако IT-специальности стоят особняком. Если специалист не будет обладать подобными навыками, то получить хорошее предложение по работе будет крайне трудно. IT-компании готовы платить большие деньги за «гибкого» специалиста [7]. Выделим следующие трудовые функции IT-специалиста [2, 3, 7]:

- ✓ уметь выбирать язык программирования под конкретную задачу;
- ✓ определять информацию, подлежащую обработке на ЭВМ;
- ✓ проводить отладку и корректировку программ;

- ✓ разрабатывать инструкции по работе с программами и оформлять необходимую техническую документацию;

- ✓ принимать участие в создании каталогов и картотек стандартных программ;

- ✓ разрабатывать формы документов, подлежащих машинной обработке.

Как основные должностные обязанности выделим следующие:

- ✓ проектирование, разработка и первичное тестирование ПО в соответствии с задачами проекта;

- ✓ создание схем для описания алгоритма работы разрабатываемого проекта;

- ✓ написание вспомогательной документации и комментирование кода;

- ✓ выполнение отладки и коррекции программы в соответствии с результатами тестирования.

Поскольку IT сфера весьма обширна, то количество различных профессий тоже много и в каждой области существуют свои специфичные требования. Современные IT-проекты – достаточно большие. Их под силу реализовать только группе или даже группам программистов, поэтому в команде должны быть исполнители, обладающие следующими компетенциями:

- ✓ тайм-менеджмент: для программиста – это логичное распределение времени на написание кода, чтение соответствующего материала, самообразование;

- ✓ умение работать в команде;

- ✓ умение обучать, умение вводить в курс дела – навык, сравнимый с умением обучать;

- ✓ коммуникабельность: быть отзывчивым, помогать коллегам разбираться в их вопросах, которые связаны с нашими профессиональными навыками.

В конкретной профессии компетенции IT-специалиста имеют свои специфические особенности. Рассмотрим профессию «веб-разработчик», в которой можно выделить два направления:

- ✓ frontend-разработчик – программист, который создаёт интерфейс, визуальную часть сайта, приложения или какого-либо другого цифрового продукта. Когда мы заходим на сайты, мы обычно нажимаем на кнопки, вкладки, фотографии;

- ✓ backend-разработчик – отвечает за внутренности проекта;

- ✓ fullstack-разработчик – универсал, который умеет и backend, и frontend.

Проанализируем особенности деятельности этих IT-специалистов [8]. Backend-разработчик должен:

- ✓ знать основные языки программирования (чаще всего – JavaScript, Python, PHP, Ruby, Java, C#, C++);

✓ базово разбираться во фреймворках под нужный язык (Django для Python, Symfony, Laravel, Node.js для JavaScript);

✓ понимать, как устроены базы данных;

✓ уметь работать с Git;

✓ знание английского языка.

Frontend-разработчик должен:

✓ писать и читать HTML, CSS, JavaScript/TypeScript. Это основные инструменты для работы в frontend;

✓ создавать интерфейсы в Vue, React, Angular (смотря что используется в компании);

✓ ориентироваться в препроцессорах CSS – PostCSS, Sass, Less;

✓ уметь писать Unit-тесты (это не так уж обязательно, но точно станет вашим преимуществом);

✓ работать с сетками Bootstrap и Grid Layout;

✓ понимать, как устроен протокол HTTP.

Таким образом, следует отметить, что объём компетенций IT-специалистов достаточно внушительный, соответственно, будущие программисты должны, начиная с первого курса не только овладевать базовыми знаниями, но и развивать умения и навыки работы в команде, самоуправления своей деятельностью, включая самообразование и постоянное развитие в профессии.

Литература

1. Коржакова, А. Научно-образовательный материал «Быть готовым: какие сферы затронет цифровизация»: [сайт]. – URL: <https://invlab.ru/tehnologii/kakie-sfery-zatronet-cifrovizaciya> (дата обращения: 18.03.2022). – Текст: электронный.

2. Труфанов, А. В. Компетенции IT-специалистов / А. В. Труфанов, О. В. Виштак // Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и творчество: вклад молодежи». – Махачкала, 2021. – С. 39-44.

3. 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 «International scientific-practical conference on information technologies in education of the XXI century, ITE-XXI 2015». – 2017. – С. 020018.

4. Виштак, О. В. Подготовка к профессии программиста как синтез искусства и науки / О. В. Виштак, М. А. Кулагин, И. В. Михеев // Материалы научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ». – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2016. – С. 16-18.

5. Виштак, О. В. Межпредметная интеграция при изучении специальных дисциплин подготовки бакалавров в области IT-технологий / О. В. Виштак, А. Н. Токарев. – Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2014. – № Т 20. – С. 4836-4840.

6. Новиков, И. Научно-образовательный материал «Самые востребованные IT-профессии в России: каких спецов всем остро не хватает»: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/company/skillfactory/blog/575588> (дата обращения: 16.03.2022). – Текст: электронный.

7. Серебрянников, В. Д. Научно-образовательный материал «Профессия: программист. Не всё однозначно»: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/503318> (дата обращения: 17.03.2022). – Текст: электронный.

8. Практикум и аналитическая служба HeadHunter. Научно-образовательный материал «Обзор рынка IT-вакансий»: [сайт]. – URL: <https://yandex.ru/company/researches/2019/it-jobs> (дата обращения: 20.03.2022). – Текст: электронный.

УДК 004.4

Функциональные возможности облачных сервисов в преподавательской деятельности

Забродин Максим Дмитриевич, студент направления
«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье представлены сведения об облачных технологиях и сервисах Google, которыми могут пользоваться преподаватели высших учебных заведений, школ и подготовительных учреждений в ходе учебной деятельности.

В настоящее время одними из наиболее актуальных технологий являются облачные технологии, которые представляют собой распределенную обработку

данных, при которой доступ к компьютерному ПО, вычислительным и другим ресурсам компьютера пользователь получает как онлайн-сервис в режиме реального времени [1-4]. Также обеспечивается доступ к виртуальным хранилищам из любой точки мира. При этом требуется лишь устройство с возможностью подключения к интернету. Концепция облачных сервисов широко распространяется в различных сферах услуг и успешно используется в образовании, медицине, логистике, банковской сфере, бизнесе. Благодаря облачным технологиям обеспечивается удаленная работа, удаленное хранение архивов данных, обеспечение удаленного взаимодействия. Проведем анализ наиболее используемых облачных сервисов Google (табл. 1). В данный момент сервисы Google насчитывают более чем пятьдесят облачных сервисов, нацеленных на разнообразные аспекты нашей жизни. Ключевыми сервисами Google считаются [5-8]:

Таблица 1

Ключевые сервисы Google

Наименование сервиса	Характеристика сервиса
YouTube	YouTube – самый популярный видеохостинг в мире и один из популярнейших ресурсов во всем интернете. По состоянию на 2021-2022 год в системе было зарегистрировано более 2,3 миллиардов пользователей. Это фактически 25 % населения всей планеты. При этом статистика не учитывает незарегистрированных пользователей. Сервисом YouTube пользуются по всему миру, включая Россию. Ресурс предназначен для просмотра, загрузки и раскрутки видеороликов различной тематики. Также представлены обзоры продуктов, сериалы и т. д. Аналогов, равных по посещаемости и охвату, не существует [5].
Google Drive	Google Drive – это облачный сервис для хранения файлов, работы с ними и обмена ими с другими сервисами. Google Диск предоставляет доступ к файлам на любом устройстве без необходимости сохранять копии этих файлов в памяти устройства. Главный функционал Google Диска – это сохранение, просмотр и редактирование данных в облачном сервисе. Причем выполнять эти действия можно как с собственными, так и с чужими файлами. Каждый пользователь Google Диск бесплатно получает 15 Гб для хранения своей информации. Это место выделяется под следующие данные: <ul style="list-style-type: none"> - файлы, сохраняемые на самом Google Диске; - резервные копии Android для смартфонов и планшетов; - письма в почте Gmail для текущего аккаунта; - все документы, созданные во встроенном офисном пакете; - снимки из Гугл Фото, если подключена синхронизация.
Google Поиск	Самая популярная поисковая строка в мире. Обеспечивает поиск информации в интернете: веб-страницы, картинки, видео и многое другое. Важными особенностями поисковой строки Google являются: Калькулятор – поисковая система окажет нам помощь в случае математических расчетов. Мне повезет! – после ввода любой фразы поисковая система Google переведёт нас прямо на случайно выбранную страницу, соответствующую запросу, минуя страницу результатов. Преобразование единиц измерения – очень полезный инструмент, чтобы испытать его действие, просто введите в окне поиска, например, фразу «175 см в дюймах». Конвертер валют – работает аналогично системе пересчета единиц измерения. Заполнение пробелов – например, просто введите часть чьей-то речи или цитаты и завершите его звездочкой (*), а поисковая система попытается найти полный текст. Прогноз погоды – после ввода выражения «погода название города поиск» Google на вершине результатов отобразит прогноз погоды для вашего города.

Google (Gmail)	Mail	Почта Gmail – это безопасная электронная почта, способная хранить до 15 гигабайт писем и защищающая пользователя от спама. Важным функциями почты Google являются: Удобный доступ к основным функциям – Наведите указатель мыши на письмо и сразу выполните нужное действие – открывать сообщение не обязательно. Откладывание писем на потом – Вы можете отложить письмо на потом, чтобы прочитать или ответить на него в удобное время. Функция «Быстрый ответ» – Вы можете быстро ответить на письмо, выбрав один из готовых ответов, созданных с учетом вашей переписки. Отправка писем и файлов в конфиденциальном режиме.
----------------	------	--

Сейчас сервисы Google набирают популярность в образовательной деятельности. Во время пандемии начали создаваться новые сервисы, которые поспособствовали успешной коммуникации и работе в учебных заведениях. Пройдет время, но данные сервисы не потеряют своей актуальности и останутся востребованными, так как они значительно упрощают жизнь не только обучающимся, но и преподавателям. Проведем анализ сервисов Google, которыми могут использовать преподаватели в своей деятельности.

YouTube – видео-хостинг, который раскрывает перед пользователем огромный архив разнообразной информации. Пользователи могут совершенно бесплатно загружать видеоролики в открытый доступ или же хранить их, не допуская к ним посторонних. Также сервис позволяет проводить прямые трансляции, что даёт возможность взаимодействовать пользователям между собой с минимальной задержкой. Рассмотрим возможности этого ресурса в аспекте преподавательской деятельности:

✓ Преподаватели могут загружать обучающие ролики на свой канал для того, чтобы обучающиеся могли в свободное время из любой точки планеты получать важные сведения о том или ином предмете.

✓ Преподаватели могут загружать видео проходящих лекций, чтобы студенты, которые в связи с определенными обстоятельствами не смогли присутствовать на лекции очно, имели возможность получать важную информацию от первоисточника, а не через сторонние источники.

✓ Прямые трансляции, благодаря которым, преподаватель может в прямом эфире объяснять материал учащимся, при этом сразу отвечать на поступающие вопросы во время трансляции.

✓ Записи трансляций остаются на канале, так что любой пользователь сможет пересмотреть её, если какая-то информация была упущена во время прямого эфира.

Сама идея использования YouTube в образовании не нова. Многие преподаватели и вузы имеют свои каналы, чтобы хранить видеоролики как учебного характера, так и видео, связанные с социальной деятельностью учебного заведения. Поэтому можно утверждать, что использование YouTube в образовании оптимизирует деятельность преподавателей и делает процесс обучения более эффективным.

Google Forms – это онлайн-сервис для создания форм обратной связи, онлайн-тестов и опросов. Google Формы набирают популярность в образовании, так как предлагают инструментарий, понятный каждому и при этом обладающий достаточным функционалом для создания разного рода ресурсов, тестов для учащихся. Google Forms обладают интуитивно понятным интерфейсом, так что взаимодействие с данным сервисом не сложнее, чем с Microsoft Word.

Чтобы работать в системе Google Формы, достаточно лишь иметь аккаунт Google. Google Формы позволяют преподавателям быстро получать необходимую информацию от учащихся или от их родителей. Сервис помогает преподавателям получать информацию о знаниях учеников посредством создания тестов и опросов. Простота и эффективность – два ключевых параметра Google Форм, из-за чего данный сервис становится все актуальнее в образовательных кругах.

Google Gmail – одна из самых популярных электронных почт, существующих на просторах сети интернет. Приятный современный дизайн, отсутствие неприятной, нежелательной рекламы привлекают пользователей. В плане функционала Gmail не обладает чем-то оригинальным, но это и не является чем-то необходимым.

Основные функции – отправки, получения, удаления и сортировки почты от компании Google имеет, ко всему прочему данная электронная почта предлагает возможность запланировать отправку письма на определенное время, что делает работу на ней крайне эффективной и удобной. Также почта Gmail обладает очень хорошей защитой от взломов, что делает работу с данным сервисом безопасной. Применение данной почты в образовании поможет преподавателям контактировать с учениками на расстоянии. Можно пересылать разного рода задания для выполнения, причем запланировать отправку можно заранее, так что письмо придет ровно к требуемому времени, и если учитывать, что отправка письма была осуществлена заранее, то можно не беспокоиться о том, что что-то было забыто или сделано не вовремя.

Google Drive – сервис облачного хранилища. Ключевой особенностью сервиса является то, что он способен без проблем работать с другими сервисами Google. Для свободного использования пользователю доступно 15 гигабайт облачной памяти, которая используется не только для хранения данных в самом хранилище, но и для

других сервисов, включая Google Mail. Использование данного сервиса значительно упрощает жизнь и работу многим людям, так как он позволяет без труда и без проблем хранить файлы удаленно, то есть, не требуется какой-либо внешний или внутренний накопитель; по типу флэш-карт или жестких дисков, все хранится в сети и перед пользователем всегда открыты дороги к данному файлу. Единственное требование – наличие подключения к сети Интернет и непосредственно сам аккаунт Google.

Вместе с облачными хранилищами выросла и эффективность работы, поскольку данные файлы и информация всегда доступны пользователю, и он может ими свободно распоряжаться, перемещать с облака на какой-либо носитель или ПК. Файлы в облачном хранилище находятся в безопасности, в целостности и сохранности и могут быть переданы на любой другой носитель. Подобные хранилища могут заметно упростить жизнь преподавателям, так как наличие свободного доступа к важным документам, учебникам, или задачникам делает работу более эффективной и менее требовательной к ресурсам. Не стоит забывать человеческий фактор. Забыть, оставить дома внешний накопитель просто, но потом это может привести к некоторым проблемам в образовательный процесс, в свою очередь копия на «облаке» защитит рабочий процесс от возможных проблем.

Google Docs – онлайн-сервис, позволяющий пользователю в онлайн-режиме открывать и редактировать разные документы. Доступность, возможность работы с разными типами документов и возможность работы в режиме «Оффлайн» делает сервис Google Docs одним из самых эффективных и удобных для работы. Важным является то, что Google Docs может использоваться как на ПК, так и на мобильном устройстве, что позволяет работать с документами в любой точке планеты и в любое время, единственное условие – наличие мобильного устройства и аккаунта Google.

Основным преимуществом использования именно этого редактора для преподавателей является возможность работать непосредственно с Google Drive, то есть преподаватель может хранить файлы удаленно на облачном хранилище Google и также удаленно, без всяких сторонних программ, редактировать эти файлы и пользоваться ими; а возможность использования данного сервиса на любом мобильном устройстве позволит преподавателю внести важные коррективы во время занятия, не прерывая его, или во время перемен.

Презентации Google. Презентации, создаваемые индивидуально или в совместном режиме, позволяют визуализировать информацию, сэкономить время на уроках при изучении некоторых тем, позволяют узнать что-то новое по предмету, учат работать в группе [6].

Таким образом, можно утверждать, что за облачными технологиями будущее, так как предоставляется возможность, имея только лишь доступ к сети интернет и браузер, делать то, для чего обычно требовался персональный компьютер и определенное ПО, что значительно упрощает жизнь человека. Конечно, облачные технологии пока ещё находятся не на пике своего развития, своих возможностей, у системы есть свои минусы, такие как возможные сбои системы, потеря информации из облачных хранилищ, требование к постоянному подключению к сети; но каждая компания, предлагающая свой ряд облачных сервисов, дорабатывает их и с каждым днем, приближая нас ко времени, когда для простого пользователя все будет заменено облачными альтернативами.

Экосистема сервисов Google является не только разнообразной, так как затрагивает самые разные аспекты жизни людей, включая образовательную сферу, но и является крайне эффективной и удобной средой для работы. Доступность, бесплатность и безопасность являются важными характеристиками облачных сервисов Google. Как было упомянуто ранее, сервисы Google организуют некую экосистему, то есть, помимо работы по отдельности, сервисы Google имеют общее хранилище и именно в совместной работе с каждым из сервисов кроется истинная эффективность системы.

Литература

1. Виштак, Н. М. Облачные технологии хранения данных в современном образовании / Н. М. Виштак, Р. В. Ефремов, В. В. Беляева // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 155-161.

2. Рябенков, Р. А. Облачные вычисления / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 293-297.

3. Долгачев, В. А. Применение онлайн-сервисов в организации дистанционного обучения / В. А. Долгачев, Г. В. Очкур // Сборник статей XXV Международной научно-технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения». – Пенза, 2021. – С. 47-50.

4. Виштак, О. В. Сервисы удаленного доступа для организации учебного процесса в магистратуре / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей участников

Международной конференции «Векторы развития магистратуры будущего в условиях глобальных вызовов». – 2020. – С. 30-34.

5. Что такое Google Диск – как его использовать и зачем нужно облачное хранилище: [сайт]. – URL: https://webznam.ru/blog/chtotakoe_google_disk/2021-11-29-1870 (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный.

6. Облачные вычисления, краткий обзор или статья для начальника: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/post/111274/> (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный.

7. Youtube: [сайт]. – URL: <https://blog.ingate.ru/seo-wikipedia/youtube/> (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный.

8. Сервисы Google для образования, возможности использования в учебном процессе: [сайт]. – URL: <http://www.school9.guo.by/> (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный

УДК 004.42

Выбор инструментальных средств для разработки образовательного веб-приложения

Качков Михаил Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена рассмотрению различных инструментальных средств, при помощи которых ведется разработка образовательных веб-приложений. Основное внимание уделено изучению перспективности и актуальности использования подобного решения в качестве инструмента для надежной и качественной разработки приложения. В данной работе практическая значимость использования информационных средств рассмотрена с точки зрения удобства и возможности использования в создании конкурентоспособных веб-приложений, а также применения их в качестве средств для обеспечения образовательной деятельности. В результате исследовательской работы сделаны выводы касательно эффективности представленных средств, впоследствии необходимых для разработки образовательных веб-приложений.

В настоящее время в сфере образования наибольшую популярность получили образовательные веб-приложения, которые используются при организации дистанционной формы обучения [7-9].

Для разработки веб-приложения требуется специальный набор инструментов, который позволит создать серверную и клиентскую части. В этот набор инструментов входят как языки программирования, так и специальное программное обеспечение, которое включает в себя среды разработки программного обеспечения и системы управления базами данных.

В силу специфики веб-приложения можно разбить на несколько составляющих частей, для реализации которых возможно использование различных инструментальных средств разработки. В веб-приложениях можно выделить три составные части: фронт-энд, бэк-энд, базы данных.

Фронт-энд разработка создаёт видимую пользователю часть веб-страницы, и ее главная задача – предоставить клиенту удобный и красивый веб-дизайн, а также реализовать пользовательскую логику. Это весь внешний вид сайта или приложения – доступные пользователю кнопки, таблицы, блоки, детали и так далее.

Бэк-энд разработка отвечает за работу основного функционала веб-приложения, а именно исполняет запросы пользователя, получаемые с фронт-энда. Чаще всего бэк-энд передаёт нужную информацию из базы данных, которая после отображается в доступном виде пользователю посредством инструментов фронт-энда.

База данных предназначена для хранения информации, необходимой для функционирования веб-приложения. Это может быть пользовательская информация, например логин и пароль, или информация, необходимая для работы каких-либо модулей веб-приложения, например данные о необходимости подключать или отключать ту или иную функцию.

Таким образом, для разработки веб-приложения необходимо определить следующие пункты:

- выбор языка программирования, на котором будет основана серверная часть приложения;
- выбор фреймворка, на основе которого будет оформляться клиентская часть приложения (интерфейс, представляемый пользователю);
- выбор способа управления взаимодействием между клиентской и серверной частями;
- выбор системы управления базами данных.

Выбор средств веб-разработки основывается на следующих критериях:

- размер и сложность проекта;
- скорость разработки;
- требования к безопасности;
- кроссплатформенность;
- доступные инструменты разработки [2].

Также выбор набора инструментов должен основываться на том уровне абстракции, которого придерживается разработка программного обеспечения. Всего выделяют три уровня абстракции:

1. Программный продукт, написанный на «чистом языке», то есть без использования сторонних инструментов, облегчающих разработку путем привлечения готовых инструментов. Такое приложение, как правило, является продуктом больших компаний, например, таких как Google, Яндекс, Amazon и так далее, так как они вынуждены использовать собственные решения в разработке, поскольку это повышает их уникальность и производительность, а также делает их независимыми от других продуктов. Иногда на «чистом языке» создаются и небольшие программы, в которых просто нет необходимости внедрять какие-то сторонние готовые решения – хватает и базовых средств выбранного языка программирования.

2. Программный продукт, созданный с использованием фреймворков. Фреймворк – среда разработки, которая обладает готовыми инструментами, позволяющими значительно ускорить разработку программного обеспечения, но с другой стороны ограничена этими же инструментами. Но нет никаких ограничений на изменение и модернизацию тех инструментов, что предлагает фреймворк. Использование подобного инструмента, как фреймворки, предоставляют достаточную производительность для обслуживания программных продуктов средней сложности (до нескольких миллионов посещений в месяц).

3. Программный продукт, созданный с помощью CMS (Content Management System) – комплекс готовых решений, чаще всего объединенных в конструктор, на основе которого из модулей собирается веб-приложение. Как таковое использование языков программирования отсутствует, и в основном происходит работа с настройкой отдельных структур веб-приложения. С помощью CMS создаются простые сайты, которые не требуют широкой серверной части и ограничиваются только хранением зарегистрированных аккаунтов. Полученные таким путем веб-приложения имеют ряд минусов:

– такой сайт сложно поднять в поиске, так как веб-ресурсов по схожей структуре создается большое количество, а поисковики нацелены на такой критерий, как уникальность;

– такие веб-приложения хоть и имеют приятный и простой дизайн, но могут работать с задержкой на простых операциях, так как эти сайты состоят из модулей, которые имеют большое количество «мусорного» кода [5].

Выбор языков программирования является задачей, которую разработчик должен решить для себя перед созданием проекта, так как потом данное решение изменить не получится. Для создания серверной части веб-приложений используется пять основных языка программирования:

– Python – данный язык является одним из самых универсальных языков в программировании, и для серверной разработки он также подходит. Одним из преимуществ данного языка является обширная коллекция стандартных библиотек, которые позволяют достаточно быстро и эффективно вести разработку проекта. Также код языка Python является достаточно удобочитаемым, имеет интеграцию с другими языками:

– PHP – серверный язык сценариев, который хорошо зарекомендовал себя в разработке серверных частей проекта. Является интерпретируемым языком, поэтому не требует компиляции и позволяет работать практически в любой операционной системе. Так как язык используется достаточно долго на рынке, имеет большое количество различных библиотек и модулей. Имеет множество хеш-функций, что позволяет создавать безопасные веб-приложения [1];

– JavaScript – простой и быстро развивающийся скриптовый язык. Изначально задумывался как средство украшения веб-страниц, но к настоящему времени вырос в полноценную среду программирования с большим количеством библиотек, фреймворков, инструментов сборки, утилит, пакетных менеджеров и прочих элементов инфраструктуры. Используется для средних и больших проектов. Его большим достоинством, помимо прочих, является то, что один и тот же синтаксис используется для разработки как клиентской, так и серверной частей проекта;

– Ruby – является интерпретируемым языком программирования общего назначения, который поддерживает различные парадигмы программирования, такие как процедурное, функциональное и объектно-ориентированное программирование. Этот язык широко используется для веб-разработки по всему миру и очень рекомендуется новичкам для начала работы с серверной веб-разработкой, так как он

сравнительно проще в освоении. Как и Python, Ruby также фокусируется на повышении производительности разработчиков, что в конечном итоге ускоряет процесс веб-разработки [1];

– Java – разработка на этом языке требует больших затрат времени. Его используют для больших проектов со специфическими требованиями, например в банковской сфере. Хорошо подходит для проектов, в которые вовлечено много программистов, так как в нем хорошо реализована модульность. Главным преимуществом является то, что имеется возможность работать с написанным кодом на любом устройстве, где установлена виртуальная машина Java [1].

Для определения дополнительных инструментов серверного программирования необходимо определить систему управления базами данных, которая будет использоваться для разработки веб-приложения. База данных необходима как для хранения данных о пользователях, так и для технических данных, необходимых для корректной работы веб-приложения.

Чаще всего для веб-разработки используют одну из перечисленных систем управления базами данных:

PostgreSQL – это популярная свободная объектно-реляционная система управления базами данных. PostgreSQL базируется на языке SQL и поддерживает многочисленные возможности.

Из преимуществ PostgreSQL стоит отметить поддержку БД неограниченного размера, мощные и надёжные механизмы транзакций и репликации, расширяемую систему встроенных языков программирования и поддержку загрузки C-совместимых модулей, наследование и легкую расширяемость.

MySQL – это реляционная система управления базами данных с открытым исходным кодом. В настоящее время эта СУБД – одна из наиболее популярных в веб-приложениях: подавляющее большинство CMS использует именно MySQL, а почти все веб-фреймворки поддерживают MySQL уже на уровне базовой конфигурации (без дополнительных модулей).

Из преимуществ СУБД MySQL стоит отметить простоту использования, гибкость, низкую стоимость владения (относительно платных СУБД), а также масштабируемость и производительность [6].

В табл. 1 представлено подробное сравнение MySQL и PostgreSQL.

Сравнение систем управления базами данных

Сравнение функций	PostgreSQL 10	MySQL 8
Полнотекстовый поиск	Есть	Есть
JSON	Есть	Есть (обновлена)
Оконные функции	Есть	Есть (недавно добавили)
Скорость и надежность	Высокая	Высокая
Варианты оптимизации сервера MySQL	Для оптимизации доступно мало параметров	Путем настройки переменных, таких как <code>sort_buffer_size</code> , <code>read_buffer_size</code> , <code>max_allowed_packet</code> и прочих
Простота в использовании и популярность	Менее популярна. Проста в использовании	Более популярна. Проста в использовании
Облачная СУБД	Нет	Есть
Параллельный доступ	Есть	Есть
Поддержка NoSQL	Есть	Нет

Для более удобного взаимодействия, например с MySQL, можно использовать веб-приложение phpMyAdmin, которое позволяет управлять базой данных через интерфейс браузера, изменять структуру и взаимодействие таблиц между собой путем выстраивания взаимодействий между ними, создавать SQL-запросы, добавлять, изменять или удалять данные в таблицах.

Основными инструментами при разработке веб-приложений, а именно клиентской части, является связка языка гипертекстовой разметки HTML, язык таблицы стилей CSS, а также язык JavaScript.

HTML – обязательная часть любого веб-приложения или веб-ресурса. Он задаёт основную структуру сайта, так как является языком гипертекстовой разметки. Под гипертекстом понимаются ссылки, которые соединяют веб-страницы друг с другом либо в пределах одного веб-сайта, либо между веб-сайтами. Ссылки являются фундаментальным аспектом Веба. Загружая контент в Интернет и связывая его со страницами, созданными другими людьми, вы становитесь активным участником Всемирной паутины. HTML использует разметку для отображения текста, изображений и другого контента в веб-браузере. HTML-разметка включает в себя специальные элементы, такие как `<head>`, `<title>`, `<body>`, `<header>`, `<footer>`, `<article>`, `<section>` и другие. Самой актуальной версией HTML является 5 версия – данная версия поддерживается большинством браузеров, а если браузер не поддерживает данную версию, то некоторые элементы HTML5, которых нет в других версиях HTML, отображаются как элементы, которые есть в данной конфигурации [1].

CSS – используется создателями веб-страниц для задания цветов, шрифтов, стилей, расположения отдельных блоков и других аспектов представления внешнего вида этих веб-страниц. Основной целью разработки CSS является отделение описания

логической структуры веб-страницы (которое производится с помощью HTML или других языков разметки) от описания внешнего вида этой веб-страницы (которое теперь производится с помощью формального языка CSS). Такое разделение может увеличить доступность документа, предоставить большую гибкость и возможность управления его представлением, а также уменьшить сложность и повторяемость в структурном содержимом.

Кроме того, CSS позволяет представлять один и тот же документ в различных стилях или методах вывода, таких как экранное представление, печатное представление, чтение голосом (специальным голосовым браузером или программой чтения с экрана) [3].

Для создания динамичных элементов на веб-странице, изменения свойств отдельных объектов, а также для взаимодействия некоторых элементов между собой используется язык JavaScript. Данный язык способен напрямую манипулировать элементами веб-страницы, менять их размер, форму, стиль, содержимое и так далее. Все сложные элементы страницы, такие как боковые или вложенные меню, перетаскивание элементов, слайдеры и многое другое сделаны с помощью JavaScript [6].

Также необходимо определить систему контроля версий для проекта. С их помощью можно отслеживать эволюцию кода, создавать различные варианты программного продукта, разбивать объёмы работ на независимые участки и тому подобные. Системы контроля версий изначально создавались, чтобы команды разработчиков могли совместно работать над проектами, избегая путаницы, но теперь это больше используется для того, чтобы у разработчиков имелась возможность «откатить» изменения, если они не устраивают. В системе контроля версий ветви кода и примечания к ним сохраняются в центральный репозиторий, где удобно хранить и обновлять файлы, вносить правки и комментарии, проводить слияние ветвей, созданных разными разработчиками.

Самой популярной и функциональной была и остается система контроля версий GitHub. Она является полностью бесплатной, не имеет никаких ограничений на количество создаваемых репозиториях и на их объём.

Для взаимодействия с GitHub используется командная строка Git Bush, через которую изначально настраиваются связи между репозиторием в системе контроля версий и корневой папкой проекта. После с помощью специальных команд выполняется синхронизация корневого каталога с репозиторием и наоборот, если необходимо откатить изменения или обновить каталог.

Система контроля версий также требуется для того, чтобы осуществлять непрерывную разработку веб-приложения с разных устройств: домашнего компьютера, ноутбука, компьютера в институте и так далее [3].

В данной статье проведен обзор и анализ средств создания образовательных веб-приложений, в ходе которого рассмотрены различные инструменты разработки, такие как: язык гипертекстовой разметки HTML, язык таблицы стилей CSS, язык JavaScript для написания клиентской части приложения, а для написания серверной части рассмотрены языки PHP, Python, Ruby и Java. Проведено сравнение двух самых популярных СУБД, используемых для веб-разработки. В качестве системы контроля версий рассмотрен инструмент GitHub, являющийся одним из самых популярных программных средств в данной области.

Литература

1. Заяц, А. М. Основы WEB технологий. Разработка WEB-приложений современными инструментальными средствами: учебно-методическое пособие / А. М. Заяц. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2021. – 116 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/191164> (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

2. Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем: технология автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум: учебное пособие / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 156 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/133477> (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

3. Садыков, А. М. Методы разработки веб-приложений: учебно-методическое пособие / А. М. Садыков. – Иваново: ИГЭУ, 2019. – 72 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/154584> (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

4. Войт, Н. Н. Разработка программного обеспечения оценки действий обучаемых / Н. Н. Войт. – Ульяновск, 2019. – С. 151-159.

5. Вагин, Д. В. Современные технологии разработки веб-приложений: учебное пособие / Д. В. Вагин, Р. В. Петров. – Новосибирск: НГТУ, 2019. – 52 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/152238>

(дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

6. Сычев, А. В. Теория и практика разработки современных клиентских веб-приложений: учебное пособие / А. В. Сычев. – 2-е изд. – М.: ИНТУИТ, 2016. – 483 с. // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/100528> (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

7. Виштак, Н. М. Разработка веб-приложения для изучения языка программирования Python / Н. М. Виштак // Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте». – Кемерово, 2021. – С. 64-67.

8. Виштак, О. В. Анализ средств разработки образовательных интернет-ресурсов / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 88-89.

9. Паршин, Г. К. Система критериев для веб-приложений, используемых в учебном процессе высшей школы / Г. К. Паршин, И. В. Михеев // 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. 185-191.

УДК 004.9

Технология digital rights management

как средство защиты авторской информации

Ковалёв Андрей Алексеевич, 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

Современный мир информационных технологий не стоит на месте. С каждым годом сложность защиты информации в глобальной сети «Интернет» растёт.

Важно уметь обезопасить собственность всеми возможными путями. В статье рассмотрены методы защиты мультимедийной информации, в частности метод защиты на основе цифровых прав DRM.

Рост цифровых медиа и современных технологий значительно поднял проблемы, связанные с авторским правом организаций и частных лиц. Всего за несколько нажатий на кнопку мыши многие авторские изображения, видео- и аудиофайлы загружаются или передаются их согласия создателей. Современные методы и инструменты позволяют легко конвертировать медиа (в основном защищенные авторским правом) в различные цифровые формы для удобства переносимости и обмена.

Появление авторских ресурсов в цифровом пространстве привело к появлению двух возможностей. Первая – возможность практически бесплатно воспроизводить и распространять цифровой контент. Вторая – существующий цифровой контент легко можно ремикшировать и «смешивать» (комбинировать различными способами) с другим контентом для создания новых работ. В ответ на такие действия многие авторы цифрового контента со своими юристами стали применять разные методы и тактики защиты собственности. В условиях, когда киберпреступность находится на подъеме, важно знать, что существует столько же методов защиты сетевой безопасности, сколько и способов проникновения в нее [1].

Одной из таких тактик является установка скрытых файлов, таких как руткиты, на компьютеры пользователей, когда компакт-диск (CD) или цифровой видеодиск (DVD) сначала вставляются в их машины. Руткит – это набор вредоносных инструментов, предоставляющих несанкционированный доступ к программному обеспечению или всей операционной системе. Руткиты спокойно можно не замечать, но они остаются активными в фоновом режиме, предоставляя злоумышленникам возможность удаленно управлять вашим устройством [2]. Руткиты могут ограничивать число раз, когда пользователи могут устанавливать программное обеспечение, контролировать действия пользователей и предотвращать копирование или передачу защищенных файлов по сетевым соединениям. Некоторые программные продукты связываются с производителем и делают проверку.

Еще одним способом защиты цифрового контента является использование технологии DRM (digital rights management). DRM, то есть управление цифровыми правами – это защита произведений, защищенных авторским правом, с помощью различных средств контроля или предотвращения обмена цифровыми копиями через компьютерные или телекоммуникационные сети. DRM – это программные или программно-аппаратные средства, которые намеренно ограничивают либо затрудняют

различные действия с данными в электронной форме (копирование, модификацию, просмотр и т. п.) либо позволяют отследить такие действия. DRM представляет собой набор систем контроля и управления доступом. Данная технология включает в себя шифрование для предотвращения несанкционированного доступа и контроля лицензий для авторизации разрешений и доступа. Самый простой пример: музыкальный стриминговый сервис, представленный компанией Apple – Apple iTunes Music Store, использует решение DRM. Он может ограничить количество устройств, на которых воспроизводятся песни. Загруженные музыкальные файлы содержат данные о покупке и использовании. Перед установкой программного обеспечения Microsoft Windows или Office пользователи должны согласиться с пользовательской лицензией и ввести ключ.

DRM позволяет владельцам контента и издателям контролировать не только тех, кто получает контент, но и то, что они могут с ним делать. Такие элементы управления включают в себя следующее [3]:

- только авторизованные пользователи могут получить доступ к вашему контенту;
- авторизованные пользователи получают доступ к контенту без каких-либо сторонних приложений или плагинов;
- DRM предотвращает редактирование, печать, сохранение, пересылку, совместное использование, захват экрана и многое другое;
- безопасное хранение и распределение контента между сотрудниками во время производства;
- контент ограничен устройствами, IP-адресами и местоположением в странах;
- водяные знаки для установления личности;
- доступ активируется или отменяется в любое время.

В системе DRM на основе IP контент шифруется с использованием спецификаций DRM OEM. Большинство решений используют технологии, разработанные вокруг 128-битного шифрования AES с использованием режимов CTR или CBC. Оба этих режима являются частью общего шифрования (CENC) и шифруют поток для безопасной доставки. Видеоплеер расшифровывает зашифрованные потоки с помощью лицензирования DRM.

Самый простой способ упаковки контента – через упаковщик интерфейса командной строки.

Далее идут серверные инструменты для обеспечения шифрования контента. Эти инструменты обеспечат необходимый щелчок для подготовки упаковки формата, такого как MP4, в адаптивный битрейт потокового файла.

Шифрование на стороне сервера обеспечивает большую масштабируемость, безопасность, параллельную упаковку и многое другое.

Для шифрования контента упаковщик запрашивает ключ шифрования с сервера DRM. Сервер DRM предоставляет ключ шифрования и связывает этот ключ с идентификатором контента. Используя ключ шифрования, упаковщик шифрует и повторно упаковывает контент.

DRM полезен для следующих отраслей:

- организации электронного обучения: у них есть большая потребность применять решения для видео DRM, поскольку они наиболее уязвимы. Создание образовательного видео само по себе является утомительной задачей, а защита от пиратства – это технический механизм;

- стандартные организации: национальные стандартные организации или отраслевые ассоциации имеют наиболее актуальную информацию, необходимую профессионалам. Компании платят за доступ к этой документированной информации. Таким образом, такие организации должны иметь свои документы, аудио-, видеофайлы в зашифрованном виде, чтобы только авторизованные пользователи имели к ним доступ;

- СМИ и издательства: медиа и публикации контента, который издаётся или выпускается на какие-то платформы через подписки, протекает в сеть, и возникают утечки, пиратство, несанкционированный доступ и многое другое;

- финансовые учреждения, такие как страховые компании, акционерный капитал, компании по управлению активами, должны защищать данные своих клиентов и акционеров.

Таким образом, одним из действенных методов защиты авторских прав на материалы, представленные в цифровом виде, является технология DRM, базирующаяся на принципах защиты информации от несанкционированного копирования и использования. В этом смысле защита прав автора может рассматриваться как специальный случай обеспечения информационной безопасности его работ.

Литература

1. Рябенков, Р. А. Методы шифрования данных / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 297-301.
2. 13 различных типов вредоносных программ: сетевое издание «Новая Наука»: [сайт]. – URL: <https://new-science.ru/13-razlichnyh-tipov-vredonosnyh-programm/> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный
3. Зенгер, П. Стандарт DRM: особенности, возможности, преимущества / Петер Зенгер. – Broadcasting. Телевидение и радиовещание. – 2006. – № 5. – С. 18-22.

УДК 004.04

Компьютерные технологии в производстве швейных изделий

¹Комиссарова Галина Андреевна, студент специальности
«Конструктор-технолог швейного производства»;

²Бревнова Юлия Александровна, кандидат культурологии,
доцент кафедры «Гуманитарные науки»,
член Союза профессиональных художников России

¹Государственное автономное профессиональное
образовательное учреждение г. Москвы «Технологический колледж № 24»;

²Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия
имени Д.С. Лихачева, г. Москва

Современные мультимедийные технологии широко распространяются в различных областях науки и техники. Применение компьютерной графики позволяет на этапе конструирования одежды создавать модели одежды, позволяющие в динамике проводить конструирование модели.

Компьютерная графика является очень актуальным направлением в области мультимедийных технологий, так как программные приложения, созданные на основе компьютерной графики, находят широкое применение в образовании, в сфере досуга, в медицинской сфере, в индустрии производства швейных изделий [1-7]. Графический редактор Illustrator применяется в работе графического дизайнера новых проектов, а также создания моделей (создание эскизов, разнообразных цветовых палитр,

разработка новых проектов), также изготовления готовых работ (технических рисунков, прорисовка мелких деталей), а также готовой продукции для создания логотипов, рекламных плакатов, баннеров и так далее. Для преподавателей эта программа может быть полезна для обучения студентов изготовлению готовой презентации и созданию своих работ и эскизов, это способ научиться работать онлайн из любой точки.

Графический редактор Illustrator – программа для создания изображений [6, 7]. В отличие от фотографий или других изображений, которые состоят из пикселей, векторные изображения состоят из кривых линий. Из-за этой особенности достаточно сложно создавать проработанные изображения, но есть неоспоримое преимущество: файлы мало весят и быстро загружаются. Помимо однотонной заливки, в программе доступны разнообразные градиенты, уровни прозрачности и эффекты. Также в Illustrator очень удобно работать с текстом: легко перемещать, редактировать шрифт, а при желании буквы можно перевести в изогнутые и работать с ними, как с обычными векторными линиями.

К Illustrator можно подключить большое количество различных приложений, расширяющих возможности работы программы. Эти приложения сейчас доступны во многих площадках, и их можно установить на любое устройство. Для индустрии моды наиболее интересными являются следующие приложения:

- ✓ IPM (Illustrator Pattern Making System) – данное приложение позволяет чертить разнообразные выкройки и лекала, создавать градацию размеров и позволяет выводить выкройки в печать;

- ✓ Embroidery I2, позволяющее преобразовать линии в стежки и сохранить рисунок в определенном формате, который позволяет читать вышивальной машиной.

Проанализируем основные функции графического редактора Illustrator. К ним относятся:

- ✓ работа с геометрическими фигурами. В программе Illustrator можно работать с фигурами – объединять их, вычитать и так далее. Геометрические формы часто являются важными для создания всевозможных логотипов, так работа с ними вещь функциональна;

- ✓ создание всевозможных ярких иллюстраций из фигур, линий, различные эффекты и другие. В Illustrator можно создавать любые формы, накладывая их друг на друга с помощью слоев и применять различные эффекты: градиенты, тени и прочее;

- ✓ редактирование контуров. Создание инструментом «Перо» контуров или редактирование чужих иллюстраций;

- ✓ применение всевозможных заливок. В Illustrator можно с легкостью применять различные заливки по вашему усмотрению на любой контур или объект;
- ✓ печать. Баннеры, визитки всевозможные плакаты и так далее. Так как можно масштабировать под любые размеры, в программе можно создавать и огромных размеров проекты, так и миниатюрные варианты. Экспорт файла позволяют настроить по вашему усмотрению, цветовой профиль для отправки, а также выбрать формат работы;
- ✓ работа с монтажными областями. Это позволяет работать в области; к примеру, баннеры в различных размерах;
- ✓ преобразование текста. Любой текст в Illustrator можно перевести в криволинейные линии, сделать их векторными. Это позволяет работать так, будто это векторная форма – можно корректировать длину букв, её форму и стиль написания их;
- ✓ использование кистей. Использование кистей или создание своих вариантов всевозможных кистей; вы сможете добавить больше разнообразия или придумать свой стиль своим иллюстрациям. Если на создание у вас нету возможности или нехватка времени, их можно скачивать с всесторонних сайтов.

Для сравнения выполнения изображений покажем их на модели, которая предоставлена в двух вариантах: одно изображение сделано от руки, а второе – в графическом редакторе Illustrator (рис. 1).



*Рис. 1. Изображение модели, выполненное ручным способом и в программе Illustrator:
а – от руки; б – в графическом редакторе Illustrator*

Модели, созданные в программе Illustrator, следует использовать для демонстрации своим будущим клиентам, так как есть возможность вносить корректировки на месте (цвет, фасон изделия, количество декоративных элементов и другие), в процессе обсуждения с клиентом.

Возможно построение базовых конструкции одежды и разработки конструкции новых моделей с использованием базовых основ в графическом редакторе Illustrator.

Помимо создания технических рисунков, узоров для полотна ткани, принта на одежде и так далее, в программе можно конструировать точные выкройки в натуральную величину, а также применять конструктивное моделирование и создавать лекала конструкций изделий.

Построив основную конструкцию один раз, ее можно использовать многократно для моделирования новых изделий, что показано на рис. 2.



Рис. 2. Конструирование одежды средствами графического редактора Illustrator

Литература

1. Мануйлова, Е. И. Возможности мультимедийных средств обучения в практике дополнительного образования / Е. И. Мануйлова, Н. М. Виштак / Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 142-145.

2. 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.

3. Виштак, Н. М. Применение мультимедийных средств обучения в вузовской практике реализации программ дополнительного образования / Н. М. Виштак // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2014. – № Т 20. – С. 4826-4830.

4. Виштак, Н. М. Мультимедийный лекционный комплекс информационной поддержки процесса изучения информатики / Н. М. Виштак // Педагогическая информатика. – 2007. – № 4. – С. 84-87.

5. Виштак, О. В. Дидактические основы разработки педагогического сценария мультимедийного учебного пособия по информатике / О. В. Виштак // Информатика и образование. – 2004. – № 7. – С. 87-92.

6. Попов, С. А. Роль компьютерных технологий в дизайне костюма / С. А. Попов // Актуальные исследования. – 2020. – № 9(12). – С.108-112.

7. Применение современных информационных технологий в дизайне одежды / Н. Д. Мартыненко, Ю. А. Мациевская, О. Г. Диев, Ю. В. Бартенева // Педагогические науки. – 2017.– № 5(8).

УДК 004.056

Классификация угроз безопасности в информационных системах

Коновалов Эльдар Наилевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В данной статье рассматриваются проблемы защиты информации в информационных системах. Приводится классификационный анализ различных видов угроз безопасности в информационных системах.

По причине активного использования и развития информационных систем информация представляет собой очень большую ценность. Любой аспект человеческой жизни может быть представлен в виде информации, порча и потеря которой может привести к большим потерям. Следовательно, информация приобретает стратегическое значение для любого рода предприятий, а также государства. Существуют как естественные риски потери информации, такие как сбой оборудования, погодные происшествия и тому подобное, так и риски, связанные с действиями криминальных ячеек, пытающихся незаконно изменить или получить доступ к информации [1]. Исходя из вышеописанного, вопрос угроз в информационных системах является актуальным.

Угрозы, которые направлены на нанесение ущерба пользователям информационных систем, называются умышленными и бывают активными и пассивными.

Как правило, пассивные угрозы пытаются несанкционированным образом использовать информационные ресурсы, не влияя при этом на их работу. К пассивным угрозам можно отнести такие, как прослушка информации, передаваемой по техническим каналам связи, попытка доступа к информации, хранящейся в базе данных для её последующего считывания.

Активные угрозы направлены на нарушение штатного функционирования информационной системы с помощью воздействия целенаправленного характера на информационные, аппаратные, программные ресурсы. К активным угрозам можно отнести вывод из строя технических линий связи, оборудования, операционной системы и другого программного обеспечения, а также изменение информации, хранящейся в базе данных или иной информации [2]. Активные угрозы могут исходить как от зловредного программного обеспечения, так и от прямых действий злоумышленника.

Умышленные угрозы бывают внешними, а также внутренними, то есть появляющимися внутри организации. Причинами внутренних угроз чаще всего является социальная напряжённость и неподходящая моральная обстановка. Внешние угрозы могут исходить от прямых действий каких-либо конкурентов, стихийных бедствий, сложившейся экономической ситуации и других условий [2].

По мнению многих экспертов, широкое распространение получил промышленный шпионаж – незаконное получение доступа к информации, её присвоение и передача, а также иных сведений, составляющих коммерческую тайну, лицом, не имеющим полномочий на соответствующие действия.

Основными угрозами информационных систем являются:

- компрометация информации;
- раскрытие конфиденциальной информации;
- использование информационных ресурсов без права доступа;
- ошибка при выделении ресурсов;
- передача информации без права доступа;
- отказ от обслуживания;
- отказ от информации.

К общераспространённым угрозам безопасности информации прежде всего относят угрозы, направленные против конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Создание условий, при которых доступ к информационным ресурсам или к определённой услуге заблокирован, либо доступ возможен только на время, которое не может обеспечить функционирование необходимых процессов, называется угрозой доступности. Примером такой угрозы можно считать выход из строя сервера веб-сайта, где хранится важная информация, необходимая для принятия необходимого решения.

Угрозы, направленные на вероятность изменения информации, хранящейся в информационной системе, называются угрозами нарушения целостности. Целостность может нарушаться за счет большого количества различных факторов, начиная от умышленных действий персонала и заканчивая выходом из строя оборудования, технических каналов связи [3].

Угрозы нарушения целостности по причинам возникновения подразделяются на субъективные и объективные.

К субъективным угрозам можно отнести:

- диверсии (намеренное повреждение оборудования, организация пожара и тому подобное);
- прямое воздействие на носители (кража, удаление информации и тому подобное);
- отказ персонала (болезнь, гибель и тому подобное);
- ошибка персонала.

К объективным угрозам можно отнести:

- выход из строя аппаратного оборудования, программного обеспечения;
- стихийные бедствия (пожары, наводнения, землетрясения).

Угроза нарушить конфиденциальность информации предполагает, что лица, не имеющие полномочия доступа к информации, получают к ней доступ. Такая угроза имеет место каждый раз, когда кто-то получает доступ к секретной информации, которая хранится в информационной системе или передаётся от одной информационной системы к другой информационной системе. Среди специалистов такая угроза может именоваться «утечка». Подобного рода угрозы могут возникать как по причине человеческого фактора (ошибочное делегирование прав пользователю, передача данных персоналом злоумышленнику как результат применяемой социальной инженерии и тому подобное), так и по причинам различных сбоев в аппаратном и программном обеспечении. Реализация любой из вышеописанных угроз по отдельности или вместе приведёт к нарушению информационной безопасности.

Одной из самых опасных угроз информационной безопасности является внедрение в систему различных вредоносных программ.

Вредоносная программа – это программное обеспечение, предназначенное для получения несанкционированного доступа с целью изменения доступности, изменения, копирования информации, а также нарушение штатного режима функционирования ЭВМ [4].

К потенциальному урону вредоносного программного обеспечения можно отнести физическое повреждение аппаратных ресурсов, нарушение доступности, целостности и конфиденциальности информации, а также ряд других последствий.

Для купирования угроз информационной безопасности необходимо использовать комплексный подход, а именно как постоянное совершенствование аппаратного и программного обеспечения, так и работу с персоналом.

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, 2017. – С. 619-622.

2. Информационная безопасность: учебное пособие / В. Н. Ясенов, А. В. Дорожкин, А. Л. Сочков, О. В. Ясенов; под редакцией В. Н. Ясенева. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. – 198 с.

3. Лукьянов, А. С. Анализ обеспечения критериев информационной безопасности в современных сервисах сети Интернет / А. С. Лукьянов, Р. Р. Мамедов, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 205-209.

4. Перспективы развития антивирусных программ / В. В. Беляева, К. В. Масленникова, А. Д. Онтикова, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 142-147.

Анализ информационных обучающих систем по программированию

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

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

Статья раскрывает актуальный вопрос внедрения принципиально новых информационных обучающих систем в организацию образовательного процесса. Тенденция развития новых IT-технологий обучения объясняется всеобъемлющей цифровизацией общества. В статье особое внимание уделяется существующим информационным обучающим технологиям. На основе составления системы требований к обучающим системам предложена автоматизированная система для изучения языков программирования детьми школьного возраста.

Сфера IT является одной из наиболее развивающихся и перспективных областей. Процесс цифровизации заключается в широкоформатном применении методов и средств сбора, хранения и распространения информации, которая позволяет систематизировать и сформировать новые знания. Такие знания используются для развития и непрерывного совершенствования общества. Именно этим можно объяснить актуальность проблемы информатизации общества. Уровень использования информационно-телекоммуникационных технологий оказывает непосредственное влияние на экономический рост, повышение конкурентоспособности государства на мировой экономической и политической арене [1]. В связи с этим перед государством стоит важная задача – обеспечить наиболее комфортную среду для роста и профессионального развития IT-специалистов [5, 7-9]. С этой целью подготовку будущих профессионалов необходимо начинать на наиболее ранних этапах.

Активная популяризация информационных технологий среди детей актуализирует проблему поиска принципиально новых подходов к знакомству ребенка с миром IT. Это стало первопричиной создания достаточно большого количества обучающих информационных систем, с помощью которых ребенок может начать изучать программирование.

Интерес к получению новых знаний ребенок чаще всего обретает через игру [6, 10-12]. Информация, представленная в игровом формате, наиболее подходит для усваивания большого количества знаний, с которыми дети сталкиваются впервые. Это объясняется тем, что такой подход позволяет не допустить угасания в ребенке интереса к изучению мира информационных технологий, когда он сталкивается с большим объемом теоретической информации. Общеизвестным является тот факт, что наилучшее усваивание теоретических данных происходит, если они подкрепляются изучением на практике.

Из всего множества обучающих систем, позволяющих познакомиться с программированием, выделим несколько наиболее интересных.

Swift Playgrounds. Приложение от компании Apple, которое позволит изучить язык программирования Swift. Именно на этом языке профессиональные разработчики разрабатывают приложения мирового уровня. Swift Playgrounds включает в себя уроки программирования, где пользователи самостоятельно пишут код, который сразу же визуализируется. Цель игры заключается в том, чтобы провести экранных героев по красочному графическому миру посредством решения загадок и выполнения заданий.

Такой формат изучения языка Swift позволит за достаточно короткое время освоить важнейшие навыки программирования. Приложение позволяет создавать реальные программы, которые можно представить в виде готового продукта в интернете.

Использование этого приложения ребенком поможет ему изучить принципы запуска команд, создания функций, выполнения циклов, применения условных выражений и переменных [2]. Преподнесение такой информации в игровом формате позволит ребенку почувствовать себя уверенно в написании кода. Зачастую именно страх перед кажущейся сложностью изучения языков программирования является основной причиной, останавливающей детей в стремлении приобщиться к миру IT. Игровой формат изучения дает уверенность в своих силах и позволяет продемонстрировать огромные возможности языков программирования.

Grasshopper. Целью приложения является предоставление возможности ребенку познакомиться с языком программирования JavaScript. Несмотря на спорный вопрос относительно целесообразности выбора этого языка в качестве первого изучаемого инструмента программирования в связи с его нестандартной объектной моделью, отсутствием типизации данных, именно JavaScript способен выработать у человека мышление программиста [3].

Использование рассматриваемого приложения в качестве системы для изучения JavaScript позволяет познакомиться с особенностями логического потока, структуры кода и синтаксиса языка. Для обеспечения комфортной среды обучения разработчики использовали несколько интересных приемов, среди которых можно выделить красочный дизайн, создание визуальных головоломок и пазлов, наличие проверочных тестов, с помощью которых можно самостоятельно проверить степень усвоения материала.

Hopscotch – Programming for kids. Это приложение позволяет детям начать программировать с нулевыми знаниями в области IT и достигнуть продвинутого уровня. Игра заключается в перетаскивании блочных элементов в специальную область. Ребенку предоставляется возможность выбирать множество разнообразных предметов и персонажей для создания целых мультипликационных историй. Приложение яркое и адаптивное, в связи с чем интерфейс особенно привлекателен для детей. Функционал удобно расположен, шрифт хорошо читается. Перед началом игры предоставляется возможность пройти краткий интерактив, где объясняются основные функции [4].

Все рассмотренные обучающие системы обладают рядом преимуществ, среди которых можно выделить:

- использование игрового процесса в качестве способа ухода от сухого и монотонного изучения теоретического материала;
- в процессе обучения превалирует практическая составляющая;
- развитие творческой активности обучающихся;
- формирование умения самостоятельно добывать знания и применять их на практике.

Все рассмотренные обучающие системы позволяют в игровой форме познакомить ребенка с основными языковыми конструкциями и принципами программирования. Несмотря на неоспоримую важность практической части в получении любого нового знания возникает необходимость в соблюдении и поиске некой «золотой середины», в которой гармонично сочетаются теоретические сведения и практические задания. Именно такой подход – изучение теории и закрепление ее на практике – наиболее подходящий вариант для детей и людей с большой мотивацией к обучению.

Выделение основных преимуществ и недостатков рассмотренных обучающих ресурсов позволяет составить систему требований, предъявляемых к разработке автоматизированных обучающих систем:

- создаваемая система должна быть направлена на повышение заинтересованности ребенка к предмету изучения;
- в системе должны быть реализованы механизмы учета прогресса изучения материала и учтены узкие места, в которых ребенок чувствует себя неуверенно, с целью проработать необходимый материал повторно;
- в программе должна соблюдаться последовательность изложения материала;
- теоретический материал должен быть подкреплен выполнением таких практических заданий, которые помогут в дальнейшем применять полученные ребенком знания для решения повседневных задач.

Приложения для изучения программирования в игровой форме недостаточно знакомят ребенка с теоретическими основами, тогда как конкретные обучающие платформы зачастую не содержат геймифицированных элементов. На выходе получаем игры, заточенные на практическую составляющую, и платформы с теорией и практикой, на которых материал представлен в виде набора однообразных тестов и заданий.

Для достижения успеха в изучении любой дисциплины требуется некая системность знаний. Для этого необходимо знакомить ребенка с миром информационных технологий постепенно, шаг за шагом. Именно присутствие достаточного объема теоретических сведений позволит объяснить детям, что и как работает, а выполнение практических заданий позволяет посмотреть, как это применяется для решения повседневных задач.

В связи с этим возникает необходимость в разработке такой системы, которая перенимает основные принципы геймифицированных обучающих приложений и содержит основную теоретическую информацию, усвоение и понимание которой закрепляется в результате выполнения практических заданий.

В качестве решения проблемы создания актуального ресурса, обладающего качествами игрового приложения с теоретическим и практическим материалом, выдвигается автоматизированная информационная обучающая система для изучения языка программирования Python. Такая система представляет собой ресурс для освоения принципов программирования на одном из самых популярных языков.

В основе этой системы лежит создание курса по изучению языка Python. Курс разделен на несколько модулей, среди которых можно выделить «Введение в Python», «Типы данных», «Циклические структуры» и прочее. В каждый из таких разделов включена основная теоретическая информация в том объеме, который ребенок может освоить за одно занятие в системе. После изучения теории ученику предлагается выполнить набор теоретических заданий, представленных в тестовой форме и в форме открытых вопросов, ответами на которые является программный код, написанный самим ребенком.

Интерфейс системы включает в себя геймифицированные элементы, такие как динамичная графика после прохождения каждого теста или успешного выполнения практического задания, отображение прогресса ученика в виде прохождения пути на карте и прочие графические элементы, которые определяют максимально дружелюбный к ребенку интерфейс и мотивируют на дальнейшее изучение языка программирования. Такая система позволяет не только преподнести теоретический материал в достаточном объеме, но и закрепить его изучение при выполнении практических заданий.

Таким образом, при разработке обучающей информационной системы необходимо руководствоваться системой требований к разработке автоматизированного ресурса. Главной целью создания таких ресурсов должно быть стремление сделать процесс обучения ребенка комфортным, заинтересовать и замотивировать его на дальнейшее изучение и совершенствование своих умений в области программирования.

Литература

1. Информатизация общества: [сайт]. – URL: <https://www.sites.google.com/site/efremovajtezuravleva/home/tema-issledovania> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.
2. Swift Playgrounds: [сайт]. – URL: <https://mobile-review.com/news/swift-playgrounds-nauchit-legko-programmirovat-na-ipad#:~:text=Swift%20Playgrounds> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.
3. Учим программирование с помощью приложения от Google: [сайт]. – URL: <https://arduinoplus.ru/grasshopper-ot-google/> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.
4. Приложения, которые научат детей и подростков программировать: [сайт]. – URL: <https://vc.ru/u/852031-shkola-programmirovaniya-piksel/306584-top-10-prilozheniy->

kotorye-nauchat-detey-i-podrostkov-programmirovat (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

5. Виштак, Н. М. Особенности обучения программированию в высшей школе / Н. М. Виштак, И. В. Михеев // Тезисы докладов XV Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2019». – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 132-134.

6. Долгачев, В. А. Использование игровых приложений в дополнительном образовании / В. А. Долгачев, О. В. Виштак // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 237-242.

7. Key aspects of the implementation of an automated system module for assessing the quality of academic software products / O. Vishtak, V. Zemskov, I. Mikheev [et al.] // Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – 2020. – С. 423-429.

8. Михеев, И. В. Анализ функциональных возможностей тестирующего программного комплекса для обучения программированию / И. В. Михеев, Д. В. Кондратов, О. В. Виштак // Сборник научных трудов «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 3-1. – С. 65-69.

9. Miheev, I. V. The system of quantitative characteristics for evaluating the quality of software products / I. V. Miheev, O. V. Vishtak, D. V. Kondratov // Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2018. – № 2. – С. 28.

10. 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.

11. Штырова, И. А. Особенности использования игровых технологий при обучении информатике / И. А. Штырова, О. И. Панина // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Формирование профессиональной направленности личности специалистов – путь к инновационному развитию России». – Пенза, 2019. – С. 157-161.

12. 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.

УДК 004.031.42

Интернет-ресурсы по обучению программированию

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье особое внимание уделяется проблеме усовершенствования методического обеспечения образовательного процесса. Цифровизация современного общества ставит перед разработчиками информационных систем задачу создания нового программного обеспечения для автоматизации организации учебного процесса. На сегодняшний день решение этой проблемы заключается в создании обучающих систем. Статья посвящена рассмотрению принципов создания и поддержания автоматизированных информационных ресурсов. В качестве примеров таких систем рассмотрены нескольких информационных ресурсов, которые активно применяются в качестве обучающих систем в сфере IT-технологий.

Задачи всеобъемлющей информатизации общества в сфере образования на начальных этапах заключались в насыщении учебных заведений компьютерами и другими электронными устройствами, которые направлены на поддержание учебного процесса. В целом эта задача государством практически полностью решена. В современном мире вектор деятельности научной общественности смещен на решение проблемы методического обеспечения образовательного процесса [1]. Развитие методики тесно связано с созданием нового программного обеспечения и нового технического инструментария, используемого как при обучении, так и при управлении учебным процессом.

Тренды становления цифровой экономики и прогнозируемые профессии будущего актуализируют вопрос о возрастании роли и расширении границ применения программирования. Это порождает возрастающий интерес школьников все более раннего возраста к сфере информационных технологий. Именно это стало

первопричиной активного развития сферы дополнительного образования в области IT. На базе высших учебных заведений с каждым годом открывается все больше курсов, направленных на обучение программированию и популяризации мира информационных технологий среди детей. Однако проблема методического обеспечения образовательного процесса все еще остается актуальной. Один из подходов к решению этой проблемы представлен созданием автоматизированных обучающих систем (АОС).

В современном мире рынок обучающих информационных систем с каждым годом расширяется. Стремительный рост парка возможностей персональных ЭВМ определяет наибольшую эффективность их применения в качестве инструмента организации учебного процесса [2, 10]. К числу автоматизированных обучающих систем можно отнести любую АОС, так как подавляющее число задач, таких как отображение информации или анализ правильного ответа, проводится без участия человека.

Наиболее широким функционалом и высокой эффективностью в учебном процессе обладают АОС, в которых реализована возможность обратной связи между учащимися и обучающей системой. Принципы создания такой системы заключаются в предоставлении возможности ребенку не только изучить новый материал, но и проверить степень изученности полученных на текущий момент знаний.

Важнейший признак качественной обучающей системы представлен в обеспечении возможности программы подстраиваться под особенности изучения материала каждым конкретным ребенком. Например, по мере выполнения заданий или прохождения тестов могут учитываться наиболее уязвимые и тяжело усваиваемые учеником места, чтобы в дальнейшем предоставить ему возможность повторно изучить материал и закрепить знания выполнением практических заданий.

Зачастую при проектировании автоматизированной обучающей системы в ее структуру включаются игровые элементы. Игра является важным инструментом обучения у детей школьного возраста. В таких системах информационное воздействие ставится в виде игровой ситуации, на основании которой учащийся может находить верное или неверное решение. На основании сделанного выбора система формирует следующую игровую ситуацию. Упражнения, теоретический материал, тестирование на основе изученного материала – все это сведено в единую обучающую систему, работа с которой ученику представляется в удобном и гибком формате.

Именно гибкость автоматизированных систем является одной из причин их популяризации в качестве инструмента для организации процесса обучения, в

особенности среди школьников, что объясняется включением элементов игры в процесс обучения.

При реализации любой из автоматизированных информационных систем используются вполне определенные алгоритмические подходы, продиктованные методикой проведения учебного занятия. Как правило, любая обучающая система – это набор информации, представленной теоретическим материалом в виде текста, приведенного на слайдах, который в той или иной форме предъявляется ученику [5, 8]. Помимо этого, в состав АОС входят практические задания в виде тестов, в игровом формате или других способах реализации в системе [6-8]. Современные вычислительные технологии обладают широким набором функциональных возможностей и позволяют использовать информацию на слайдах, представленную в виде простого текста, графики, аудио- и видеотрегментов. В настоящее время наиболее оптимальным способом является текстовое и графическое представление информации.

Создание автоматизированных обучающих систем проводится с учетом всех основных принципов программного обучения [3, 9]:

- учет закономерностей и особенностей учебного процесса, известных современной педагогике и психологии;
- реализация требований, диктуемых общей теорией управления – кибернетикой, в виде определенной последовательности;
- сопряжение процесса восприятия учебной информации с ее усвоением и практическим применением;
- организация учебного процесса в таком виде, чтобы каждая индивидуальная особенность обучающегося была учтена.

Рассмотрим наиболее популярные ресурсы в области автоматизированных обучающих систем [4].

JavaRush. Это онлайн-курс обучения программированию на Java. Большая содержательная часть курса – это практика. Внушительное количество практических заданий способствуют изучению не только основ языка программирования Java, но и множества его особенностей и тонкостей. Огромная база практических заданий содержит 1200 задач возрастающей сложности. Выполненные задания мгновенно проверяются. Это иллюстрирует еще одно преимущество онлайн-курсов в сфере дополнительного образования перед очными занятиями – нет необходимости ждать результатов выполнения заданий продолжительное время. После решения задач ученику сразу доступны результаты проверки. Интерес ребенка к обучению

повышается за счет применения новейших обучающих методик: визуализации, мотивации и геймификации. Ребенку гораздо интереснее изучать новые технологии, когда процесс организован в виде игры. Раздел «Игры» содержит большие задачи-проекты, в которых целью пользователя является создание собственной игры последовательно, шаг за шагом. Процесс создания игр на первый взгляд кажется трудоемким и сложным процессом. С JavaRush ребенку однозначно будет интересно создать собственную игру и протестировать ее.

Учи.ру – это интерактивная образовательная онлайн-платформа. База содержит более 150000 заданий в игровой форме. Крайне важно создать такую среду, в которой ребенок не будет отвлекаться на ненужные элементы интерфейса или уставать от неправильно подобранной цветовой схемы. Именно поэтому интерфейс рассматриваемого информационного ресурса разработан профессиональными методистами и специалистами по детскому интерфейсу. Система позволяет подстроиться под особенности обучения каждого ребенка, учитывая скорость и правильность выполнения заданий, количество ошибок и поведение ученика. Индивидуальный подход к каждому ребенку позволит подобрать персональные задания с определенной последовательностью и сложностью. Курсы по программированию рассчитаны на школьников 1 - 7 классов. Таким образом, ученики получают знания в области основ программирования в наиболее удобном для них формате.

Tynker – образовательная платформа с множеством обучающих курсов и игр по HTML, CSS, JavaScript, Python и другим языкам программирования. На платформе расположено около 2000 разнообразных игр, характеризующихся градацией сложности – от решения простых задач ребенок постепенно переходит к изучению дизайна, робототехники и дополненной реальности.

Scratch – популярная игра по программированию для обучения детей в возрасте от 8 до 16 лет. По мере прохождения игры ребенок получит знания в области данных и переменных, освоит базовые понятия в мире программирования, а также изучит алгоритмы. Игра достаточно проста и понятна, что позволяет быстро видеть результаты обучения – дети создают собственные мультфильмы, анимацию и мини-игры. Помимо навыков программирования, ребенок обучается основам дизайна.

CodeMonkey – обучающая игра, главная задача которой – помочь герою-обезьянке достать бананы и взаимодействовать с другими животными. Игра способствует развитию творческих способностей ребенка, а также умению применять знания в области программирования для решения практических задач. Продумывание

тактики для успешного прохождения игры активно развивает логику и критическое мышление.

Таким образом, в процессе организации обучения детей школьного возраста все наибольшую популярность набирают автоматизированные обучающие системы, сочетающие в себе классические методы представления информации, сопряженные с игровыми элементами. АОС учитывает особенности усваивания материала каждым учеником и на основе этих данных подстраивает курс обучения таким образом, чтобы сделать изучение материала комфортным и приятным занятием для каждого ребенка.

Литература

1. Носков, М. В. Эволюция образования в условиях информатизации: монография / М. В. Носков, П. П. Дьячук, Б. С. Добронез. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 212 с.

2. Принципы построения автоматизированных обучающих систем: [сайт]. – URL: <https://prog.bobrodobro.ru/81926> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

3. Принципы разработки автоматизированных обучающих систем: [сайт]. – URL: <https://readings.gmik.ru/lecture/2000-printsipi-razrabotki-avtomatizirovannih-obuchayushih-sistem/> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

4. Программирование для детей: [сайт]. – URL: <https://tproger.ru/articles/programmirovanie-dlja-detej-10-obuchajushhih-prilozhenij/> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

5. Виштак, Н. М. Разработка веб-приложения для изучения языка программирования Python / Н. М. Виштак // Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте». – Кемерово, 2021. – С. 64-67.

6. Виштак, Н. М. Подходы к организации тестового контроля знаний в компьютерных обучающих системах / Н. М. Виштак, Е. И. Мануйлова // 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. 48-50.

7. Долгачев, В. А. Использование игровых приложений в дополнительном образовании / В. А. Долгачев, О. В. Виштак / Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в

технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 237-242.

8. Виштак, Н. М. Особенности обучения программированию в высшей школе / Н. М. Виштак, И. В. Михеев // Тезисы докладов XV Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2019». – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 132-134.

9. Виштак, Н. М. Система дидактических принципов как основа разработки цифровых образовательных ресурсов / Н. М. Виштак // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные образовательные Web-технологии в реализации личностного потенциала обучающихся». – Арзамас, 2020. – С. 259-262.

10. Штырова, И. А. Формирование познавательной активности учащихся в условиях реализации ФГОС посредством цифровых образовательных ресурсов / И. А. Штырова, Е. Г. Куликова // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ, Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 213-216.

УДК 004

Особенности реализации программного интерфейса REST API для маркетплейса услуг

Лукьянов Александр Сергеевич, студент направления
«Информационные системы и технологии»;

Лукьянова Виктория Александровна, студент направления
«Химическая технология»;

Михеев Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры
«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена рассмотрению особенностей реализации программного интерфейса для веб-приложения маркетплейса услуг. Рассмотрены определения и значения API и REST, а также преимущества и недостатки REST API по сравнению с другими программными интерфейсами.

API (Application Programming Interface) – это программный интерфейс прикладного программирования, набор классов, функций, процедур, которые дают возможность внешним сервисам и приложениям получить доступ к данным/функциям. Данная технология является крайне мощной и гибкой, позволяющей достичь максимальной эффективности от своего сайта или приложения [1].

Если описывать API простыми словами, то это программный посредник, который предоставляет возможность двум приложениям взаимодействовать друг с другом. Если брать пример из жизни, то API можно представить как переводчика, позволяющего общаться двум людям на разных языках, они не понимают речи друг друга, но могут взаимодействовать с помощью посредника. Интерфейсы API универсальны, поэтому могут использоваться в любых системах как в вебе, так и в операционных системах и системах баз данных [2].

Разработчик, использующий API, значительно упрощает себе работу и делает ее более эффективной, потому что может множество раз использовать единожды написанный код, редактируя только ту часть, которая имеет отношение к данному процессу. Хороший API упрощает создание программы, так как она строится постепенно, как дом из строительных блоков, данные интерфейсы используют специальные протоколы, чтобы разработчик в короткие сроки мог создать, подключить и интегрировать свое приложение.

Все API взаимодействуют друг с другом посредством определенного набора правил, которые определяют, как компьютеры, приложения или какие-либо другие устройства будут производить эти «общения» между собой. API выступает в роли посредника между какими-то двумя приложениями, модулями или компьютерами, которые хотят взаимодействовать друг с другом для выполнения конкретной задачи [2].

Ярким примером API может послужить наше взаимодействие с приложением любой социальной сети. Когда осуществляется авторизация под своим аккаунтом, мобильное приложение обращается к API для получения учетной записи используемой социальной сети, а также к учетным данным, после чего соцсеть получает доступ к информации со своих серверов и возвращает их на приложение. Такую модель взаимодействия можно изобразить в виде схемы, она представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель взаимодействия приложения с сервером через API

Далее будет рассмотрен тип REST (Representational State Transfer) API, который должен использоваться при разработке серверной части маркетплейса услуг компании. REST API или RESTful применяется для репрезентативного состояния и доставляет данные в формате JSON [2]. Данный способ взаимодействия обладает высокой производительностью, надежностью, а также имеется возможность для масштабирования за счет итерационного использования модульных компонентов, не оказывая при этом влияния на работоспособность системы. Архитектуру REST API можно рассмотреть на рис. 2 [2].

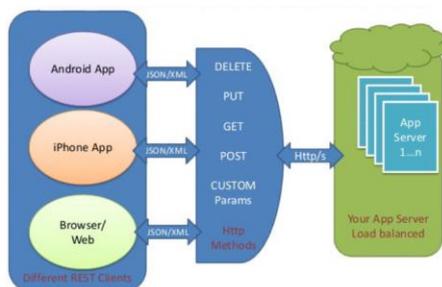


Рис. 2. Архитектура REST API

REST API предоставляет доступ к данным посредством стандартного предопределенного набора операций, этот способ взаимодействия основывается на URL-адресах и протоколе HTTP и базируется на шести архитектурных принципах [3]:

1. Клиент-серверная основа – сторона клиента обрабатывает все внешние процессы, а на стороне сервера обрабатываются все внутренние, причем оба могут быть заменены в любой момент, так как не зависят друг от друга [3].

2. Единый интерфейс – между серверной и клиентской частью устанавливается общий интерфейс, что упрощает архитектуру и позволяет каждой части развиваться самостоятельно [3].

3. Независимость – каждый запрос от клиента к серверу независим и содержит в себе всю необходимую информацию, чтобы сервер мог ее понять и обработать соответствующим образом [3].

4. Кэшируемость – все ответы от сервера клиенту сохраняются в кэш, что способствует исключению лишней обработки и ускоряет взаимодействия серверной и клиентской частью [3].

5. Многоуровневая система – все уровни взаимодействия расположены так, что каждый из них может «видеть» только тот уровень, с которым взаимодействует [3].

6. Код по запросу – функционал на стороне клиента можно расширить за счет загрузки и выполнения кода в виде апплетов и скриптов, что значительно упрощает и

ускоряет работу из-за уменьшения количества функций, которые были предварительно реализованы [3].

Как только будут соблюдаться все вышеперечисленные принципы, создаваемый API уже будет называться REST API, что как раз и нужно для реализации серверной части маркетплейса услуг компании.

Стоит отметить, что существует четыре основных стиля API: SOAP, REST, GraphQL, RPC [5]. Но для реализации серверного модуля маркетплейса услуг компании, как уже упоминалось ранее, будет применяться именно REST.

Рассмотрим более детально каждый из указанных архитектурных стилей API. Начать стоит с самого старшего из всех архитектурных стилей, а именно – с RPC. Данная аббревиатура расшифровывается как Remote Procedure Call, а переводится – «Удалённый вызов процедур». Такая спецификация дает возможность исполнять функцию удаленно и в другом контексте. Принцип работы RPC следующий: на стороне клиента происходит вызов удаленной процедуры, которая переводит все параметры и всю дополнительную информацию в последовательность байтов, после чего формирует все сведения в сообщение и отправляет его на сервер. После получения отправленного сообщения, сервер восстанавливает все параметры и дополнительную информацию из последовательности байт, далее выполняет запрошенную от клиента операцию и высылает результат обратно. RPC обладает следующими преимуществами [5]:

- простота и доступность логики взаимодействия. Удалённый вызов процедур использует метод GET для получения запросов от клиента и метод POST для всех остальных операций. Логика общения между клиентом и сервером состоит в вызове конечной точки и получения ответа;

- легкость добавления функций. RPC позволяет в любой момент добавить новую конечную точку, выполняющую какое-либо требование, для этого необходимо написать функцию и добавить ее на конечную точку. После этого клиент сможет попасть на новую конечную точку, чтобы получить какую-либо необходимую ему информацию;

- высокая производительность. Запросы от клиента не нагружают сервер, все они распределяются по сети, обеспечивая высокую производительность. RPC позволяет оптимизировать сетевой уровень и сделать его достаточно эффективным при каждодневном обмене большого количества информации.

Несмотря на все преимущества, RPC также имеет и недостатки, в основном, выделяют следующие [5]:

- плотность связи с базовой системой. RPC довольно тесно связан с базовой системой, что не позволяет создать достаточный уровень абстракции между функциями в системе и внешним API, что сказывается на безопасности всей системы и создает трудности для дальнейшего масштабирования;

- низкая обнаруживаемость. Remote Procedure Call не имеет способа интерпретации API, что не позволяет понять, какую функцию нужно вызвать на основе отправленного запроса;

- переполнение функциями. Создавать новые функции значительно проще, чем редактировать уже имеющиеся, поэтому в результате получается огромный список из функций, который трудно читать.

Теперь перейдем к рассмотрению архитектуры SOAP. Данная модель расшифровывается как Remote Procedure Call, а переводится – «Простой протокол доступа к объектам». Такой протокол базируется на формате XML [5].

Вся логика SOAP написана на языке веб-служб, который определяет конечные точки и описывает все исполненные процессы, что дает возможность коммуницировать различным IDE и языкам программирования. Простой протокол доступа к объектам позволяет обмениваться сообщениями и при этом отслеживать их состояние, но при таком сценарии вся полученная информация хранится на сервере, что оказывает дополнительную не него нагрузку. SOAP имеет такие преимущества, как [5]:

- независимость от языка программирования и платформы, на которой происходит размещение. SOAP обладает встроенным функционалом, позволяющим обрабатывать все сообщения и посылать ответы, не зависящие от языка и платформы;

- связанность с транспортными протоколами. SOAP является гибким архитектурным стилем с точки зрения протоколов передачи данных, что позволяет адаптировать его к любым сценариям взаимодействия;

- встроенный обработчик ошибок. Данная архитектурная технология позволяет XML-сообщениям возвращать код ошибки с пояснениями в случае ее возникновения.

Но SOAP не идеален и имеет определенный ряд недостатков, а именно [5]:

- использование только XML. Все сообщения SOAP содержат большой объем данных, которые поддерживают только XML-структуры для отправления запросов и получения ответов;

- большой объем занимаемой памяти. XML-файлы имеют большие размеры, поэтому SOAP-сервисы должны обладать большой пропускной способностью;

- наличие узкоспециализированных знаний. Создание серверов на SOAP API является непростой задачей и требует глубокого понимания всех используемых протоколов и соблюдения строгих правил.

Теперь перейдем к анализу GraphQL. Данный архитектурный стиль взаимодействия описывает способ создания максимального точного запроса. GraphQL в основном используется, если задействуется модель данных с большим количеством сложных сущностей, которые ссылаются друг на друга. Работа GraphQL начинается с построения схемы, представляющей собой описание каждого запроса и всех возвращаемых типов данных. Схема крайне сложна в построении, так как требует соблюдения строгой типизации. Такой архитектурный стиль обладает следующими преимуществами [5]:

- типизированная схема. После построения схемы, которая описывает каждый запрос, становится понятно, на что способна система и на какие запросы она способна ответить, что повышает наглядность взаимодействия и упрощает этап тестирования;

- статичность версии. GraphQL использует только единую версию API, которая постоянно развивается, что обеспечивает непрерывный доступ к новым функциям и способствует чистому и удобному в чтении серверному коду;

- подробность сообщений об ошибках. Рассматриваемый архитектурный стиль, как и SOAP, подробно предоставляет информацию по всем возникающим ошибкам, каждое сообщение ссылается на конкретную часть запроса, что позволяет оперативно решать проблему и упрощает отладку.

У GraphQL имеется и несколько недостатков, а именно:

- проблема производительности. Данный архитектурный стиль не подойдет для сложных запросов, так как большое количество вложенных полей увеличивает риск перегрузки всей системы;

- сложность кэширования. Семантика GraphQL не предусматривает использование кэширования, поэтому для его реализации потребуется использование дополнительных инструментов;

- высокие требования к знаниям и умениям разработчика. Схемы GraphQL довольно сложны, а все запросы требуют максимальной четкости и соблюдения строгих правил, поэтому разработчик должен потратить немало времени и хорошо подготовиться для освоения данного архитектурного стиля.

Теперь перейдем к анализу архитектуры REST. Выше уже был рассмотрен принцип работы данного стиля, рассмотрим его основные преимущества и недостатки. Плюсы REST:

- разделение клиента и сервера. Реализация клиентской и серверной части может вестись независимо друг от друга, что обеспечивает максимальную абстракцию, поэтому REST API довольно гибок и позволяет ему плавно развиваться и одновременно оставаться стабильной системой;

- открытость. Вся работы системы описывается связями между клиентом и сервером, поэтому для понимания работы REST API не нужна сторонняя документация;

- возможность кэширования. REST является единственным архитектурным стилем, позволяющим кэшировать данные на уровне HTTP без использования дополнительного инструментария.

Необходимо рассмотреть и недостатки REST [5]:

- отсутствие единой структуры. Не существует правильного способа создания REST, правила моделирования ресурсов зависят от конкретного сценария, что усложняет реализацию на практике;

- большая нагрузка. REST возвращает большое количество метаданных, поэтому данный сервис должен обладать большой пропускной способностью;

- проблема чрезмерности или недостатка данных. В некоторых ситуациях REST-ответы могут содержать излишек данных в ответе или же, наоборот, предоставлять их недостаточное количество, каждый из случаев по-своему вреден.

Для более наглядной разницы между всеми рассмотренными выше архитектурными стилями составлен сравнительный анализ в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика архитектурных стилей

Критерий оценки	RPC	SOAP	REST	GraphQL
Создан на основе	Вызова локальной процедуры	Структуре обернутого сообщения	Соответствия шести архитектурным принципам	Схемах и типах систем
Формат	JSON, XML, Protobuf, Thrift, FlatBuffers	Только XML	XML, JSON, HTML, простой текст	JSON
Сложность освоения	Легко	Трудно	Легко	Средне

Варианты использования	API-интерфейсы, ориентированные на команды и действия; внутренняя высокая производительность в массивных системах	Платежные шлюзы, CRM-решения для управления идентификацией, финансовые и телекоммуникационные услуги, поддержка устаревших систем	Публичные API-интерфейсы, простые приложения по управлению ресурсами	Мобильные API, сложные системы, микросервисы
------------------------	---	---	--	--

На основании проведенного анализа принципов работы каждого архитектурного стиля, данных, представленных в табл. 1, можно сделать вывод о том, что именно REST API наиболее подходит для реализации серверной части маркетплейса услуг компании, т. к. соответствует большему числу необходимых критериев.

Литература

1. Значение API: [сайт]. – URL: <https://sysint.net/api-what-is-it-web-site-integration-with-app/> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.
2. Введение в REST API: [сайт]. – URL: <https://mcs.mail.ru/blog/vvedenie-v-rest-api/> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.
3. Принципы REST API: [сайт]. – URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/rest-api/> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.
4. API как средство интеграции интерфейса: [сайт]. – URL: <https://towardsdatascience.com/what-is-an-api-and-how-does-it-work-1dccd7a8219e/> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.
5. Сравнение архитектурных стилей API: SOAP, REST, GraphQL, RPC: [сайт]. – URL: <https://nuancesprog.ru/p/11310/> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.

Инструменты для создания обучающих игр

Московцев Алексей Анатольевич, 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 представлен обзор инструментария для создания обучающих игр. Рассмотрена характеристика игровых технологий и проанализированы инструменты для создания игр.

Игровые технологии широко используются в организации учебных занятий дополнительного образования [1, 3, 5-7]. Это обусловлено тем, что обучающие игры являются достаточно эффективным средством мотивации, так как при их реализации создается игровая, благоприятная атмосфера. Использование игровых технологий в дополнительном образовании способствует развитию активности, расширению кругозора, формированию навыков практической деятельности. Играя, дети школьного возраста запоминают больше информации, лучше ее усваивают, учатся работать со своим рациональным мышлением и эмоциями.

Однако при использовании игровых технологий чаще всего преподавателю требуется создавать компьютерную игру для соответствующей предметной области, но если он не владеет навыками в области программирования, то в настоящее время ему предоставляется прекрасная возможность использовать готовые инструменты для создания игр [2, 5-8]. То есть для создания своей компьютерной игры, не используя языки программирования, преподаватель может использовать такие среды программирования, как: Unreal Engine, Unity, Scratch. Конечно, некие знания о структуре программы и логике все же пригодятся, но в сети Интернет представлено достаточно много обучающих статей и видеоуроков по созданию игровых компьютерных приложений. Изучив представленные видеоуроки, преподаватель может создать свои игровые приложения, не владея языками программирования, так как приложение-программа выстраивается путем соединения логических блоков.

Вышеописанный способ написания программы присущ таким средам создания игровых приложений, как Unreal Engine и Unity, Scratch. Проведем анализ возможностей сред разработки игровых приложений [7, 8].

Unreal Engine и Unity хоть и имеют возможность выстраивания программы с помощью блоков, они все еще являются профессиональными средами программирования. Unity позволяет создавать приложения, которые могут работать на более чем 25 различных платформах, в том числе персональных компьютерах, игровых консолях, мобильных устройствах и других. Проект в Unity делится на сцены – отдельные файлы, содержащие свои игровые миры со своим набором объектов, настроек и скриптов. Сцены содержат в себе объекты. Объекты, в свою очередь, имеют наборы свойств, с которыми и взаимодействуют скрипты. Также у объектов есть название, может быть метка и слой, на котором он будет отображаться. Таким образом, каждый объект хранит данные о своем размере и положении в пространстве – координаты и угол поворота. Unity поддерживает физику твёрдых тел и ткани, а также физику типа Ragdoll (тряпичная кукла). В редакторе имеется система наследования объектов; дочерние объекты будут повторять все изменения позиции, поворота и масштаба родительского объекта.

Существенное отличие Unity от многих игровых движков в том, что у первого имеется два основных преимущества: наличие визуальной среды разработки и межплатформенная поддержка. Из недостатков – ограничение визуального редактора при работе с многокомпонентными схемами, когда в сложных сценах визуальная работа затрудняется.

Unreal Engine, как и Unity, позволяет создавать игры для большинства операционных систем и платформ, а также для различных портативных устройств. Все элементы игрового движка представлены в виде объектов с разными характеристиками и класса, который определяет характеристики, доступные для объекта. Любой класс считается дочерним классом object и наследует его характеристики. Среди основных классов следует обратить внимание на следующие:

- Актёр (actor) – родительский класс, содержащий все объекты, затрагивающие игровой процесс и имеющие пространственные координаты.
- Пешка (pawn) – физическая модель игрока или объекта, которая управляется искусственным интеллектом. Метод управления описан контроллером. Контроллер искусственного интеллекта описывает лишь общее поведение пешки во время игрового процесса.

- Мир, уровень (world, game level) – объект, характеризующий общие свойства «пространства», например силу тяжести и туман, в котором располагаются все «актёры». Также может содержать в себе параметры игрового процесса, например игровой режим, для которого предназначен уровень.

Из преимуществ Unreal Engine – быстрое создание прототипа игры. В прототипе особенно важно сразу передать атмосферу сцены. Для этой цели Unreal Engine предлагает множество инструментов – от симуляции природных явлений через систему частиц до постпроцессинга.

Scratch же предназначен для создания обучающих, образовательных игр как преподавателями, так и учениками. На официальной веб-странице Scratch можно ознакомиться с подробным разъяснением основ программирования в данной среде.

Первое, с чем знакомится начинающий программист в Scratch, являются спрайты. На этом этапе новичок видит, что в программе может быть множество объектов, поведением которых управляют внешние скрипты. Спрайты получают команды или по требованию передают информацию о своем состоянии, то есть программирование заключается в управлении объектами. Второй особенностью Scratch является то, что каждый спрайт может иметь по несколько скриптов, выполняемых одновременно. Несколько спрайтов также могут выполнять свои программы одновременно друг с другом.

Функции в Scratch позволяют скомпоновать сложные и длинные цепочки команд в один блок. Так, читабельность программы значительно возрастает, и составлять новые команды для спрайтов становится удобнее. Программист должен знать, что возможности языков программирования расширяются библиотеками. Работая в Scratch, можно подключать дополнения, которые приводят к появлению в среде новых команд, что в свою очередь в значительной степени увеличивает возможности составления алгоритмов.

Таким образом, более продвинутые в языках программирования преподаватели центров дополнительного образования имеют возможность воспользоваться средами разработки Unreal Engine или Unity, тогда как преподаватель, не знающий ни одного языка программирования, имеет возможность создать свою игру или же предоставить эту возможность обучающимся, используя среду Scratch или другие игровые конструкторы.

Литература

1. 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.
2. Виштак, Н. М. Программный модуль разработки образовательных веб-квестов / Н. М. Виштак, Н. П. Ходакова // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 1. – С. 14-19.
3. Штырова, И. А. Особенности использования игровых технологий при обучении информатике / И. А. Штырова, О. И. Панина / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Формирование профессиональной направленности личности специалистов – путь к инновационному развитию России». – 2019. – С. 157-161.
4. Виштак, Н. М. Критерии построения компьютерных игровых обучающих систем / Н. М. Виштак, А. А. Зеленев / 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.
5. Ганзенко, А. Игровые технологии в образовательном процессе / А. Ганзенко: [сайт]. – URL: https://spravochnick.ru/pedagogika/igrovyie_tehnologii_v_obrazovatelnom_processe/ (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный.
6. Значение игры в развитии ребенка и зачем необходимо ее поощрять: [сайт]. – URL: <https://www.unicef.org/eca/ru> (дата обращения: 21.03.2022). – Текст: электронный.
7. Технологии игрового обучения: применение и виды: [сайт]. – URL: <https://distant-college.ru/soveti/igrovyie-tehnologii-obucheniya-primenenie-i-vidy> (дата обращения: 22.03.2022). – Текст: электронный.
8. Пасько, Д. Н. Современные игровые движки / Д. Н. Пасько // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 2. – С. 127-130.

Реализация алгоритмов анализа и прогноза в CRM системе

Наранович Оксана Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
«Информационные технологии и физико-математические дисциплины»
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
г. Барановичи, Республика Беларусь

В статье представлена CRM-система, позволяющая проводить анализ продаж и прогнозирование спроса на товары при обслуживании торговых объектов.

Автоматизация давно перестала быть привилегией только крупного бизнеса. IT-технологии развились до такой степени, что разработки стали финансово доступны малым и средним компаниям. Особенно большой интерес наблюдается к CRM-системам (Customer Relationship Management) [1], где информация о покупательском спросе подвергается анализу.

Главные задачи, стоящие перед аналитической CRM-системой, – это упорядочивание множества информационных массивов, обнаружение в них скрытых закономерностей, выработка эффективных стратегических решений в области маркетинга, сервиса, продаж [2].

Некоторые аналитические CRM-системы обладают инструментами Data Mining. Data Mining – интеллектуальный анализ данных, используемый для обработки больших массивов данных с помощью статистических и математических методов для поиска скрытых закономерностей и взаимосвязей, помогающих принимать оптимальные решения в бизнесе.

Как правило, процесс извлечения данных состоит из семи этапов: очистка данных; интеграция данных; выборка данных; преобразование данных; интеллектуальный анализ данных; оценка модели; представление знаний.

Цель данного исследования состоит в разработке аналитической CRM-системы. Программный продукт должен существенно облегчить работу сотрудников предприятия, ответственных за заказ товара на торговых объектах. CRM-система разрабатывалась для предприятия, имеющего несколько торговых объектов, реализующих наручные часы.

Информацию о количестве и стоимости наручных часов, о заказах, магазинах и пользователях будем хранить в базе данных. Пользователями CRM-системы являются менеджеры торговых объектов предприятия. С её помощью менеджеры смогут делать

заказы для пополнения склада торгового объекта, просматривать историю заказов и каталог товаров, а также аналитические данные о реализации. Ещё одной функцией проекта является аналитика предзаказа, то есть CRM-система будет просчитывать, сколько единиц определенного товара необходимо торговому объекту на следующий месяц. Также в системе предусмотрен пользователь-администратор, который может редактировать записи и регистрировать новых пользователей.

Для решения поставленной задачи был выбран ABC-анализ (ABC-analysis) – метод, позволяющий определить наиболее значимые ресурсы компании с точки зрения валовых продаж и валовой прибыли. Цель ABC анализа – простое, удобное и наглядное ранжирование любых ресурсов с точки зрения их вклада в прибыль или продажи. Благодаря такому ранжированию можно правильно расставить приоритеты деятельности, сфокусировать использование ограниченных ресурсов компании (трудовые, временные, инвестиции и т. д.), выявить излишнее использование ресурсов и предпринять своевременные корректирующие меры [3].

Метод строится по принципу классификации анализируемых ресурсов на три группы: А, В и С. А-группа обеспечивает 80 % продаж/прибыли; В-группа обеспечивает 15 % продаж/прибыли; С-группа обеспечивает 5 % продаж/прибыли.

XYZ анализ (XYZ-analysis) – это метод классификации ресурсов компании по трем группам на основе их изменчивости (устойчивости) к внешним факторам. Объектами применения XYZ-анализа могут выступать различные экономические показатели компании: объем продаж, выручка, материальные затраты, количество поставщиков и т. д. Одним из самых распространенных направлений применения данного метода является определение товаров, которые имеют устойчивый спрос (объемы продаж), сезонный и случайный. Это позволяет произвести оптимизацию складских запасов и высвободить дополнительные ресурсы [4].

Необходимо сортировать и группировать товары по характеру спроса: насколько он стабилен и насколько точно его можно спрогнозировать. Определить это помогает коэффициент вариации продаж, который рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{x^*} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x^*)^2}{n}}}{x^*} * 100\% ,$$

(1)

где σ – стандартное отклонение объёма продаж; x_i – объём продаж в i -й период; n – количество рассматриваемых периодов продаж товаров; x^* – среднеарифметическое



Рис. 2. График линии тренда

На рис. 3 представлена диаграмма продаж по фирмам, которая демонстрирует, сколько пар часов каждой фирмы было продано за последний месяц.

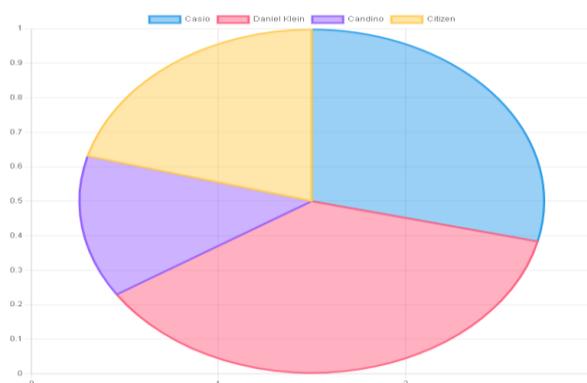


Рис. 3. Диаграмма продаж по фирмам

Диаграмма ABC-анализа показывает группы продаваемых часов в соответствии с доходом, который они приносят, группа А – 80 % дохода, группа В – 15 % дохода (от 80 % до 95 %) и группа С – последние 5 % дохода.

Диаграмма XYZ-анализа также находится на странице «Статистика». Она показывает три группы, на которые разделены часы. В группе X находятся товары с коэффициентом вариации 0 - 10 %, в группе Y – 10 - 25 % и в группе Z – от 25 %, данные коэффициенты показывают стабильность спроса.

Основное применение приложения – автоматизация работы и анализ продаж при обслуживании торговых объектов. С помощью данного приложения можно добавлять, изменять, искать и удалять информацию в БД, отправляя запросы СУБД, а также проводить анализ данной информации с помощью методов: ABC, XYZ и парной линейной регрессии и производить прогноз реализации товаров на следующий месяц.

Разработанное приложение позволяет значительно снизить временные и материальные затраты на анализ продаж и прогнозирование спроса на товары при обслуживании торговых объектов.

Литература

1. CRM-система: [сайт]. – URL: <https://megaplan.ru/news/articles/chto-takoe-crm-sistema/> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.
2. CRM-SYSTEMS.INFO. Аналитическая CRM-система: [сайт]. – URL: <https://crm-systems.info/analiticheskaya-crm-sistema> (дата обращения: 17.04.2022).
3. ABC-анализ: [сайт]. – URL: <http://powerbranding.ru/biznes-analiz/abc-method> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст: электронный.
4. XYZ анализ продаж: [сайт]. – URL: <https://finzz.ru/xyz-analiz-prodazh-primer-v-excel.html> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.
5. ABC и XYZ анализ продаж: [сайт]. – URL: <https://yagla.ru/blog/analitika/abc-i-xyz-analiz-prodazh> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

УДК 004.4

Обзор машинных методов обучения

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

Денисов Иван Владимирович, студент направления
«Информационные системы и технологии»

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

В статье представлен обзор разных методов машинного обучения. Рассматривается сущность машинного обучения. Также рассматривается, как могут применяться технологии машинного обучения в современном мире и чего с помощью них можно достичь в разных сферах человеческой деятельности, в том числе и в образовании.

Производное от искусственного интеллекта, машинное обучение – это метод анализа данных, который автоматизирует аналитическую деятельность, предоставляя компьютерам возможность учиться, определять закономерности и принимать решения самостоятельно. Преимущество машинного обучения заключается в использовании различных алгоритмов для построения моделей, которые помогают выявлять связи, шаблоны, тенденции и идеи, что позволяет принимать наиболее эффективные решения [1-3, 6].

Компания IBM внесла немалый вклад в историю машинного обучения. Так, ввод в обиход термина «машинное обучение» приписывают одному из сотрудников компании, Артуру Самюэлю. Машинное обучение является важным компонентом науки о данных, которая сейчас развивается стремительными темпами. С помощью статистических методов алгоритмы обучаются классифицировать данные, строить прогнозы и выделять важные моменты в ходе проектов по сбору и анализу данных. От этих выкладок зависит дальнейшее принятие решений в отношении приложений и предприятий, а в идеале они должны положительно сказаться на основных показателях роста.

Целью машинного обучения является частичная или полная автоматизация решения сложных профессиональных задач в самых разных областях человеческой деятельности. Машинное обучение имеет широкий спектр приложений [3-7]:

- распознавание речи;
- распознавание жестов;
- распознавание рукописного ввода;
- распознавание образов;
- обнаружение мошенничества;
- обнаружение спама.

Сфера применений машинного обучения постоянно расширяется. Повсеместная информатизация приводит к накоплению огромных объёмов данных в науке, производстве, бизнесе, транспорте, здравоохранении. Возникающие при этом задачи прогнозирования, управления и принятия решений часто сводятся к обучению по прецедентам. Раньше, когда таких данных не было, эти задачи либо вообще не ставились либо решались совершенно другими методами.

В самом общем случае различают два типа машинного обучения: обучение по прецедентам, или индуктивное обучение, и дедуктивное обучение. Поскольку последнее принято относить к области экспертных систем, то термины «машинное обучение» и «обучение по прецедентам» можно считать синонимами. Обучение по прецедентам подразделяют на три основных типа: контролируемое обучение, или обучение с учителем (supervised learning); неконтролируемое обучение (unsupervised learning), или обучение без учителя, и обучение с подкреплением (reinforcement learning).

Помимо названных, разрабатываются и другие методы обучения: активное, многозадачное, многовариантное, трансферное и т. д. Особенно успешно развивается в

последние годы «глубокое обучение», при использовании которого могут успешно сочетаться алгоритмы обучения с учителем и без учителя.

Контролируемое обучение применяется в случаях, когда имеются большие объемы данных, допустим, тысячи фотографий домашних животных с маркерами (метками, ярлыками): это кошка, а это собака. Необходимо создать алгоритм, с помощью которого машина могла бы по фотографии, которую «не видела» раньше, определить, кто на ней изображен: кошка или собака. В роли «учителя» в данном случае выступает человек, заранее проставивший маркеры. Машина сама выбирает признаки, по которым она отличает кошек от собак. Поэтому в дальнейшем найденный ею алгоритм может быть быстро перенастроен на решение другой задачи, например, на распознавание кур и уток. Машина опять-таки сама выполнит сложную и кропотливую работу по выделению признаков, по которым будет различать этих птиц. А нейросеть, которую обучили распознавать кошек, можно быстро научить обрабатывать результаты компьютерной томографии. Неконтролируемое обучение применяется в тех областях, в которых маркированных, размеченных данных накопилось уже довольно много, но данных без маркеров (меток) все же гораздо больше. Это изображения без подписей, аудиозаписи без комментариев, тексты без аннотаций. Задача машины при неконтролируемом обучении – найти связи между отдельными данными, выявить закономерности, подобрать шаблоны, упорядочить данные или описать их структуру, выполнить классификацию данных. Неконтролируемое обучение используется, например, в рекомендательных системах, когда в интернет-магазине на основе анализа предыдущих покупок покупателю предлагаются товары, которые могут заинтересовать его с большей вероятностью, чем другие. Или когда после просмотра какого-то видеоклипа на портале YouTube посетителю предлагают десятки ссылок на ролики, чем-то похожие на просмотренный. Или когда Google в ответ на один и тот же запрос ранжирует ссылки в результатах поиска для одного пользователя иначе, чем для другого, поскольку учитывает историю поисков.

При обучении с подкреплением машине позволяют взаимодействовать с окружением (например, сбрасывать бракованную продукцию с конвейера в корзину) и «вознаграждают», когда она правильно выполняет задание. Автоматизировав подсчет вознаграждений, можно дать возможность машине обучаться самостоятельно. Одно из применений обучения с подкреплением – сортировка товаров в розничных магазинах. Некоторые продавцы экспериментируют с роботизированными системами сортировки предметов одежды, обуви и аксессуаров. Роботы, используя обучение с подкреплением и глубинное обучение, определяют, насколько сильно нужно сдвинуть предмет при

хватании и какой хват будет наилучшим. Разновидность этого способа, глубинное обучение с подкреплением, хорошо подходит для автономного принятия решений в случаях, когда возможностей обучения с учителем и без него недостаточно.

Для машинного обучения используют различные технологии и алгоритмы. Но в конце XX века все больше внимания начали уделять искусственным нейронным сетям. Нейронная сеть представляет из себя совокупность нейронов, соединенных друг с другом определенным образом. Нейрон представляет из себя элемент, который вычисляет выходной сигнал (по определенному правилу) из совокупности входных сигналов. То есть основная последовательность действий одного нейрона такая:

- прием сигналов от предыдущих элементов сети;
- комбинирование входных сигналов;
- вычисление выходного сигнала;
- передача выходного сигнала следующим элементам нейронной сети.

Между собой нейроны могут быть соединены абсолютно по-разному, это определяется структурой конкретной сети. Но суть работы нейронной сети остается всегда одной и той же. По совокупности поступающих на вход сети сигналов на выходе формируется выходной сигнал (или несколько выходных сигналов). То есть нейронную сеть упрощенно можно представить в виде черного ящика, у которого есть входы и выходы. А внутри этого ящика находится огромное количество нейронов.

Интеллектуальные нейронные сети (ИНС) представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой искусственных нейронов, выполненных на основе сравнительно простых процессоров. Каждый процессор ИНС периодически получает сигналы от одних процессоров (или от сенсоров, или от других источников сигналов) и периодически посылает сигналы другим процессорам. Все вместе эти простые процессоры, соединенные в сеть, способны решать довольно сложные задачи.

Глубокое (глубинное) обучение может быть применено лишь по отношению к более сложным ИНС, содержащим несколько скрытых уровней. При этом уровни нейронов могут перемежаться слоями, которые выполняют сложные логические преобразования. Каждый последующий уровень сети ищет взаимосвязи в предыдущем. Такая ИНС способна находить не только простые взаимосвязи, но и взаимосвязи между взаимосвязями. Именно благодаря переходу на нейросеть с глубинным обучением компании Google удалось резко повысить качество работы своего популярного продукта «Переводчик». В частности, качество перевода между английским и

французским языками повысилось сразу на 7 баллов, т. е. более чем на 20 %. Предыдущая система, выполнявшая фразовый статистический машинный перевод, добилась подобного улучшения за все время своего существования (с 2006 г.).

Таким образом, машинное обучение является одной из технологий искусственного интеллекта, использует методы распознавание речи, жестов, рукописного ввода, образов. Эти преимущества позволят ускорить и автоматизировать процесс обучения и передачу знаний, позволят обрабатывать большие потоки данных, систематизировать их и извлекать из них полезные сведения.

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. – Т. I. – С. 224-228.
2. Рябенков, Р. А. Глубокое обучение / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 229-233.
3. Что такое машинное обучение? [сайт]. – URL: <https://www.ibm.com/ru-ru/cloud/learn/machine-learning> (дата обращения: 20.03.2022). – Текст: электронный.
4. Машинное обучение: [сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Машинное_обучение (дата обращения: 18.03.2022). – Текст: электронный.
5. Методы машинного обучения: [сайт]. – URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/machine-learning> (дата обращения: 23.03.2022). – Текст: электронный.
6. Нейронные сети: [сайт]. – URL: https://kpfu.ru/staff_files/F1493580427/NejronGafGal.pdf (дата обращения: 25.03.2022). – Текст: электронный.
7. Машинное обучение: методы и способы: [сайт]. – URL: <https://www.osp.ru/cio/2018/05/13054535> (дата обращения: 21.03.2022). – Текст: электронный.

**Организация проектной деятельности обучающихся
в условиях цифровизации образования**

¹Панина Ольга Ивановна, преподаватель;

²Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

¹Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Саратовской области «Балаковский промышленно-транспортный техникум
им. Н.В. Грибанова», г. Балаково;

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

Реализация проектной деятельности становится необходимым компонентом современного образовательного процесса. Использование информационных технологий позволяет внедрять новые виды проектов, расширяет возможности организации проектной деятельности при смешанном обучении.

В соответствии с Государственной программой РФ «Развитие образования» на 2018 - 2025 гг. основной целью для системы образования является повышение качества и доступности образования всех видов и уровней. Для этого необходимо обновление содержания образования и создание современной инфраструктуры, включающей цифровую образовательную среду. Цифровизация образования предполагает внедрение в образовательный процесс самых современных технологий [1]. В данных условиях наиболее перспективной становится организация проектной деятельности обучающихся, которая позволяет развить у обучающихся познавательные навыки, критическое мышление, умение самостоятельно конструировать свои знания, решить поставленную проблему [2, 3].

Образовательный проект – это комплексная деятельность, направленная на достижение в установленные сроки определенной образовательной цели и уникального результата. Задачами проектной деятельности являются [4]:

- развитие навыков самостоятельного обучения;
- повышение заинтересованности обучающихся в изучении профессиональных дисциплин;
- применение теоретических знаний при решении практических задач;
- развитие коммуникативных навыков в условиях групповой работы;

– развитие исследовательских навыков, системного мышления обучающихся и лидерства;

– вовлечение работодателей, профессиональных сообществ в образовательный процесс.

По виду учебной деятельности выделяют следующие типы проектов:

– экспертно-аналитический – сбор, анализ информации по теме, составление прогноза, выявление трендов, проведение социологического исследования и т. д.;

– научно-исследовательский проект представляет собой работу научного характера, связанную с научным поиском, проведением исследований, экспериментов и оформлением результатов в виде аналитической записки, статьи, разработки и т. д.;

– прикладной проект предполагает достижение поставленных задач в виде разработанной и обоснованной концепции, создание конкретного продукта;

– организационный проект заключается в привлечении к планированию, организации, проведению мероприятий.

В условиях смешанного обучения одной из моделей организации учебной деятельности является смешанный проект, который предполагает чередование в той или иной последовательности различных этапов учебного, учебно-производственного или учебного исследования, реализуемого обучающимися в рамках образовательного процесса.

Для организации проектной деятельности могут быть использованы следующие цифровые инструменты:

– сервисы для получения планирования работы и получения обратной связи;

– облачные документы и таблицы для совместной работы;

– совместные доски;

– ментальные карты;

– планировщики задач.

Trello – один из самых популярных сервисов для управления проектами в режиме онлайн. Он позволяет эффективно организовывать работу по японской методологии канбан-досок. Структура Trello состоит из досок, которые разделены на списки с карточками (рис. 1). Карточки включают в себя систематизированные задачи, которые могут быть разделены, например, на запланированные, текущие и выполненные. Каждая из карточек может не только содержать простое описание задачи, но и включать списки, чек-листы, вложения, сроки исполнения, метки, ссылки на ответственных лиц и так далее.

Преимуществами сервиса Trello являются:

- простой интерфейс;
- почти неограниченный бесплатный доступ;
- наличие мобильной версии;
- удобство в работе и возможность интеграции с другими популярными инструментами для онлайн-работы.

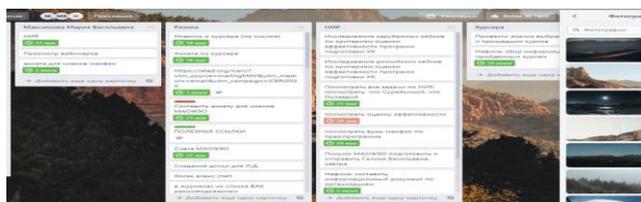


Рис. 1. Управление проектами с помощью сервиса Trello

В последнее время активно в проектной деятельности используются веб-квесты, позволяющие организовать процесс обучения таким образом, что обучающийся самостоятельно работает с учебной информацией и формирует новые знания. Веб-квесты могут охватывать как отдельную проблему, так и отдельную тему или учебный предмет в целом [5, 6].

В настоящее время существует множество инструментов для создания веб-квестов, например приложение SurprizeMe, платформа для создания и прохождения квестов Quester, бесплатный сервис для создания мультимедийных гидов и квестов izi.TRAVEL.

Наиболее популярным сервисом для организации веб-квестов является Learnis.ru, который позволяет создавать квесты подвида жанра «выход из комнаты» (рис. 2). В таких квестах перед игроками ставится задача выбраться из комнаты, используя различные предметы, находя подсказки и решая логические задачи. Для создания образовательного веб-квеста подсказками могут быть ответы на задачи, которые необходимо решить для продвижения по сюжету веб-квеста. Таким образом, педагог, добавляя содержание своей дисциплины, делает веб-квест образовательным и увлекательным.



Рис. 2. Создание веб-квеста в Learnis

На платформе Learnis каждая квест-комната обладает уникальными игровыми механиками и позволяет встраивать различное количество заданий. Преподаватель может загружать задания в формате графических файлов (изображений).

Возможна загрузка нескольких вариантов заданий и ответов. Веб-квест можно проходить многократно. Если вариантов заданий было несколько, то они будут формироваться случайным образом.

Преимуществами платформы Learnis являются русскоязычный интерфейс, интуитивно понятная работа на сервисе. Платформа Learnis работает на всех интерактивных досках.

Цифровизация образования позволяет организовать проектную деятельность обучающихся с использованием современных информационных сервисов, что делает возможным реализацию образовательных проектов при смешанном обучении, повышает эффективность образовательного процесса за счет развития мотивации обучающихся на применение имеющихся знаний и умений в практической деятельности.

Литература

1. Зенков, А. Р. Цифровизация образования: направления, возможности, риски / А. Р. Зенков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: проблемы высшего образования. – 2020. – № 1. – С. 52-55.

2. Дауленбаева, Т. Инновационные технологии как фактор активизации познавательной деятельности обучающихся / Т. Дауленбаева, Н. П. Ходакова, Н. М. Виштак // Сборник статей «Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 77-78.

3. Виштак, Н. М. Использование метода проектов в организации научно-исследовательской работы студентов технических вузов / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. Н. Грицюк // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. – С. 290.

4. Куликова, Е. Г. Индивидуализация образования через проектную деятельность с использованием информационных технологий / Е. Г. Куликова, И. А. Штырова // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 201-204.

5. Виштак, О. В. Использование метода проектов при создании web-квестов по информатике / О. В. Виштак // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные образовательные Web-технологии в системе школьной и профессиональной подготовки». – Арзамас, 2017. – С. 151-155.

6. Виноградов, А. А. Веб-квесты как мотивационная составляющая изучения ИТ-технологий / А. А. Виноградов, Н. М. Виштак // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Web-технологии в реализации удалённого формата образования». – Арзамас, 2021. – С. 220-222.

УДК 004.4

**Разработка информационной системы онлайн-заявок
для организации общественного питания**

Панкратов Алексей Алексеевич, студент направления
«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В данной статье приводится описание объектно-ориентированной модели информационной системы онлайн-заявок для организации общественного питания, разрабатываемой с целью повышения эффективности организации питания в образовательном учреждении.

Общественное питание – это одна из отраслей народного хозяйства, представляющая собой совокупность предприятий, которые занимаются тем, что производят, реализуют и организуют потребление продукции кулинарного типа. Информационные технологии, используемые в данном виде деятельности в настоящее время, можно классифицировать по ряду признаков, в частности по способу реализации в информационной системе, степени охвата задач управления, классам реализуемых технологических операций, типу пользовательского интерфейса, вариантам использования сети ЭВМ, обслуживаемой предметной области.

В организациях общественного питания задача автоматизации процесса взаимодействия с клиентами является одним из важнейших направлений повышения

качества обслуживания, так как процветание компании и её успешная деятельность на рынке зависит от понимания запросов потенциальных клиентов и качества оказываемых услуг. Это также важно и для некоммерческих организаций, например образовательных учреждений, где правильная организация детского питания необходима для эффективного процесса обучения.

В настоящий момент на рынке существуют множество программных продуктов, предназначенных для автоматизации общественного питания и его бизнес-процессов, однако данные информационные системы не предоставляют возможности осуществления онлайн-заявок. Поэтому для образовательных учреждений актуальной является разработка информационной системы «RelyFood», которая позволит ученикам и их родителям заранее планировать график питания учащегося и оставлять заявки на выбранные блюда, а также упростить работу столовой и её сотрудников и сделать её более эффективной. Предполагается, что использовать данную информационную систему будут ученики образовательных учреждений и их родители, сотрудники столовой и администратор. Основным требованием, предъявляемым к разрабатываемой информационной системе, является возможность использования на различных устройствах, в том числе мобильных, и в различных браузерах [1].

Важным этапом разработки информационной системы онлайн-заявок, позволяющим описать как концепцию, так и особенности реализации разрабатываемой системы, является проектирование [2].

На этапе проектирования разрабатываемой информационной системы онлайн-заявок для организации общественного питания был использован объектно-ориентированный подход. Объектно-ориентированное моделирование представляет собой современную технологию компьютерного моделирования, которая широко используется в научных исследованиях, проектировании технических систем и анализе бизнес-процессов. Оно позволяет создавать надежные компьютерные модели быстрее и с использованием меньшего количества ресурсов [3].

Для демонстрации структуры информационной системы с точки зрения объектно-ориентированного подхода было разработано несколько UML-диаграмм.

Диаграмма последовательности представляет собой UML-диаграмму, на которой для некоторого набора объектов на единой временной оси показан жизненный цикл объекта и взаимодействие актеров (действующих лиц) информационной системы в рамках прецедента.

Диаграмма последовательности для процесса подсчёта количества ингредиентов показана на рис. 1.

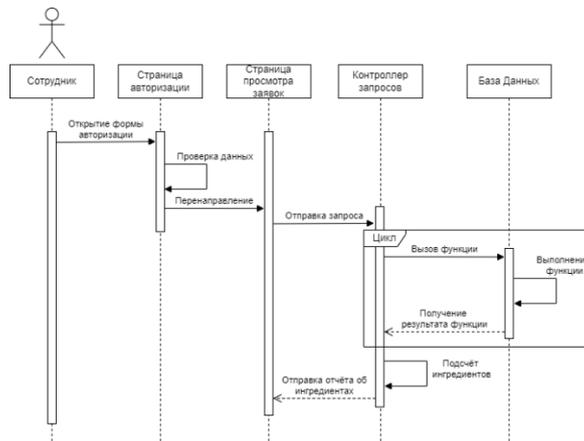


Рис. 1. Диаграмма последовательности для процесса подсчёта количества ингредиентов

Диаграмма классов – это структурная диаграмма языка моделирования UML, которая демонстрирует общую структуру иерархии классов системы, их коопераций, атрибутов (полей), методов, интерфейсов и взаимосвязей между ними.

Целью создания диаграммы классов является графическое представление статической структуры декларативных элементов системы (классов, типов). Она содержит в себе также некоторые элементы поведения (например, операции), однако их динамика должна быть отражена на диаграммах других видов (диаграммах коммуникации, диаграммах состояний) [4].

Для разрабатываемой информационной системы были выделены следующие классы: администратор, ученик, сотрудник, аутентификация, заявка, блюдо, ингредиент. Выделенные классы с атрибутами и операциями, а также отношения между классами представлены на рис. 2.

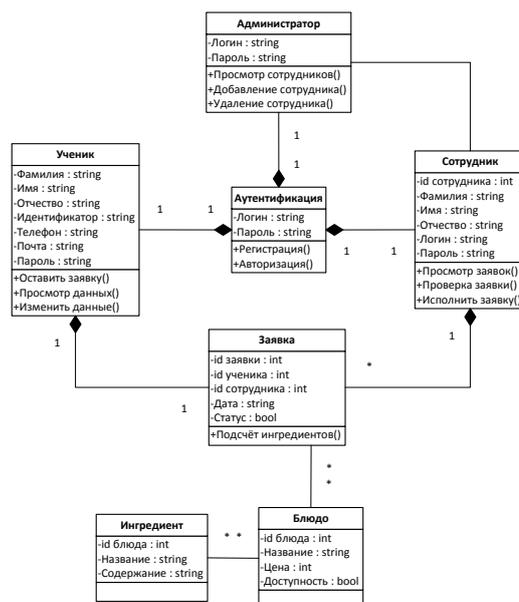


Рис. 2. Диаграмма классов

Диаграмма компонентов показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи (зависимости) между компонентами и помогает определить структуру проектируемой системы. В качестве физических компонентов диаграммы могут выступать файлы, библиотеки, модули, исполняемые файлы и пакеты.

В спроектированной диаграмме компонентов демонстрируется связь базы данных и интерфейсов для каждого из вида пользователей, а также различие между интерфейсами для каждого типа пользователя. На диаграмме показано, что каждый из этих интерфейсов доступен только после успешной авторизации в системе.

Разработанная диаграмма компонентов представлена на рис. 3.

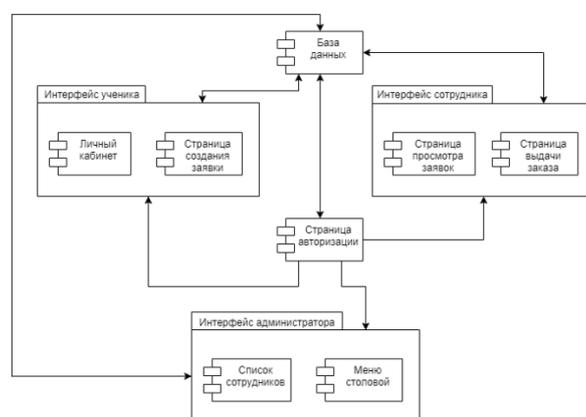


Рис. 3. Диаграмма компонентов

Таким образом, разработка информационной системы в виде веб-ресурса позволит реализовать возможность для пользователей оставлять заявки на питание с выбором блюд, а для сотрудников столовой – просматривать заявки на сегодняшний день и рассчитывать количество ингредиентов для их приготовления, что позволит обеспечить индивидуальный подход к организации питания школьников и повысить эффективность работы столовой.

Литература

1. Затулин, А. Г. Требования к разработке информационных ресурсов центров дополнительного образования / А. Г. Затулин, Н. М. Виштак // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 169-173.

2. Федяшина, О. И. К вопросу проектирования программного модуля поддержки деятельности организации / О. И. Федяшина, Г. В. Очкур // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути

развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 254-260.

3. Виштак, О. В. Использование объектно-ориентированного подхода к проектированию образовательного web-квеста / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Современные образовательные Web-технологии в реализации личностного потенциала обучающихся». – Арзамас, 2020. – С. 241-245.

4. Виштак, О. В. Моделирование информационной системы расчета монолитных строительных конструкций / О. В. Виштак, И. А. Штырова, Я. А. Глебова // Сборник статей VII Международной научно-практической конференции «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций». – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – С. 41-44.

УДК 004.4

Структурные особенности веб-ресурса интернет-торговли

Паршин Михаил Александрович, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В данной статье приведены преимущества и новые возможности интернет-торговли. Рассматривается понятие веб-сайта, структура веб-сайта, средства и методы, используемые для его разработки. В качестве основных характеристик сайтов коммерческих компаний выделены информация, привлекательность, простота навигации, дополнительные возможности, обратная связь.

Современное понимание информационной системы предполагает использование в качестве основного технического средства переработки информации персонального компьютера. Кроме того, техническое воплощение информационной системы само по себе ничего не будет значить, если не учтена роль человека, для которого предназначена производимая информация и без которого невозможно ее получение и представление [1, 6-9]. В данных условиях Интернет-технологии являются мощным

толчком для развития и формирования экономики в целом и в частности цифровой. Теперь как частные лица, так и компании во всем мире связаны друг с другом по электронным каналам, и это приводит к изменению принципов ведения бизнеса, к изменению основных характеристик делового бизнеса:

1. Обработка и обмен информацией стали более мощным и эффективным средством ведения бизнеса, чем перемещение физических товаров. Стоимость компаний все в большей степени определяется не ее материальными активами (здания, оборудование), а такими нематериальными активами, как люди, идеи, технологии, и стратегией объединения и использования главных информационных ресурсов компании.

2. Расстояния исчезают. Любой человек может мгновенно связаться со своим клиентом в любой точке планеты. Теперь весь мир становится потенциальным клиентом. Перед бизнесом открываются огромные возможности.

3. Связь через интернет проста, и информация о новом продукте распространяется мгновенно.

4. Теперь для сравнения цен на товары и услуги достаточно зайти в интернет и, не выходя из дома, получить необходимую информацию и подобрать наиболее привлекательное предложение.

5. Информационная составляющая товара или услуги становится все большей частью их стоимости, а информацию легче персонифицировать, чем товар. Поэтому для производителей становится проще персонифицировать товар так, чтобы он наиболее полно удовлетворял потребностям конкретного клиента.

Мировая экономика и её главные тенденции напрямую связаны с сегодняшним формированием Интернет-торговли [4]. Эта тенденция обусловлена рядом факторов:

- обеспечивается расширенное воспроизводство на новой материальной основе;
- предоставляется доступ к информации и знаниям, которые трансформируются в товарные формы, в условиях развития электронной коммерции происходит формирование финансовой экономики;
- максимизация прибыли происходит без какого-либо производства, т. е. повышается значимость финансового капитала.

Все вышеупомянутое характеризует тот факт, что происходит преобразование экономических отношений в новейшем постиндустриальном уровне. В наше время Интернет-торговля набирает огромную популярность. Эта сфера экономики включает в себя финансовые и торговые транзакции, осуществляемые в свою очередь при помощи компьютерных сетей, и бизнес-процессы, связанные с проведением таких транзакций.

Интернет стал важным компонентом для ведения успешного бизнеса, у каких-либо организаций или компаний также это мощный инструмент для исследования, развития торговли и ведения бизнеса; при дистанционном воздействии на аудиторию нет никаких территориальных ограничений.

Одним из основных результатов проектов создания интернет-ресурсов является веб-сайт. Требования и критерии оценки сайта определяются на фазе разработки концепции проекта и используются на фазе завершения проекта для оценки результата проектной деятельности. Актуальные веб-сайты должны соответствовать следующим принципам разработки [6]:

1. Восприятие. При первом посещении сайта происходит время выбора. Если пользователю не понравилась веб-страница, то он закроет вкладку и будет искать информацию в другом месте. Критерии восприятия: понимание и доверие. Под пониманием подразумевается главная страница сайта: дискрипт, который наглядно показывает, о чем данный сайт и какие услуги он предлагает. Если сайт понятен, то возникает второй критерий – доверие. Доверие – это визуальная часть сайта – дизайн. Если сравнивать две разных веб-страницы с одним критерием понимания, но у первого веб-страница была создана в 2015 году и больше не обновлялась, а у второго дизайн соответствует трендам 2022 года, то пользователь будет доверять больше второй странице. То есть нельзя говорить о высоком качестве предоставляемых услуг, если веб-сайт не обновлялся уже очень продолжительное время. Это говорит и о компании в целом.

Содержимое сайта и компоненты пользовательского интерфейса должны быть представлены таким образом, чтобы пользователь мог различить и воспринять предоставляемую информацию. Этому уделяется должное внимание, так как для человека 90 % информации, поступающей в мозг – это визуальная информация. Такую информацию человек воспринимает намного быстрее, чем текст [2].

Композиция блоков на сайте должна быть построена по принципу, где изображения и текст должны располагаться ближе; если элементы не связаны между собой, то и отступы должны быть больше. Лучшее восприятие текста можно получить путём наличия заголовков и деления текста на абзацы. Декоративным шрифтом можно оформлять большие заголовки, а для обычного текста лучше использовать стандартный. Шрифт должен быть достаточно крупный, чтобы его можно было читать без напряжения пользователям разных возрастов [3].

2. Функциональность. Компоненты пользовательского интерфейса и навигация сайта должны функционировать так, чтобы технические и программные особенности сайта не вызывали у пользователя затруднений при работе.

3. Доступность. Необходимо гарантировать ясность и простоту предоставляемой информации, а также четкие и логичные навигационные механизмы.

4. Надежность (устойчивость к ошибкам): требование включает необходимость корректной функциональной совместимости сайта с различными видами технологий и программного обеспечения.

На основе данных принципов определена система требований для информационного ресурса интернет-торговли:

- соответствие сайта целям и задачам организации;
- доступность сайта – легкое и гарантированное нахождение сайта заинтересованным пользователем сети Интернет;
- информационное наполнение сайта – краткость и информативность содержания страниц, актуальность информации, строгое форматирование текста;
- структура информации и навигации на сайте – включает в себя в том числе понятие карты сайта – полного каталога всех разделов сайта с кратким описанием каждого раздела;
- оформление сайта (дизайн) – визуальное оформление сайта, которое должно соответствовать фирменному стилю организации, используемому при изготовлении полиграфической продукции, наружной рекламы;
- функциональность сайта определяется качеством программного кода, уместностью использования технологий и независимостью работы сайта от программной платформы посетителя сайта;
- интерактивность сайта (диалоговые возможности) характеризует степень взаимодействия с пользователем.

Также стоит выбрать подходящий адрес сайта, по которому его легко будет найти в интернете. Все символы, входящие в адрес и отделенные друг от друга точкой, образуют доменное имя сайта [5].

Как технологические требования информационного ресурса интернет-торговли выделим следующие [7]:

- дизайн сайта фиксированный, разрешение 1024 пикселя по горизонтали;
- сайт должен быть кроссбраузерным (корректное отображение в браузерах Internet Explorer, Opera , Mozilla Firefox, Google Chrome);

- обязательная визуальная поддержка действий пользователя – «интерактив» (визуальное отображение активных, пассивных ссылок; четкое обозначение местонахождения пользователя);

- мета-теги, тайтлы и заголовки страниц и текстов сайта на этапе изготовления настроены для поисковых систем, чтобы обеспечить продвижение сайта по ключевым словам в поисковых системах Yandex, Google;

- ЧПУ (человеко-понятные узлы) в виде транслитерированных заголовков страниц.

В структуре сайта для интернет-торговли следует предусмотреть следующие модули:

- модуль покупки товаров (размещение товаров в корзине с последующим заказом) и отправки данных о покупателе администратору сайта;

- модуль автоматической генерации служебных сообщений и отправки писем на e-mail покупателей;

- модуль каталога товаров;

- модуль вывода новинок, товаров по сниженным ценам, лидеров продаж;

- модуль подбора товаров по параметрам (фильтрам);

- модуль вывода аналогичных товаров (по каким-либо признакам товаров – цене, категории и т. п.).

На главной странице сайта следует предоставить следующую информацию, представленную блочной структурой:

- баннерная зона (высота – 300 пикселей);

- блоки: «О компании», «Новости», «Полезная информация», «Новинки»;

- контентная область для получения посетителями вводной информации о компании.

Слайдер представлен (горизонтальная карусель):

- навигацией главного слайдера (стрелочки «влево» и «вправо») – размещена внутри слайдера;

- при клике на какой-либо слайд осуществляется переход на соответствующую страницу, содержащую описание акции или спецпредложения (УТП – уникального торгового предложения).

Новинки следует представить следующим образом:

- блок содержит четыре видимые карточки товара, расположенные горизонтально. Возможность прокрутки влево или вправо осуществляется при клике на

соответствующие стрелочки навигации (аналогичный по функционалу слайдер в виде горизонтальной карусели);

- карточка товара в данном блоке содержит уменьшенное изображение товара, наименование товара, цену, при необходимости перечеркнутую старую цену, а также изображение корзины (клик на данное изображение позволяет добавлять товары в корзину), помеченное плюсом (если товар ещё не добавлен) или галкой (если товар уже добавлен в корзину). Так же при наведении на изображение корзины в данном разделе появляются всплывающие окна с надписями «Добавить товар в корзину» (изображение корзины с плюсом) и «Товар добавлен в корзину» (изображение корзины с галкой). Изображение и наименование товара является ссылкой и ведет в подробную карточку товара.

Лидеры продаж также представлены блочной структурой:

- данный блок находится непосредственно под Новинками – справа от левой промо-колонки;

- аналогичный по внешнему виду блоку «Новинки» слайдер в виде горизонтальной карусели;

- функционал слайдера аналогичен блоку «Новинки»;

- карточка товара в данном блоке содержит уменьшенное изображение товара, наименование товара, цену, при необходимости перечеркнутую старую цену, а также изображение корзины (клик на данное изображение позволяет добавлять товары в корзину), помеченное плюсом (если товар ещё не добавлен) или галкой (если товар уже добавлен в корзину). Также при наведении на изображение корзины в данном разделе появляются всплывающие окна с надписями «Добавить товар в корзину» (изображение корзины с плюсом) и «Товар добавлен в корзину» (изображение корзины с галкой). Изображение и наименование товара является ссылкой и ведет в подробную карточку товара.

Текстовый блок содержит краткое описание интернет-магазина, преимуществ покупок в нем товаров, а также ссылки на разделы каталога.

В шапке сайта следует представить:

- логотип (кликабельный, ссылка на главную страницу);

- телефон и время работы интернет-магазина;

- поиск по ключевому запросу;

- ссылки на информационные страницы (Доставка, Гарантии, О компании, Спецпредложения, Контакты);

- корзину. При добавлении нового товара в корзину происходит автоматический пересчет количества и общей стоимости товаров, ранее положенных в корзину. Данный пересчет происходит автоматически без дополнительных манипуляций. Пересчет осуществляется без обновления текущей страницы. Изображение пакета, обозначающего корзину, кликабельно и отправляет пользователя на страницу корзины. При наведении курсора мыши на корзину (изображение пакета и надпись «показать корзину») появляется всплывающее окно, в котором отображается краткий перечень (наименование, стоимость, возможность удаления) товаров, уже находящихся в корзине. Также в данном всплывающем окне видна общая сумма всех положенных в корзину товаров;

- главное меню сайта.

В подвале сайта следует предусмотреть:

- шапка сайта также дублируется снизу страницы (в «подвале» сайта) и видна на любой из страниц сайта;

- отличие нижнего блока от верхнего – отсутствие логотипа. Вместо логотипа нижний модуль содержит ссылки на страницы Компании в социальных сетях (Вконтакте, Одноклассники);

- нижний блок имеет ссылку на «карту сайта».

В каталоге товаров следует реализовать следующие возможности:

- навигация по каталогу товаров осуществляется с помощью главного меню сайта и располагается под шапкой в виде горизонтальной полосы – делится на 6 частей;

- при наведении курсора мыши на любую из ячеек появляется выпадающее меню, содержащее градацию товаров по разделам;

- глубина уровней каталога не ограничена. Клик на любое наименование раздела/подраздела каталога ведет на конкретную страницу;

- на странице предусмотрена сортировка в виде выпадающего списка: Цена, Тип товара. Возможность менять сортировку по возрастанию/убыванию. Меню сортировки находится над списком карточек товаров с левой стороны. На данной странице необходима возможность установки текста для продвижения сайта в поисковых системах. В данном случае текст устанавливается над сеткой карточек товаров.

Карточка товара должна содержать:

- кнопка «В корзину» осуществляет размещение соответствующего товара в корзине;

- цена товара указана большим шрифтом и размещена рядом с кнопкой «В корзину»;

- фото товара размещено напротив названия товара;
- под карточкой товара размещаются слайдеры (горизонтальные карусели) «Вместе с этим товаром покупают».

Для функционирования корзины предусмотрено:

- страница корзины открывается в текущем окне;
- в корзину пользователь попадает при условии, что пользователь нажал на кнопку «В корзину» или иконку корзины в любом разделе сайта;
- основное содержимое корзины представлено в виде таблицы, где в виде строк приведены выбранные пользователем товары, а именно – наименование (с ссылкой на этот товар в каталоге), цена товара, поле, где можно выбрать количество (по умолчанию 1), общая сумма, кнопка «удалить». Нажатие на последнюю удаляет выбранную строку из таблицы;
- внизу таблицы приведены итоги – кол-во штук и общая сумма заказа. Эта же информация отображается в анонсе корзины в шапке сайта;
- ниже поля для оформления заказа: «Имя», «Телефон», «E-mail», «Адрес» (необязательное);
- после таблицы размещена кнопка «Оформить заказ» (нажатие на которую переводит на страницу оформления заказа);
- после оформления и отправки заказа пользователю автоматически присваивается пароль и автоматически отправляется в тексте сообщения об успешной отправке заказа на указанный e-mail (вместе со ссылкой в личный кабинет для отслеживания статуса заказа). Логин для входа в систему является e-mail пользователя.

Таким образом, анализ литературных источников и действующих сайтов интернет-торговли позволил сформировать систему конструктивных требований к структуре таких ресурсов. Следование этим требованиям позволит разрабатывать веб-сайты, которые станут эффективным инструментом, позволяющим успешно вести бизнес, расширяя своё влияние на рынке товаров и услуг, увеличивая базу клиентов и повышая популярность своего бренда.

Литература

1. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. И. Грекул, Н. Л. Коровкина, Ю. В. Куприянов. – Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – Москва. – 2012. – 385 с.

2. Курс обучения продвижению сайтов: [сайт]. – URL: <http://www.allintop.ru/> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.
3. Требования к интернет-сайту: [сайт]. – URL: <http://biznes-prost.ru/otkrytie-fotosalona.html> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.
4. Новичкам электронного бизнеса: [сайт]. – URL: <http://bizpromo.com/> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.
5. Разработка структуры страниц веб сайта: [сайт]. – URL: <http://www.internet-technologies.ru/how-to-create-a-website.html/> (дата обращения: 29.03.2022). – Текст: электронный.
6. Затулин, А. Г. Требования к разработке информационных ресурсов центров дополнительного образования / А. Г. Затулин, О. В. Виштак // Сборник трудов I Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С.169-173.
7. Кузнецов, С. Н. Информационное обеспечение деятельности организации / С. Н. Кузнецов, Г. В. Очкур, А. Г. Мотков // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 258-263.
8. Михеев, И. В. Обзор и выбор инструментальной среды разработки для создания интернет-представительства / И. В. Михеев // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – Т. I. – С. 151-159.
9. Панкратов, А. А. Интернет вещей как приоритетное направление развития цифровых технологий / А. А. Панкратов, И. А. Штырова // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 278-283.

Применение Python при модернизации учебных программ на основе анализа вакансий

Подгорнов Александр Александрович, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

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

Статья посвящена анализу учебных программ на соответствие компетенциям, изложенным в вакансиях работодателя, с помощью Python. Проводится предварительный анализ, и методом K-средних осуществляется кластеризация учебных программ. Очевидным достоинством применяемых технологий Educational Data Mining является возможность решения широкого круга задач управления, оптимизации, прогнозирования в образовании.

Анализ образовательных данных является новой развивающейся дисциплиной, связанной с разработкой методов исследования данных, поступающих из учебных заведений, использованием этих методов для лучшего понимания проблем обучаемых и условий, в которых они учатся [1]. Наиболее часто используемая структура для понимания жизненного цикла проекта Data Mining – это межотраслевой стандартный процесс интеллектуального анализа данных (CRISP-DM) [2].

Для текстового анализа учебных программ дисциплин в вузе, в частности, используются следующие методы интеллектуального анализа данных: классификация, кластеризация, поиск связывающих правил, логическая регрессия и др.

Наиболее популярными среди них являются методы классификации и кластеризации [3], т. е. открытие новых моделей учебных программ. Объединение учебных программ в кластеры с учетом целей, компетенций изучаемых дисциплин и других признаков.

Кластеризация документов методами Python включает использование дескрипторов. Дескрипторы – это наборы слов, которые описывают содержимое внутри кластера. Кластеризация документов обычно считается централизованным процессом. Применение кластеризации документов можно разделить на два типа: онлайн и офлайн. Онлайн-приложения обычно ограничены проблемами эффективности по сравнению с автономными приложениями. Кластеризация текста может использоваться для различных задач, таких как группировка похожих документов и

обнаружение значимых неявных тем во всех документах. В общем, есть два общих алгоритма. Первый – это иерархический алгоритм, который включает одиночную ссылку, полную связь, среднее значение по группе и метод Уорда. Путем агрегирования или разделения документы могут быть сгруппированы в иерархическую структуру, удобную для просмотра. Однако такой алгоритм обычно страдает проблемами эффективности. Другой алгоритм разработан с использованием алгоритма К-средних и его вариантов. Как правило, иерархические алгоритмы предоставляют более подробную информацию для детального анализа, в то время как алгоритмы, основанные на вариантах алгоритма К-средних, более эффективны и предоставляют достаточную информацию для большинства целей.

На практике кластеризация документов часто включает следующие шаги:

1. Токенизация – это процесс разбора текстовых данных на более мелкие единицы (токены), такие как слова и фразы.

2. Стебли и лемматизация. Различные токены могут нести аналогичную информацию (например, токены и токенизация). И мы можем избежать повторного вычисления аналогичной информации, приведя все токены к их базовой форме, используя различные словари определения корней и лемматизации.

3. Удаление стоп-слов и знаков препинания. Некоторые токены менее важны, чем другие. Например, такие общие слова, как «в», «на», могут быть не очень полезны для выявления основных характеристик текста. Поэтому обычно рекомендуется удалить стоп-слова и знаки препинания перед дальнейшим анализом.

4. Вычисление частот терминов или Tf-idf. После предварительной обработки текстовых данных мы можем приступить к созданию функций. Для кластеризации документов одним из наиболее распространенных способов создания функций для документа является вычисление частотности терминов всех его токенов. Хотя и не идеально, эти частоты обычно могут дать некоторые подсказки о теме документа. И иногда также полезно взвешивать частоты терминов по обратным частотам документа.

5. Кластеризация, т. е. можем сгруппировать различные документы на основе созданных нами функций.

6. Оценка и визуализация. Наконец, модели кластеризации можно оценить с помощью различных показателей. И иногда полезно визуализировать результаты, нанося кластеры в двумерное пространство.

В данной работе проведен разведочный анализ данных. Подготовлены корпуса текстов трех вакансий: инженер-программист, инженер-электрик, инженер-электроник для города Москва. Датасеты формировались с помощью запросов по вакансиям на

сайте <http://hh.ru>.

Для предварительного анализа с помощью алгоритма К-средних средствами Python необходимы библиотеки с открытым исходным кодом, включая NumPy, pandas и matplotlib. Эти библиотеки предназначены для работы с большими наборами данных и для визуализации результатов.

Следующий шаг – формирование датасета для вакансии инженер-электрик. Библиотека pandas позволяет довольно просто импортировать данные в DataFrame. Отобразив DataFrame в Jupyter Notebook, визуально наши данные в виде таблицы представлены на рис. 1а.

Предварительный визуальный анализ датасета вакансий инженер-электрик методом главных компонент данных представлен на рис. 1б.

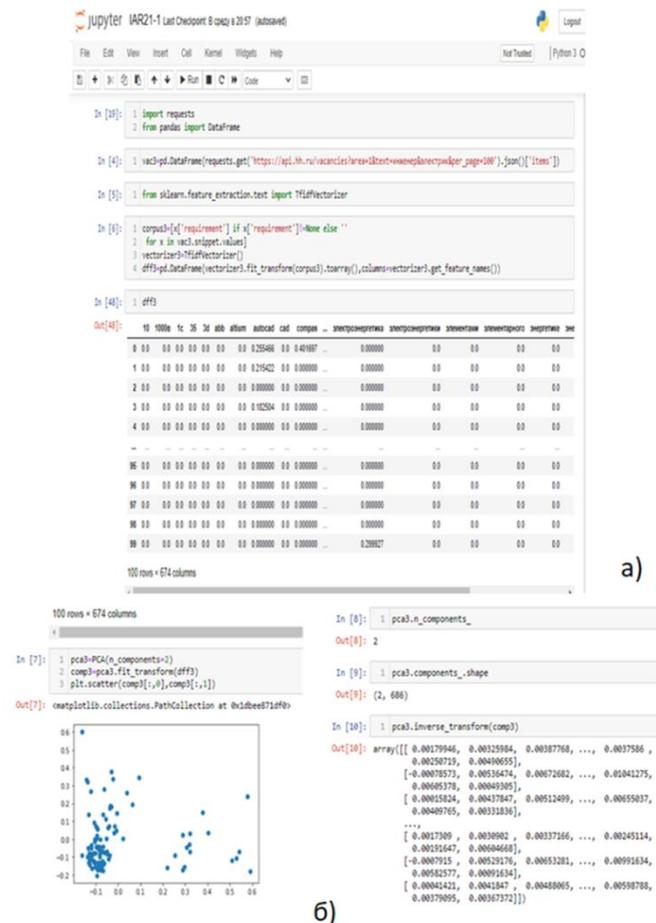
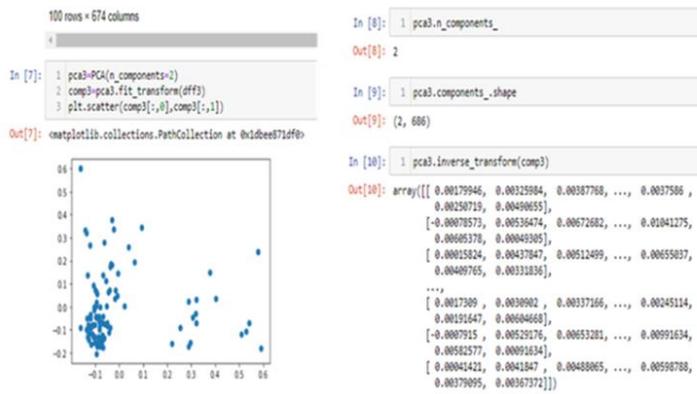
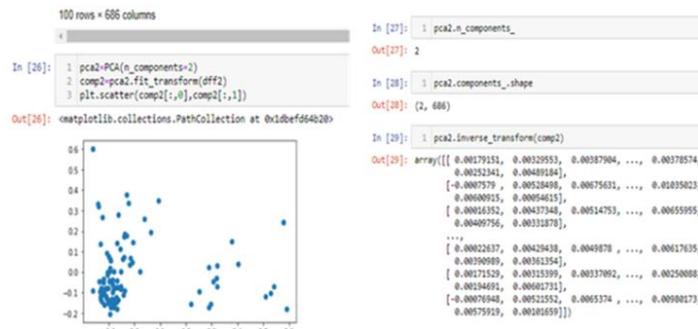


Рис. 1. Табличное и визуальное представление датасета вакансий инженер-электрик

Визуальный анализ датасета вакансий инженер-электроник и инженер-программист методом главных компонент представлен на рис. 2а и 2б, соответственно.



a)



б)

Рис. 2. Представление датасета вакансий инженер-электроник и инженер-программист методом главных компонент

С помощью алгоритма кластеризации К-средних создаются группы точек данных со схожими количественными характеристиками в датасете. Метод К-средних является алгоритмом кластеризации без учителя, таким образом, нет необходимости делить датасет при построении моделей машинного обучения без учителя, разбивая набор данных на обучающую и тестовую выборки. На рис. За представлены результаты кластеризации методом К-средних датасета вакансий инженер-электрик. Аналогичные результаты представлены для датасетов вакансий инженер-электроник (рис. 3б) и инженер-программист (рис. 3в).

Классификационный анализ компьютерных обучающих систем

Труфанов Андрей Валерьевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье рассмотрены основные компоненты информационно-образовательной среды дополнительного образования. Приведены классификационные основания компьютерных обучающих систем, рассмотрены их основные типы. Выделены основные функциональные возможности автоматизированных обучающих систем.

В условиях цифровизации всех уровней образования, включая дополнительное, для обучения слушателей как высококвалифицированных, конкурентоспособных специалистов необходимо создание информационно-образовательной среды, все компоненты которой всесторонне обеспечат все этапы организации учебного процесса [1-4]. Информационно-образовательную среду рассматриваем как единое образовательное пространство, в котором организованы процессы по сохранению, обработке и представлению всей информации об образовательном процессе.

Основным компонентом среды являются компьютерные средства обучения (КСО), которые рассматриваем как программно-технические комплексы, предназначенные для решения педагогических задач, имеющие предметное содержание и ориентированные на взаимодействие с обучаемым.

В настоящее время существует большое разнообразие КСО. Используя метод научного познания – метод классифицирования, проанализируем эти средства по нескольким классификационным основаниям, на основании анализа проведем выбор наиболее используемых в учебном процессе со слушателями.

А.О. Кривошеев выделяет следующие классы КСО [1]:

- ✓ компьютерные учебники;
- ✓ предметно-ориентированные среды – учебные пакеты программ, позволяющие работать с объектами определенного класса;
- ✓ лабораторные практикумы, позволяющие автоматизировать выполнение лабораторных работ;

- ✓ тренажеры, предназначенные для отработки и закрепления практических навыков и умений;
- ✓ контролирующие программы, предназначенные для проверки результативности знаний обучаемых;
- ✓ инструментальные системы, предназначенные для разработки различных учебных программ;
- ✓ справочники, базы данных учебного назначения (УБД), обеспечивающие хранение и предъявление обучающемуся разнообразной учебной информации справочного характера.

А.И. Башмаков выделяет следующие основные педагогические задачи, решаемые с помощью КОС [2]:

- ✓ начальное ознакомление с ПО, освоение ее базовых понятий и концепций;
- ✓ базовая подготовка на разных уровнях глубины и детальности;
- ✓ выработка умений и навыков решения типовых практических задач в данной предметной области;
- ✓ выработка умений анализа и принятия решений в нестандартных (нетиповых) проблемных ситуациях;
- ✓ развитие способностей к определенным видам деятельности;
- ✓ проведение учебно-исследовательских экспериментов с моделями изучаемых объектов, процессов и среды деятельности;
- ✓ восстановление знаний, умений и навыков;
- ✓ контроль и оценивание уровней знаний и умений.

Главная задача, решаемая КОС – базовая подготовка по соответствующему направлению, осуществление контрольно-измерительных мероприятий. Выделим основные классификационные основания и составим классификацию КОС (табл. 1) [1-4]

Из рассматриваемого разнообразия средств обучения рассмотрим наиболее востребованный вид – автоматизированные обучающие системы (АОС). АОС – программно-педагогический комплекс для обучаемого, предназначенный для изучения теоретического материала и практического курса учебной дисциплины. АОС представляют собой программно-технические комплексы, обеспечивающие методическую, учебную и организационную поддержку процесса обучения, производимого с использованием информационных технологий и ориентированных на интерактивное взаимодействие с обучаемым [3-7].

Классификация КОС

Классификационное основание КОС	Виды КОС	Подвиды КОС
По решаемым педагогическим задачам	Средства теоретической и технологической подготовки	Компьютерные учебники
		Автоматизированные обучающие системы
		Компьютерные системы контроля знаний
	Средства практической подготовки	Компьютерные задачки
		Компьютерные тренажеры
	Вспомогательные средства	Компьютерные лабораторные практикумы
Компьютерные справочники		
Мультимедийные средства обучения		
По использованию информационно-коммуникационных технологий	Локальные	
	Сетевые	Ориентированные на глобальные сети
		Ориентированные на локальные сети
		Предусматривающие взаимодействие обучающихся
Не предусматривающие взаимодействия обучающихся		
По характеру дисциплины	Естественно-научное направление	
	Гуманитарное направление	
	Техническое направление	
По формам представления материала	Мультимедийные	
	Статичные	
По виду модели изучаемого объекта	Использующие математические модели	
	Использующие физические модели	
	Сопряжённые с реальными объектами	
По виду пользовательского интерфейса	С традиционным графическим пользовательским интерфейсом	
	Использующие технологии виртуальной реальности	
По реализации интеллектуальных функций	Интеллектуальные	
	Неинтеллектуальные	
Наличие обратной связи	С обратной связью	лекции в режиме видеоконференции
		лекции по спутниковой связи
	Без обратной связи	Web курсы, Web учебники, Web библиотеки
		Телевизионные учебные программы
		Лекции на CD ROM

Решение педагогических задач осуществляется в процессе взаимодействия обучаемого с АОС. Материал, включаемый в АОС, может дифференцироваться по исходным уровням подготовленности обучаемых. Это касается и лекционного материала, практических заданий или лабораторного практикума, а также средств для самоконтроля и контроля знаний, умений и навыков. Функциональные возможности АОС позволяют:

- ✓ размещать и сохранять учебные материалы;

- ✓ фиксировать ход образовательной деятельности и результатов работы обучающегося;
- ✓ обеспечивать взаимодействия между пользователями системы;
- ✓ повышать эффективность образовательной деятельности;
- ✓ формировать отчетность о результативности обучения.

Работа с АОС начинается с авторизации пользователей. Форма авторизации пользователя «Обучающийся» расположена на главной странице. При авторизации производится проверка введенного пользователем логина и пароля с базой данных, в которой преподаватель-методист заранее регистрирует обучающихся. При успешной авторизации данные пользователя заносятся в переменные сессии, которые будут использоваться в дальнейшей работе с АОС. Авторизация преподавателя происходит аналогичным способом.

Далее обучающийся выбирает из выпадающего списка курс, а в выпадающий список дисциплин подгружаются дисциплины согласно изучаемому курсу и виду обучения. Далее обучающийся выбирает вид занятий: изучение теоретического материала, выполнение практических заданий или заданий лабораторного практикума. После выполнения практических заданий следует отправка на проверку преподавателю. Для отправки файлов с работами на проверку преподавателю разработан модуль отправки файлов. В этом модуле производится проверка существования файла, транслитерация и удаление пробелов в имени файла, проверка размера и формата файла согласно требованиям, установленным администраторам системы, загрузка файла на сервер и внесение записи в базу данных. Аналогичным способом происходит загрузка файлов в модуле преподавателя.

После проверки преподавателем выполненных учебных заданий формируется отчет о результативности обучения, который регистрируется в базе данных учета качества обучения по каждому обучающемуся.

Таким образом, даже краткий анализ КОС позволяет определить тип наиболее оптимального вида компьютерных обучающих систем – АОС, предусматривающие взаимодействие с обучающимися, с мультимедийной формой представления материала, сопряженные с реальными объектами, обеспечивающие обратную связь с преподавателем.

В АОС учебный материал, как правило, представлен в мультимедийной форме, представлен в виде текста, графики, анимации, гипертекста, что значительно повышает уровень восприятия изучаемого материала. Интуитивно-понятный интерфейс обеспечивает комфортные условия работы с АОС как для обучающегося, так и для

преподавателя. Управленческие функции обеспечиваются за счет регистрации и авторизации обучаемого, за счет ведения истории обучения, накопления результатов обучения и предоставления обучающемуся результатов учебной деятельности. Возможность многократного обращения к разделам АОС позволяет каждому обучающемуся самостоятельно выбирать траекторию обучения, реализовывать свой алгоритм управления своей познавательной деятельностью.

Литература

1. Кривошеев, А. О. Проблема развития компьютерных обучающих программ / А. О. Кривошеев // Высшее образование в России. – 1994. – № 3. – С. 12-20.
2. Башмаков, А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А. И. Башмаков. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. – 616 с.
3. The automated information systems for the education of specialists of the energy industry / O. Vishtak, V. Zemskov, N. Vishtak [et al.] / Procedia Computer Science. Postproceedings of the 10th Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures, BICA 2019. – 2020. – С. 430-434.
4. Фролов, М. В. Современные компьютерные обучающие системы в практике дополнительного вузовского образования / М. В. Фролов, О. В. Виштак // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации». – Саратовский государственный технический университет. – 2017. – С. 665-668.
5. Большаков, А. А. Формирование модели учебного курса интерактивной компьютерной обучающей системы на основе нечеткой когнитивной карты / А. А. Большаков, О. В. Виштак, Д. А. Фролов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 2. – С. 92-99.
6. Большаков, А. А. Методика и алгоритмы управления интерактивной компьютерной обучающей системой для подготовки персонала атомной станции / А. А. Большаков, О. В. Виштак, Д. А. Фролов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6-2. – С. 234-240.
7. Михеев, И. В. Анализ функциональных возможностей тестирующего программного комплекса для обучения программированию / И. В. Михеев, Д. В. Кондратов, О. В. Виштак // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3-1. – С. 65-69.

СЕКЦИЯ 3
«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

УДК 692

Опыт строительства зданий из объемных блоков

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 приведены сведения об опыте строительства зданий из объемных блоков; описаны достоинства и недостатки объемно-блочного домостроения. Также приведена классификация объемных блоков.

Архитектор К. Мельников в 1920-х гг. предложил идею возведения дома-контейнера, а впоследствии Н.А. Ладовский и В.П. Караулов в 1931 г. разработали каркасно-блочную систему жилого дома, на которую получили авторское свидетельство. Массовая разработка конструкций объемных блоков началась в СССР в 1950-х гг. Экспериментальное строительство объемно-блочных жилых и общественных зданий началось в 1960-х гг.

За последние пятьдесят лет в России, странах СНГ и за рубежом было построено большое количество объемно-блочных жилых и общественных сооружений, представляющих собой системы из объемных блоков, различных по материалу, конструктивному решению и технологии изготовления.

Особую популярность в последние пять-семь лет эти конструкции приобрели благодаря их энергоэффективности, так как отдельные конструктивные модули и объемные блоки-модули изготавливаются из энергоэффективных материалов, также существуют модули с готовой для эксплуатации отделкой.

Объемный блок – конструктивный элемент здания, представляющий собой пространственную конструкцию, ограничивающую определенный фрагмент здания и обладающую необходимыми значениями прочности, жёсткости, устойчивости.

Объемно-блочные здания собираются из отдельных монолитных железобетонных элементов размером с комнату или группу комнат, которые изготавливаются на заводах и доставляются на строительные площадки с максимальной степенью заводской готовности [1].

Объемные блоки изготавливаются как в монолитном, так и в сборном виде. Сборные объемные блоки выполняются из прокатных панелей. Одна из шести граней блока формируется отдельно, поэтому блоки получили условные названия: блок-колпак, блок-стакан, блок-лежащий стакан (рис. 1). В блоке-стакане монолитно связаны четыре стены с плитой пола, но без перекрытия, в блоке-колпаке – четыре стены с перекрытием, но без плиты пола. Сопряжение панели пола в объемных элементах блока-колпака реализуется с помощью железобетонных шпонок и сварки закладных металлических деталей [2].

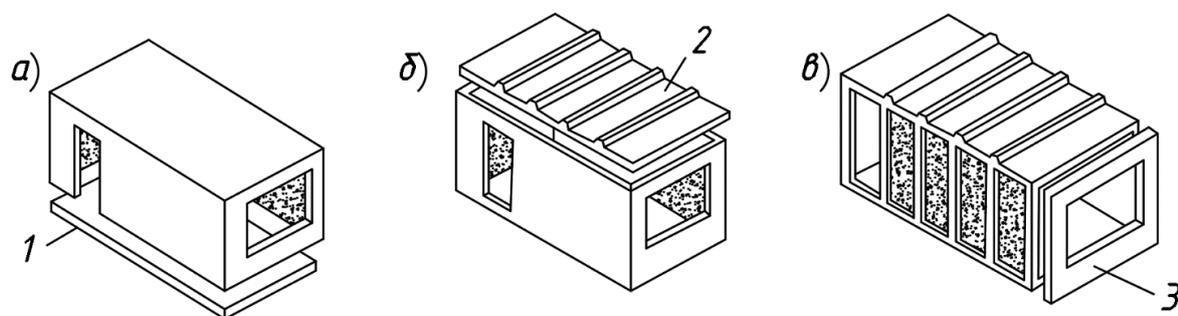


Рис. 1. Виды объемных блоков:

а – блок-колпак; б – блок-стакан; в – блок-лежащий стакан;

1 – плита пола; 2 – потолочная плита; 3 – наружная панель

Производство объемных блоков также включает в себя установку оконных и дверных блоков, электрической проводки, санитарно-технического оборудования, проведение отделочных работ. После доставки на стройплощадку готовые блоки устанавливаются в проектное положение, заделываются наружные и внутренние стыки, соединяются межэтажные коммуникации [3]. Из объемных блоков выполняются жилые комнаты, кухни, санитарно-технические узлы, лестничные клетки, лифтовые шахты, конструкции технических этажей (рис. 2).

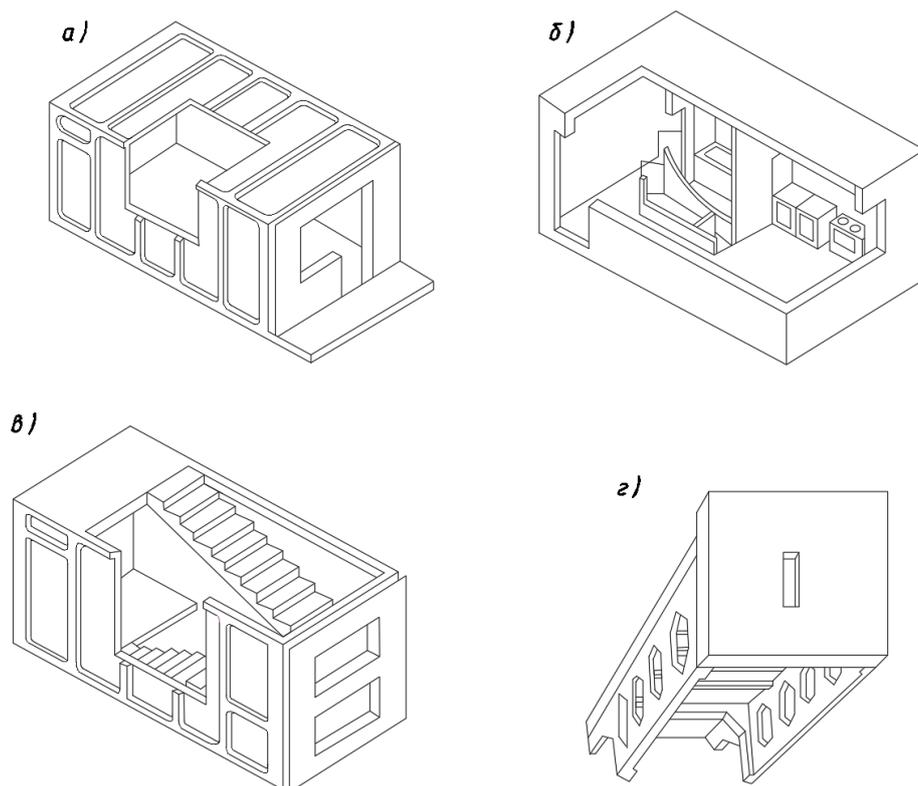


Рис. 2. Основные типы блоков:

а – комната; б – кухонно-санитарный; в – лестничный; г – кровельный

Возведение зданий из объемных блоков является перспективным направлением, т. к. объемно-блочное домостроение имеет ряд преимуществ:

- уменьшение расхода бетона на 25 - 28 %;
- уменьшение трудозатрат в 2,5 - 2,8 раза;
- сокращение сроков строительства в 4 - 5 раз [4].
- уменьшение уровня загрязнения окружающей среды в районе строительства;
- изготовление блоков на заводе минимизирует влияние негативных факторов строительной площадки.

Сегодня в России неокончательно решены задачи обеспечения граждан доступным и комфортным жильем эконом-класса [1]. Для решения данной проблемы Правительство РФ реализует Государственную программу «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан Российской Федерации».

Положительный опыт возведения зданий из объемных блоков позволяет предположить, что данный метод строительства может являться одним из наиболее перспективных методов для реализации данной Государственной программы, учитывая, что с развитием современной техники и технологий было решено

большинство проблем, возникающих при работе с объёмными блоками [1]. Возведение зданий этим методом позволяет получить максимально эффективное и быстровозводимое жильё при вложении минимальных средств с высоким гарантом качества [1]. Невысокая цена позволяет использовать эту технологию в реализации федеральных программ в условиях ограниченных сроков и бюджета.

Литература

1. Ализаде Самир Асиф Оглы. Объёмно-блочное домостроение: опыт и перспективы развития / Ализаде Самир Асиф Оглы // Архитектура и дизайн. – 2017. – № 1: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obemno-blochnoe-domostroenie-opyt-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 6.04.2022). – Текст: электронный.

2. Емельянова, Т. А. Конструкции несущего остова малоэтажных и многоэтажных жилых зданий: учебное пособие / Т. А. Емельянова, А. П. Денисова. – Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю. А., 2013. – 80 с.

3. Белозерский, А. М. Объёмно-блочное домостроение в России / А. М. Белозерский // Наука и техника транспорта. – 2012. – № 3. – С. 55-59.

4. Бронников, П. И. Объёмно-блочное домостроение / П. И. Бронников. – М.: Стройиздат, 1979. – 160 с.

УДК 624.953.046

О безнасадочных эжекционных градирнях

Габалова Дарья Вячеславовна, 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 данной статье рассматривается классификация безнасадочных градирен. Приводятся характеристики брызгальных и эжекционных градирен. Выявлена сущность процесса эжекции, и показан принцип работы эжекционной градирни. Указаны достоинства, недостатки, показано применение в промышленности безнасадочных эжекционных градирен.

Для охлаждения различного технологического оборудования, применяемого на объектах тепловых и атомных электростанций, используется большое количество оборотной воды, что требует специальных сооружений, устройств, включая градирни, которые позволяют охлаждать большое количество воды.

Атомная и тепловая электростанции являются энергетическими объектами, осуществляющими выработку тепловой и электрической энергии для нужд промышленных и гражданских потребителей. Они вырабатывают электрическую мощность путем преобразования химической энергии топлива через тепловую энергию сгорания в механическую энергию вращения вала электрогенератора.

Существует большое множество градирен, имеющих свои достоинства, недостатки и свое применение. В данной работе остановимся на безнасадочных градирнях.

Типы безнасадочных градирен.

Безнасадочные градирни работают за счет распыления воды и разделения ее на мелкие капли. Теплообмен у них происходит на поверхности капель. По способу подачи воздуха внутрь корпуса градирни делят на:

- брызгальный тип;
- эжекционный тип.

Характерно, что брызгальные типы используют силу ветра и естественную конвекцию в процессе перемещения воздушного массива. При этом имеется малый теплосъем и большая площадь застройки. В таких конструктивных решениях нет больших температурных перепадов и не наблюдается максимальных потерь оборотной воды (рис. 1).



Рис. 1. Блочно-модульная градирня (БМГ-3000), г. Караганда, Казахстан [1]

Достоинства:

- простота данного типа градирни в эксплуатации;
- малый объем используемых строительных материалов;

- срок возведения градирни небольшой, он в 1,5 - 2 раза меньше, чем в других аналогичных типах.

Недостатки:

- относительно большие размеры брызгальной градирни;
- небольшая плотность орошения ($2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и ниже);
- в сравнении с другими типами градирен высокая стоимость.

Безнасадочные эжекционные градирни относятся к современным градирням. Они используют захват воздуха за счет образования области разрежения на входе в градирню в процессе распыления воды [2]. Такой тип градирни имеет небольшую площадь застройки и небольшие финансовые затраты. Созданная модульная ее конструкция позволяет выпускать градирни разной производительности (рис. 2). Одно из важных преимуществ такого типа – отсутствие динамических нагрузок, шума в процессе ее эксплуатации.



Рис. 2. Модульная эжекционная градирня (HT-100), Нижегородская область [3]

Достоинства:

- обеспечение требуемого температурного перепада в течение всего рабочего времени;
- возможность охлаждать воду с высокой температурой ($60 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше);
- пожаробезопасная конструкция, поэтому применяется на особо опасных объектах;
- стабильный коэффициент полезного действия (КПД).

Недостатки:

- для подачи высокого давления должны быть мощные водяные насосы;
- повышенный износ трубопроводов подачи воды;
- невозможность эксплуатации градирни зимой;
- большой расход воды в результате ее уноса в атмосферу.

Остановимся более подробно на градирнях эжекционного типа [2].

Рассмотрим принцип работы эжекционного типа градирни.

Работа эжекционного типа градирни основана на использовании эффекта эжекции, достигаемого с помощью форсунок в совокупности с направляющими для водо-воздушных потоков. Причем смешение воздушных потоков происходит при больших скоростях потока оборотной воды, движущейся в градирне [2].

Эффект эжекции заключается в следующем. Среда с высоким давлением, движущаяся с большой скоростью, увлекает за собой среду с более низким давлением; увлеченный поток оборотной воды называется эжектируемым. В процессе смешения двух сред происходит выравнивание скоростей потоков. Причем чем интенсивнее и качественнее идет процесс испарения, насыщения атмосферного воздуха, тем эффективнее работает такой тип градирни [4]. За счет области разрежения и вовлечения наиболее холодного воздуха эффективность работы такого типа выше.

Принцип работы эжекционного канала представлен на рис. 3. Здесь: 1 – зона контакта наиболее холодного воздуха и самой горячей воды; 2 – зона раскрытия водяного факела и максимального взаимодействия водо-воздушной смеси в «условном» вакууме; 3 – зона максимально турбулированного потока.

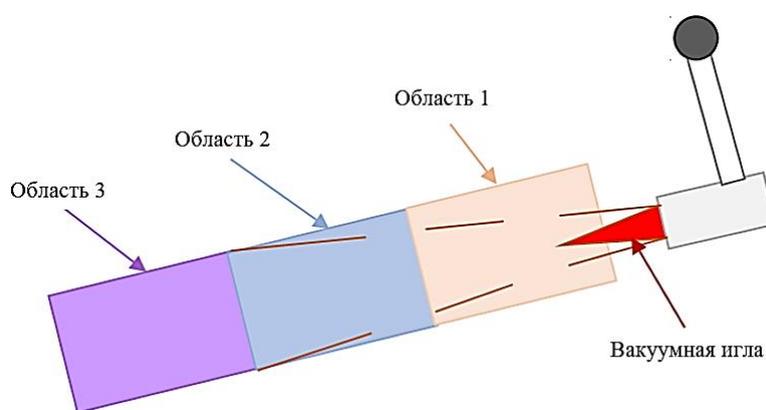


Рис. 3. Принцип работы эжекционного канала [2]

Сущность процесса эжекции.

Процесс эжекции представляет собой следующее (рис. 4):

- струя распыленной воды состоит из мелкодисперсных капель, при этом все капли перемещают воздух впереди себя, а сзади создают разреженное пространство воздуха;

- капли воды, которые образует внутренний объем струи распыленной воды, находятся в более разреженном пространстве, чем капли, создающие внешнюю поверхность струи;

- капли воды, создающие внутренний объем струи распыленной воды, испаряются наиболее интенсивно, при этом поток воздуха через внутренний эжекционный канал форсунки достаточен, чтобы своевременно уносить влажный воздух, что, однако, не препятствует созданию разреженного пространства внутри струи.

Таким образом, количество тепла, необходимое для передачи от воды к воздуху, существенно зависит от эффекта работы форсунки [2].

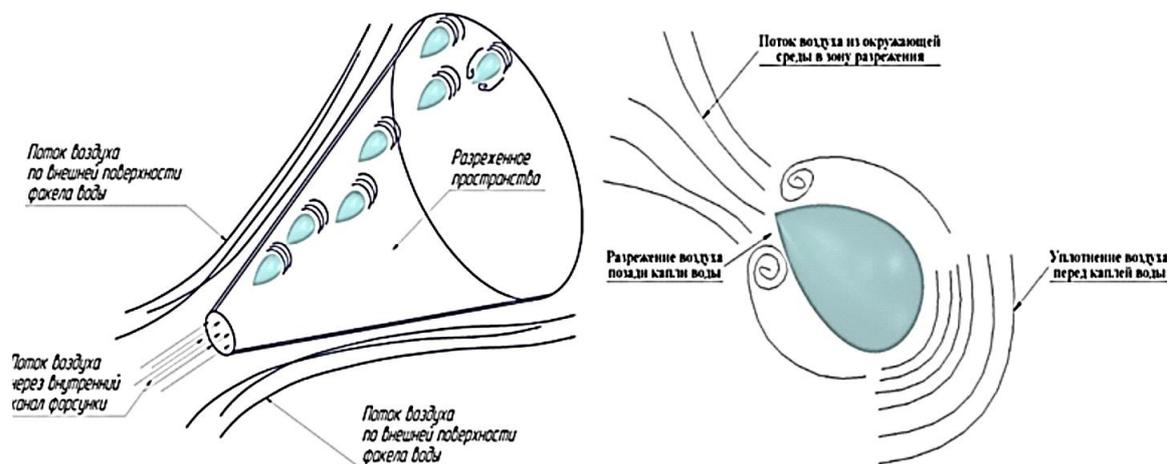


Рис. 4. К сущности процесса эжекции [2]

Группа компаний «Новые Технологии» [2] в своих разработках по охлаждению оборотной воды применяет другой подход – контурный принцип:

- ◆ если требуется создать большой перепад воды или строительство ведется в жарких районах, предлагается к первому контуру последовательно добавить вторую ступень (контур) с отдельными насосной оснасткой и оборудованием;

- ◆ при этом горячая вода после охлаждения на первом контуре градирни собирается в установленной емкости, забирается насосом с соответствующей оснасткой и затем подается на второй контур с целью дополнительного охлаждения;

- ◆ при необходимости (при недостаточной глубине охлаждения) устанавливается после второго контура третий контур;

- ◆ затем охлажденная до требуемой температуры вода подается в производственную зону потребителя.

Эжекционный тип градирни серии НТ [2] позволяет осуществить следующее:

- достигать требуемой температуры охлажденной воды согласно эксплуатационным параметрам с небольшими затратами на ее обслуживание в процессе эксплуатации;

– с определенной точностью подобрать параметры градирни, расход охлаждаемой воды и необходимый перепад температуры для эффективного охлаждения.

Выводы. В результате проведенного анализа безнасадочных градирен было установлено:

- градирни охлаждают воду за счет непосредственного ее контакта с воздухом; различают брызгальные и эжекционные безнасадочные градирни;
- безнасадочные градирни работают за счет рассеивания воды, раздробленной на мелкие капельки; как раз на поверхности каждой отдельной капельки происходит теплообмен;
- существенное отличие брызгальных градирен от эжекционных заключается в значении давления, под которым происходит процесс дробления воды;
- достоинствами брызгальных градирен являются малый объем используемых строительных материалов и простота градирни в эксплуатации; преимуществами эжекционных градирен – стабильный коэффициент полезного действия и возможность охлаждать воду с высокой температурой.

Следует отметить, что безнасадочные градирни эжекционного типа широко применяются в промышленности, включая энергетические объекты. Брызгальные градирни находят применение в небольших холодильных установках и компрессорных станциях небольшой мощности.

Литература

1. Градирни: строительство и модернизация: [сайт]. – URL: <https://gradirni.tmim.ru/novosti/item/271-pyatyj-god-uspeshno-ekspluatiruyutsya-gradirni-bmg-3000> (дата обращения: 02.05.2022). – Текст: электронный.
2. Рубцов, А. К. Эжекционные градирни – энергоэффективное, современное решение / А. К. Рубцов, Д. А. Коробицын, Д. В. Неганов // Инженерные системы: [сайт]. – URL: <https://isguru.ru/stati/ventilyacziya-i-kondiczionirovanie/5352ezhekcziionnye-gradirni-energoeffekt/> (дата обращения: 02.05.2022). – Текст: электронный.
3. Яндекс. Картинки: [сайт]. – URL: <https://yandex.ru/images/> (дата обращения: 02.05.2022). – Текст: электронный.
4. Познавательный сайт о вентиляции: [сайт]. – URL: <https://ilsvik.ru/?p=13077> (дата обращения: 02.05.2022). – Текст: электронный.

Архитектурно-конструктивные решения зданий из объемных блоков

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»;

Андреева Наталья Викторовна, старший преподаватель 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 приведены архитектурно-конструктивные решения зданий из объемных блоков. Рассмотрены существующие конструктивные системы объемно-блочных зданий, описаны их достоинства и недостатки.

Архитектурную выразительность объемно-блочного строительства можно получить за счет многообразия объемно-планировочных решений жилых и общественных зданий с учетом их конструктивных особенностей. Оценка архитектурно-конструктивных решений таких зданий проводят с помощью технико-экономических показателей, таких как трудоемкость, расход материала и т. д., что близко к показателям крупнопанельных зданий.

Объемные блоки по своей пространственной схеме могут быть бескаркасными и каркасными (рис. 1-3).

Из объемных блоков могут возводиться здания с различными объемно-планировочными и конструктивными решениями: малоэтажные и многоэтажные, блокированные с одноэтажными и двухэтажными квартирами, секционные и коридорные, с балконами, эркерами, лоджиями, террасами и т. д. [1]. В объемно-блочном домостроении наибольшее распространение получили здания, выполняемые из несущих блоков-комнат и блоков-квартир, укладываемых впритык один к другому в виде сплошных лент с различными вариантами опирания [1].

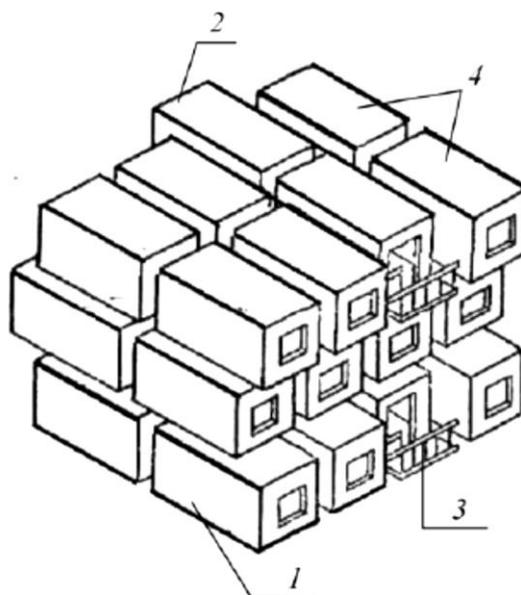


Рис. 1. Бескаркасные здания из блок-комнат:

1 - рядовые объемные блоки; 2 - объемный блок с эркером; 3 - лоджия; 4 - коридорные блоки (https://vgasu.ru/attachments/oi_grigorov-01.pdf)

Разрезка зданий на блоки может быть различной, и от нее зависят типоразмеры блок-комнат. Блоки изготавливаются одного, двух или трех типоразмеров.

По конструктивной схеме здания из объемных блоков подразделяются на три вида: блочные, панельно-блочные и каркасно-блочные.

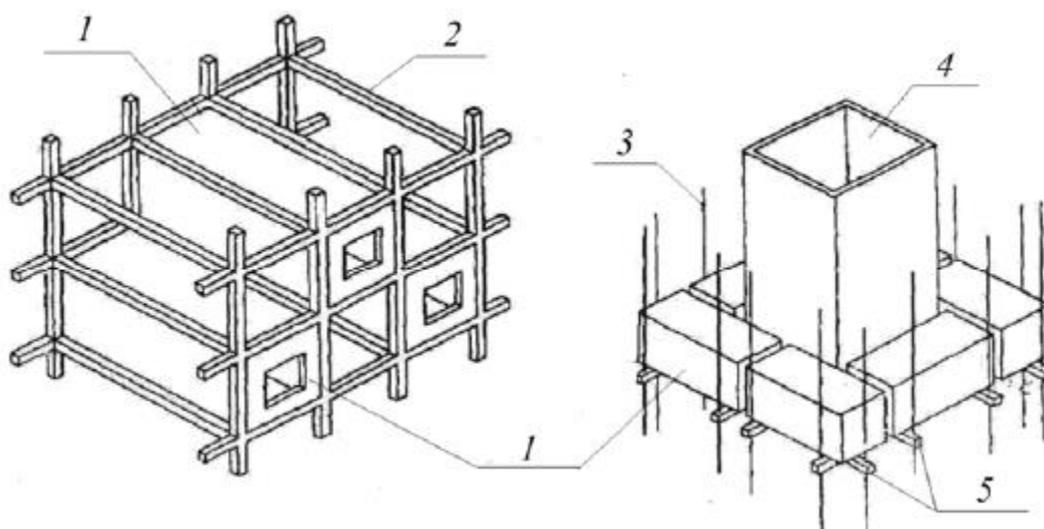
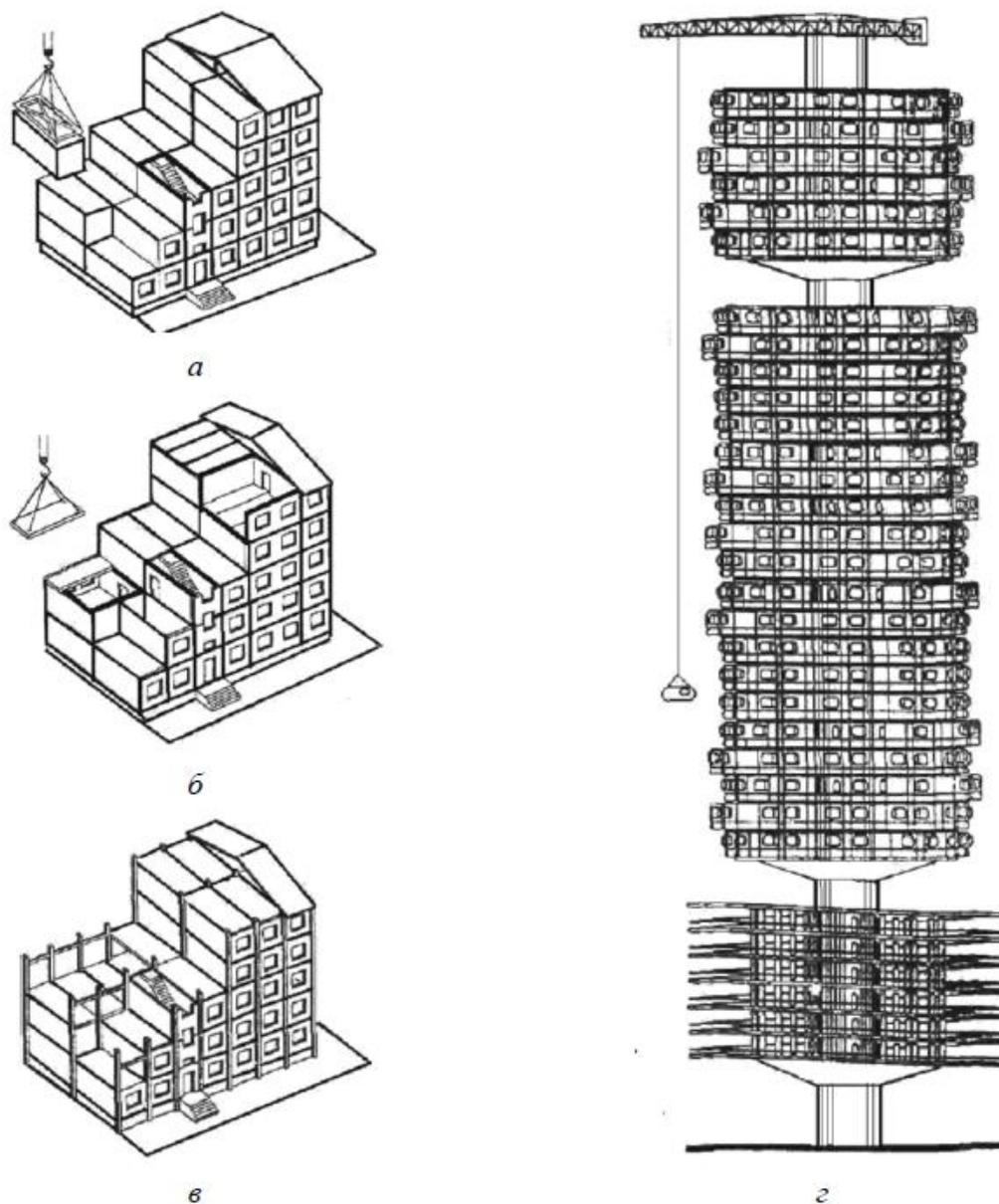


Рис. 2. Каркасно-блочные здания:

*1 – самонесущий объемный блок; 2 – несущий каркас; 3 – несущий трос;
4 – монолитное ядро; 5 – несущие балки
(https://vgasu.ru/attachments/oi_grigorov-01.pdf)*

При блочной схеме здание состоит из отдельных блоков, устанавливаемых рядом, а также друг на друга. Эта схема является наиболее индустриальной, так как дает возможность перенести значительную часть работ в заводские условия. Недостаток данной схемы – наличие двойных внутренних стен и перекрытий, следовательно, перерасход материалов.



*Рис. 3. Конструктивные системы объемно-блочных зданий:
а - бескаркасная; б – блочно-стеновая; в – каркасная; г – ствольная
(https://vgasu.ru/attachments/oi_grigorov-01.pdf)*

При панельно-блочной схеме наряду с объемными блоками применяются и стеновые панели. Для данной схемы характерна необходимость производства большей части отделочных работ на строительной площадке.

Каркасно-блочные схемы представляют собой сочетание каркаса из стоек и ригелей и объемных блоков, опирающихся на каркас. Учитывая то, что каждый блок воспринимает незначительные нагрузки, их можно изготавливать из легких материалов. Однако для зданий с этой схемой характерным является увеличение числа монтажных элементов, причем резко отличающихся по своим массе и габаритам. Учитывая изложенное, наиболее предпочтительными являются блочные схемы.

Достоинства объемно-блочных зданий:

- уменьшение объема работ и сокращение трудоёмкости монтажных работ;
- сокращение сроков строительства;
- снижение уровня загрязнения окружающей среды в районе строительства;
- стандартизация процесса.

Недостатки объемно-блочного домостроения:

- необходимость в увеличении грузоподъемности транспорта и строительной техники;
- сложность доставки объемных блоков к месту строительства из-за их габаритов;
- невозможность последующей внутренней перепланировки.

Архитектурно-конструктивные решения зданий из объемных блоков имеют ограниченную номенклатуру конструктивных решений, что значительно сказывается на применении таких зданий в строительстве. В целом объемно-блочное домостроение является достаточно перспективной и экономически выгодной отраслью строительства и при новом подходе к проектированию и транспортировке может эффективно использоваться для возведения зданий.

Литература

1. Григоров, А. Г. Архитектурные конструкции гражданских зданий: учебное пособие / А. Г. Григоров. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2016. – 179 с.
2. Белозерский, А. М. Массовое строительство в России из объемных блоков / А. М. Белозерский // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2016. – № 9. – С. 280-287.
3. Маклакова, Т. Г. Конструкции гражданских зданий: учебник / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 296 с.

**Особенности технологий изготовления трубобетонных конструкций
и их материалов для строительства уникальных зданий**

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»;

Белова Анастасия Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

Данная статья описывает существующие материалы и технологии для создания трубобетонных конструкций зданий и сооружений. Освещен опыт использования инновационных подходов с точки зрения материалов и технологий изготовления трубобетонных конструкций в практике строительства.

Новые перспективы в строительстве мостов, зданий и сооружений в современном строительстве возможны с применением более совершенных и практичных материалов и технологий. Одним из таких симбиозов является применение трубобетона, состоящего из стальной оболочки в виде металлической трубы и бетонной смеси. Данный конструктив обладает характеристиками как металла, так и бетона, что в сочетании приводит к высокой прочности, сейсмостойкости, коррозионной стойкости, экономичности расхода материалов по сравнению с железобетоном.

Трубобетонные конструкции применяют в строительстве линий электропередач, опор мостов, промышленных и уникальных высотных зданий. К сожалению, основное своё развитие материал получил за границей, в таких странах, как США, Китай и Япония.

Первое использованием трубобетона в мостовом строительстве было пакетным. В 1931 г. в Париже возвели арочный мост пролётом 9 м, основным несущим элементом которого послужил пакет из шести трубобетонных стержней малого диаметра $60 \times 3,5$ мм [1]. Переход к монотрубной системе строительства произошёл в 1940-х гг., когда профессор В.А. Росновский предложил использовать в качестве конструктивного элемента мостов одну тонкостенную стальную трубу, заполненную бетоном, и в ряде проектов показал ее преимущества по сравнению с обычными решениями. С использованием такой техники был построен железнодорожный мост через р. Исеть вблизи г. Каменск-Уральский [1].

Согласно Л.И. Стороженко [2] для изготовления трубобетонных конструкций используются следующие классы тяжелого бетона: В12,5; В15; В20; В22,5; В30; В40; В45; В50; В60. В качестве стальной обоймы применяют круглые цилиндрические, а также призматические (квадратные или прямоугольные) трубы. Они могут быть: горячекатаные диаметром 83 - 820 мм, с толщиной стенки 3,5 - 18,0 мм, длиной 4,0 - 12,5 м; холоднотянутые диаметром 85 - 200 мм, с толщиной стенки 2,0 - 10,0 мм, длиной 1,5 - 9,0 м; электросварные диаметром 83 - 1620 мм, с толщиной стенки 2,0 - 16,0 мм, длиной 4,0 - 18,0 м; электросварные со спиральным швом диаметром 426 - 1220 мм, с толщиной стенки 4,0 - 12,0 мм, длиной 10,0 - 18,0 м.

Материалом для труб служат углеродистая обыкновенного качества, конструкционная и низколегированная стали, удовлетворяющие требованиям ГОСТов и техническим условиям.

В некоторых случаях внутри бетонного ядра выполняется дополнительное армирование. Арматура может быть гибкая в виде стержней или жёсткая из уголков, труб и двутавров (рис. 1) [3].

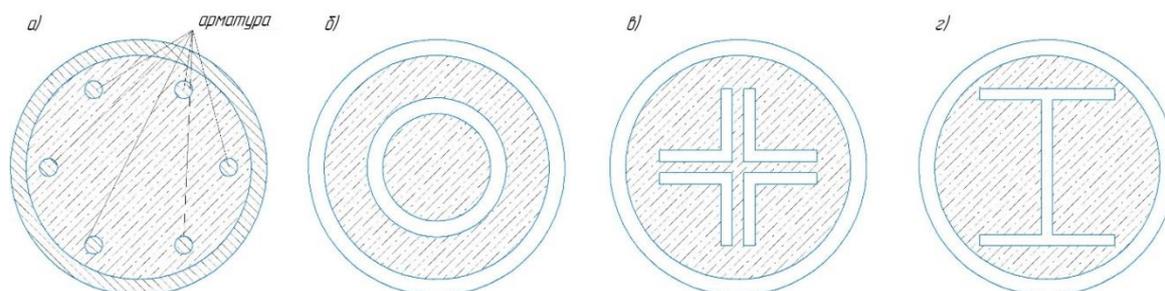


Рис. 1. Армирование трубобетонной колонны:

а – гибкая арматура; жёсткое армирование: б – трубой; в – уголками; г – двутавром

Конструкции и наполнение трубобетонных изделий преобразовывают на протяжении 50 лет, вводя элементы для повышения прочности и улучшения работы трубы совместно с бетоном.

Инновационным подходом при изготовлении трубобетонных конструкций является:

- Использование тяжелого бетона на шлакосиликатном вяжущем [2], в качестве сердечника – плотный силикатный бетон [6]. В 1970 году разработана схема «SWMB» для возведения высотных зданий, которая основана на использовании сверхвысокопрочного бетона в качестве заполнителя [7].

- Применение в качестве оболочки с внутренним рифлением или конструированием специальных спиралей на внутренней полости для лучшей адгезии с бетоном [4]. В качестве другого способа лучшего сцепления трубы с бетоном

применяют «сдвиговые ребра». Такие конструкции значительно улучшают несущую способность при осевой нагрузке [9].

- Изолирование бетона от трубы с помощью полимерной смазки. Этот технологический подход показывает более высокие показатели, когда у бетона нет контакта с металлом. При этом нагрузка передается не на весь трубобетонный элемент, а только на бетонную часть. В итоге металлическая оболочка испытывает растягивающие усилия в окружном направлении и не работает на сжатие [4].

- Применение современных модифицированных высокоподвижных (П-4, П-5) и самоуплотняющихся бетонов смеси, которые легко перекачивать бетононасосом и необязательно виброуплотнять [5].

Совершенствование конструктивных решений использовалось при проектировании здания мэрии в г. Вупперталь (Германия) – впервые применены двойные трубобетонные колонны. Диаметр внешней трубы составил 558 мм при толщине стенки 12,5 мм, а диаметр внутренней трубы равен 406,4 мм при толщине стенки 17,5 мм [7].

На данный момент изучается возможность использования оболочки, армированной волокнами льна, и бетона с фиброй из кокосовых волокон. Для предотвращения проскальзывания между металлом и бетонным сердечником во внутреннюю поверхность трубы устанавливают тонкие кольца из полимерной ленты, армированной льняным волокном. Органические наполнители при включении превращаются в осевые и изгибные структурные элементы и работают совместно [8].

В мостостроении получили положительные отклики трубобетонные конструкции с оболочкой из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Такие сваи считаются гибридными, так как внешняя оболочка из ПКМ, а внутренняя дополнительная труба металлическая. Благодаря последней внутри конструкции создаётся пустое пространство [9].

Кроме усовершенствований конструкций и использования новых материалов, большое внимание уделяют технологии производства изделий. Основным этапом производства является заполнение трубы бетоном. Для этого применяется подача бетонной смеси через верх трубы бетононасосом или инъекционным способом, где раствор будет нагнетаться снизу вверх через отверстие в боковой грани обоймы (рис. 2) [3].

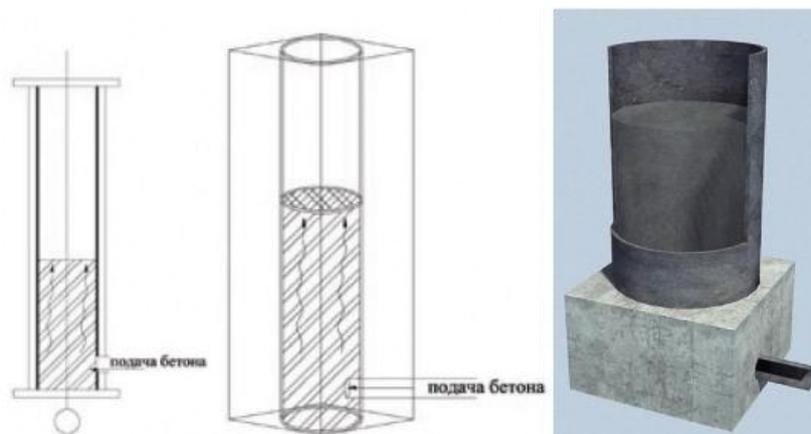


Рис. 2. Инъекционный способ подачи бетона

Уплотнение смеси производят разными способами: глубинное вибрирование, внешнее или штыкование. В работах Л.К. Лукши [10] упоминается центробежный способ уплотнения, к недостаткам которого относят полое бетонное ядро элемента.

Глубинное вибрирование осуществляется глубинными вибраторами, вводимыми в бетон, оболочка стержня при этом неподвижна. Способ применяется при больших диаметрах труб ($D \gg 100$ мм). Штыкование бетона производят вручную стержнями, длина которых больше длины трубы. Оболочка стержня при этом способе должна оставаться неподвижной. Бетон уплотняется под воздействием перемещаемых стержней. Данный способ имеет больше недостатков, так как негативно влияет на качество бетона. Наиболее эффективным и универсальным является внешнее вибрирование, осуществляемое с помощью вибростола с вертикальными гармоническими колебаниями. При этом способе трубы, прочно прикрепленные к вибростолу в вертикальном положении, вибрируют вместе с ним. Бетон подается сверху через загрузочные воронки в вибрирующую трубу, заполняет ее и одновременно уплотняется [4].

К инновациям в области технологии производства трубобетонных изделий относятся:

1. Для достижения лучших параметров бетона при подаче и вибрировании смеси используют растворопровод с наконечником, длина которого составляет 5 - 15 внутренних диаметров трубы, а внутренний диаметр – в пределах 0,1 - 0,5 ее внутреннего диаметра. Благодаря перемещению наконечника сверху вниз происходит более равномерная укладка по всей длине трубы. Непрерывное вибрирование осуществляется за счёт прикрепленного вибратора и насадки в нижней части наконечника [11].

2. Одной из техник увеличения прочности является нагревание бетонной смеси во время затвердевания. Для этого может применяться автоклавная установка, где при избыточном давлении водяного пара происходит прессование смеси и её нагрев. Баротермальная обработка приводит к уменьшению времени твердения и увеличению прочности на 60 - 200 % для тяжелых и легких бетонов [12].

3. Повышение несущей способности за счёт создания предварительного напряжения бетонного сердечника (рис. 3). Методы создания напряжений рассматривает в своих работах А.В. Угляница [12] и А.Л. Кришан [13]. Предлагается два способа: механическим путем – избавлением от пор под давлением 2 - 3 МПа; создание сердечника из экспансивного (напрягающего) бетона.

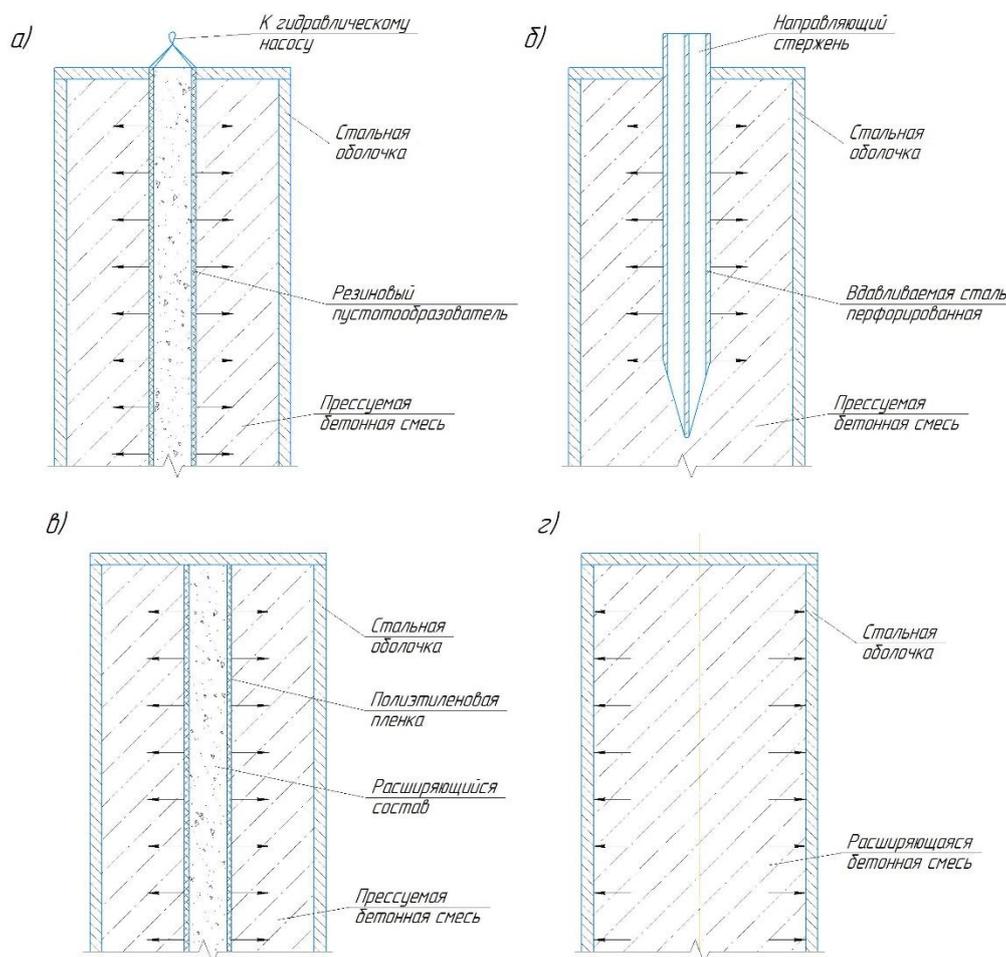


Рис. 3. Принципиальные схемы предварительного обжатия:

- а – длительное прессование бетонной смеси с помощью пустообразователя;
- б – прессование смеси путем последовательного вдавливания стальных трубок;
- в, г – использования энергии напрягающего бетона

Первый способ позволяет с помощью пустообразователей уменьшить пустоты и деформации бетона и повысить прочность на 25 - 40 %. После набора бетоном передаточной прочности и извлечения оборудования внутренняя полость заполняется

безусадочным раствором. Однако неудобства возникают при изготовлении крупногабаритных изделий. Также механическое прессование включает в себя метод постепенного вдавливания стальных труб с разными диаметрами. Процесс состоит из трёх стадий: 1 – после формования бетонной смеси ТБК по направляющему стержню вводится перфорированная трубка, раздвигающая твёрдые частицы и отводящая воду; 2 – по направляющей вдавливаются перфорированная трубка большего диаметра, возникает избыточное давление; 3 – введение стальной трубки без перфораций, происходит предварительное растяжение стальной оболочки в поперечном направлении. После изготовления элемента направляющий стержень и перфорированные трубки извлекаются.

Для создания напрягающего бетона в России применяют модификатор Эмбелит, который имеет высокую стоимость, что приводит к удорожанию конструкций.

4. Задачу повышения несущей способности элементов также можно решить с помощью бокового обжатия бетонного элемента. Для этого перед укладкой бетонной смеси в ее полость устанавливается коаксиальный эластичный цилиндр, в который после подается избыточное давление от компрессора, способствующее обжатию бетона и снижению усадочных деформаций. После набора прочности не менее 30 % эластичный цилиндр извлекается, а образовавшаяся полость заполняется бетонной смесью на расширяющемся цементе, что дает дополнительное обжатие бетона [14].

Инновационные подходы к применению в строительстве трубобетонных конструкций заключаются в конструктивном подходе к использованию современных материалов и технологических операций, позволяющих эффективнее использовать эти конструкции при строительстве уникальных зданий.

Литература

1. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труль. – М.: Стройиздат, 1974. – 144 с.

2. Стороженко, Л. И. Трубобетонные конструкции / Л. И. Стороженко. – Киев: «Будивельник», 1978. – 80 с.

3. Могилевцева, И. Н. Трубобетонный каркас – рациональный выбор при проектировании высотных зданий / И. Н. Могилевцева, О. В. Разумова // Вісник ПДАБА. – 2012. – № 1-3(166-168): [сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trubobetonnyy-karkas-ratsionalnyy-vybor-pri-proektirovanii-vysotnyh-zdaniy> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.

4. Masterbetonov.ru: [сайт]. – URL: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/18291/290/> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.

5. Афанасьев, А. А. Трубобетонные конструкции для возведения каркасных зданий / А. А. Афанасьев, А. В. Курочкин // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 2: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trubobetonnye-konstruktsii-dlya-vozvedeniya-karkasnyh-zdaniy> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.

6. Патент № 2725051 Российская Федерация, МПК В 28 В 5/00. Способ производства трубобетонной колонны с ядром из плотного силикатного бетона: № 2019136395: заявл. 12.11.2019; опубл. 29.06.2020 / Угляница А. В., Покатилов Ю. В. – 11 с.

7. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Е. С. Михалдыкин // Интернет-журнал «Наукovedение». – 2015. – Т. 7. – № 4: [сайт]. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (дата обращения: 17.04.2022). – Текст: электронный.

8. Libo, Yan Compressive and flexural behaviour and theoretical analysis of flax fibre reinforced polymer tube encased coir fibre reinforced concrete composite / Yan Libo, Chouw Nawawi. – Materials and design. – 2013. – V. 52. – Pp. 810-811.

9. Михалдыкин, Е. С. Применение трубобетонных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов при строительстве малых мостов: специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Михалдыкин Евгений Сергеевич; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). – Москва, 2021. – 129 с.: [сайт]. – URL: <https://studizba.com/files/show/pdf/58822-12-dissertaciya.html> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.

10. Лукша, Л. К. Прочность трубобетона / Л. К. Лукша. – Минск: Высшая школа, 1977. – 96 с.

11. Патент № 2262574 Российская Федерация, МПК Е 04 G 21/08. Способ изготовления трубобетона и устройство для его осуществления: № 2003117764/03: заявл. 18.06.2003; опубл. 20.10.2005 / Бикбау М. Я., Тимербулатов Т. Р. – 7 с.

12. Uglianitsa, Andrey The Technology for Manufacturing HighStrength Pipe-Concrete Bearing Elements to Increase the Stability of Underground Structures / Andrey Uglianitsa, Youry Pokatilov // E3S Web of Conferences, 2019. – V. 105: [сайт]. – URL:

https://www.researchgate.net/publication/333928523_The_Technology_for_Manufacturing_HighStrength (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.

13. Кришан, А. Л. Усовершенствования сталетрубобетонных колонн / А. Л. Кришан, Е. А. Трошкина // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2016. – № 4: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-usovershenstvovaniya-staletrubobetonnih-kolonn> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.

14. Патент № 2402662 Российская Федерация, МПК Е 04 В 2/64. Способ возведения несущих трубобетонных конструкций из монолитного бетона при строительстве зданий: № 2009112964/03: заявл. 08.04.2009; опубл. 27.10.2010 / Афанасьев А. А., Курочкин А. В. – 6 с.

УДК 692.82

Эффективность применения оконных блоков из алюминиевых сплавов для строительства зданий АЭС

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»;

Жуков Алексей Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

В данной статье рассматривается применение алюминиевых оконных блоков в зданиях и сооружениях АЭС. Приводится сравнение с пластиковыми оконными конструкциями, описываются преимущества использования алюминиевых конструкций.

Оконные профили на сегодняшний день производятся из ряда различных материалов, которые отличаются друг от друга не только ценой и внешним видом, но и качеством. А так как установка и замена оконных конструкций является серьезной инвестицией как минимум на 10 - 15 лет, то необходимо тщательно рассматривать вопрос максимально эффективных и долговечных оконных конструкций. Наиболее известными и широко используемыми материалами, из которых изготавливаются оконные конструкции, являются алюминий и пластик (поливинилхлорид (ПВХ) [1].

Конструктивные особенности профилей.

Алюминиевый профиль, по сравнению с пластиковым, имеет более компактные габариты. Благодаря этой особенности увеличивается светопропускаемость окна, к тому же оно становится легче, что позволяет производить монтажные работы на балконах со слабым основанием.

Существуют отличия и в способах крепления профильных составляющих между собой. ПВХ детали соединяют при помощи термической сварки: места стыков разогревают до высоких температур, после застывания получается достаточно прочный шов. Главный недостаток такого метода крепления заключается в невозможности повторной сборки пластикового профиля.

При изготовлении алюминиевых окон в качестве крепёжных элементов используют уголки и винты. Качество соединения получается очень высоким, к тому же профиль легко разбирается в случае необходимости, что очень актуально, если потребуется заменить испорченную деталь.

Количество внутренних камер у пластикового профиля составляет 3 - 8, а вот у алюминиевого всего 1 - 3. Тем не менее проводить сравнение теплотехнических характеристик окон по этим параметрам не совсем верно. На энергоэффективность алюминиевого профиля влияет полимерная термовставка, а точнее – её габариты и форма сечения.

Особенности применения алюминиевого профиля.

Алюминиевые окна и двери могут быть «холодными» и «теплыми» (рис. 1). Отличие заключается в наличии в «теплом» алюминиевом профиле терморазрыва, который создается полимерными вставками, который называется термомост. Он выполняет роль изолятора между контурами и позволяет избежать образования мостиков холода. Обычно термомост изготавливается из полиамида, упрочненного стекловолокном. Полиамид – особый полимер, обладающий рядом улучшенных характеристик пластика.

В такой 3-камерной конструкции температура внутреннего контура, обращенного в сторону помещения, всегда намного выше, чем температура уличной стороны (внешний контур) в холодный период года. Летом, наоборот, нагретая солнцем внешняя сторона изолирована от внутреннего контура. Герметизация окна при помощи центральных уплотнителей увеличивает теплоизоляцию окна и препятствует диффузии водяного пара с внутренней части профиля.

В «холодных» алюминиевых профилях терморазрыв отсутствует. Окно или дверь представляет собой «сплошной» алюминиевый профиль без каких-либо вставок.

Такой вариант конструкции не обладает теплоизолирующими характеристиками, но позволяет снизить уровень шума [2].

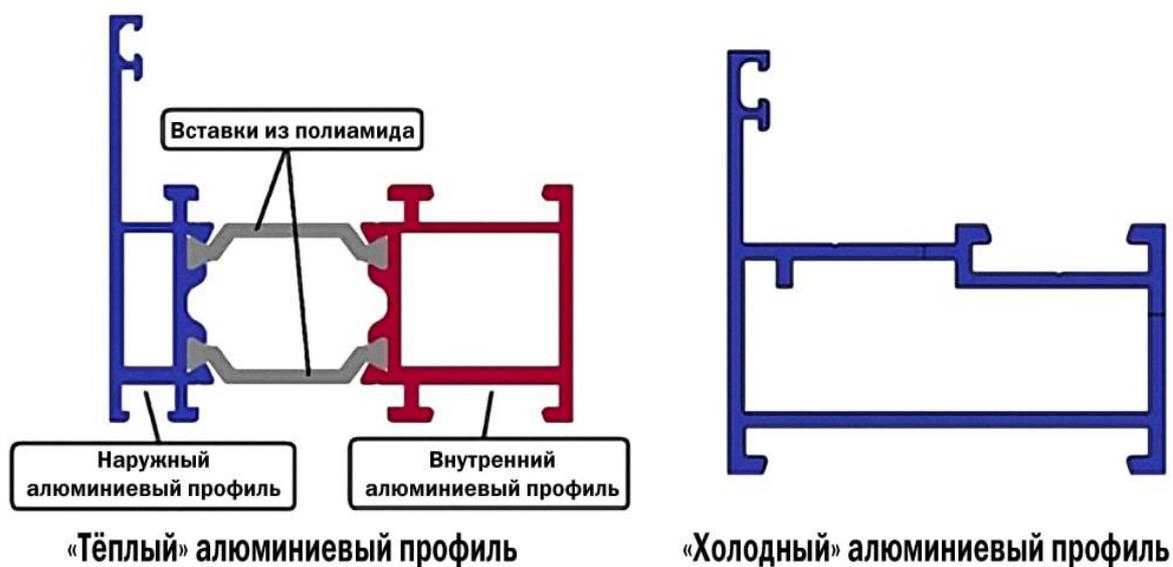


Рис. 1. «Теплый» и «холодный» алюминиевые профили

Для решения каждой отдельной ремонтно-строительной задачи предусмотрена определенная алюминиевая система. Холодные профили используют для сборки недорогих блоков, которые подходят для остекления неотапливаемых помещений. Теплые системы в зависимости от модификации применяют для изготовления габаритных раздвижных дверей, окон для жилых, коммерческих, производственных и муниципальных объектов, зимних садов, зенитных фонарей и других кровельных конструкций. В каждом случае необходимо рассматривать характеристики определенной системы и решать, подходит ли она для решения конкретной задачи [3].

Преимущества использования алюминиевых конструкций:

- возможность изготовления окон и дверей практически любых размеров, форм;
- меньшие габаритные размеры алюминиевых профилей позволяют получить максимальные световые проемы;
- самые высокие показатели прочности среди всех оконных конструкций;
- меньшая нагрузка на фундамент;
- срок службы более 80 лет;
- алюминиевые оконные конструкции можно использовать в качестве каркаса здания;
- экологичность – отсутствие выделения запахов при нагреве под воздействием солнца;

- использование порошково-полимерного покрытия с широкой гаммой цветов надежно защищает профиль от любых климатических и атмосферных воздействий на протяжении всего срока службы изделия и не подвергается выгоранию или выцветанию;

- возможность двухсторонней покраски. Цвет внутри помещения может отличаться от фасада здания;

- соответствие требованиям пожарной безопасности [2], [4].

Недостатки алюминиевых конструкций:

- стоимость профиля, фурнитуры для алюминиевых окон и дверей;

- более низкий коэффициент сопротивления теплопередачи по сравнению с окнами из ПВХ;

- более сложный длительный цикл изготовления, что отражается на времени производства;

- подверженность царапинам и трудности в их устранении [2].

Существует еще один способ увеличить показатели энергоэффективности оконных конструкций, а именно применение выносного монтажа (рис. 2). Плюсы выносного монтажа окон неоспоримы – улучшение энергоэффективности, перенос точки росы, избавление от мостиков холода [5]. В основе технологии выносного монтажа лежит использование очень прочного, теплого и при этом достаточно легкого инновационного экструдированного профиля на основе чистосортного полистирола, который независимо от размера и формы сечения хорошо сохраняет тепло, изолирует жилую зону от негативного воздействия метеоусловий и в целом выполняет обе важные функции – как утеплителя, так и продолжения полости участка монолитной стены. Но два существенных минуса, такие как стоимость и малое число компаний, работающих с данной технологией, пока не дают широкого применения выносному монтажу [6].



Рис. 2. Конструкция выносного монтажа

При строительстве зданий АЭС к ограждающим конструкциям применяют требования к сертификации строительных конструкций, важных для безопасности объектов использования атомной энергии. Оконные блоки из алюминиевых сплавов могут стать эффективной конструкцией, которая будет применяться в зданиях подобного типа. Указанные преимущества алюминиевых профилей для изготовления окон соответствуют нормативным требованиям к конструкциям данного типа и функционального назначения. Для внедрения таких конструктивных решений в здания АЭС необходимо учитывать особенности монтажа и теплотехнические характеристики проектируемых зданий.

Литература

1. Сравнение пластиковых и алюминиевых окон: [сайт]. – URL: <https://uiut.boltai.com/topics/sravnienie-plastikovyh-i-alyuminievyh-okon/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.
2. Плюсы и минусы алюминиевых и ПВХ окон. Сравнительная характеристика: [сайт]. – URL: <https://www.eurofasad.ru/faq/okna-aluminij-pvh-sravnienie.html>. (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.
3. Что выбрать – алюминиевые или пластиковые окна? [сайт]. – URL: <https://www.oknamedia.ru/novosti/chto-vybrat-alyuminievye-ili-plastikovyie-okna-51560>. (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

4. Какие окна лучше выбрать: ПВХ или алюминиевые? [сайт]. – URL: <https://www.oknatrade.ru/help/kakie-okna-luchshe-vybrat-pvkh-ili-alyuminievye/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

5. Зачем и когда применяется выносной монтаж окон: [сайт]. – URL: <https://www.rmnt.ru/story/windows/zachem-i-kogda-primenjaetsja-vynosnoj-montazh-okon.1891111/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

6. Выносной монтаж окон за проем стены в зоне утеплителя: [сайт]. – URL: <https://compacfoam.ru/statyi/vynosnoj-montazh-okon-za-proem-steny-v-zone-uteplitelya/> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст: электронный.

УДК 624.15

**Исследования пространственного набухания хвалыньских глин
в условиях сложного напряженного состояния**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Белова Анастасия Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Старостина Екатерина Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

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

Работа посвящена исследованиям методом математического планирования процесса набухания маловлажных набухающих грунтов в условиях сложного напряженного состояния. Анализ полученного уравнения показывает полную аналогию с уравнением термоупругости, что даёт основание учитывать сложное напряжённое состояние при расчёте оснований фундаментов, сложенных набухающими грунтами с учётом их специальных характеристик.

По данным ряда исследований [1, 2], аварийные ситуации или частичные повреждения зданий и сооружений, построенных на маловлажных набухающих грунтах, возникают даже при относительно небольших значениях деформаций набухания, неравномерно распределённых по длине здания или сооружения. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости более тщательного подхода к вопросу расчёта оснований из набухающих грунтов по деформациям, так как теоретические результаты расчёта по методике, отражённой в СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» зачастую значительно отличаются в большую сторону от фактических деформаций набухания замачиваемых грунтов основания.

Одной из причин указанного несоответствия, по нашему мнению, является то, что в применяемых в настоящее время методиках расчёта [3] используется обычно величина относительной деформации набухания элемента грунта, определяемая при заданном давлении в условиях невозможности бокового расширения, что не соответствует фактически существующему в естественном основании сложно-напряжённому состоянию набухающего грунта.

Учитывая немногочисленность экспериментальных работ в указанном направлении и отсутствие на сегодняшний день единого мнения о процессе набухания маловлажных глин в условиях сложного напряжённого состояния, авторами были проведены исследования процесса набухания глин в условиях сложного напряжённого состояния и трёхмерного пространственного набухания на усовершенствованном для этой цели приборе истинного трехосного сжатия системы А.Л. Крыжановского [4] (рис. 1).

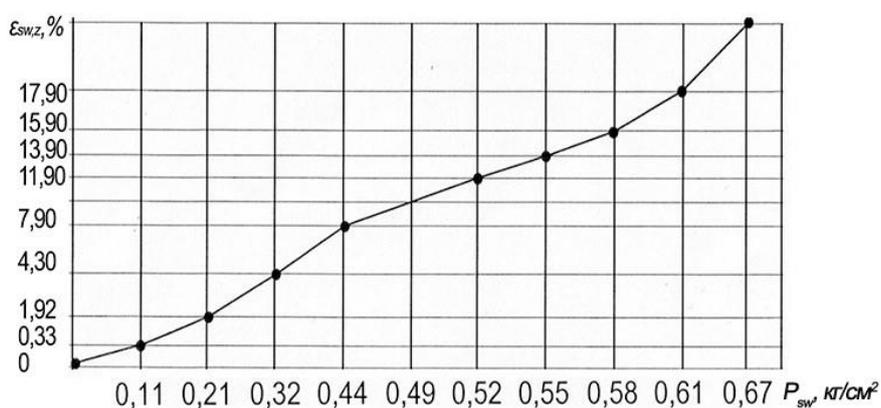


Рис. 1. Результаты наблюдения за процессом набухания глин в условиях сложного напряжённого состояния и трёхмерного пространственного набухания на приборе системы А.Л. Крыжановского (при $\varepsilon_{swx} = \varepsilon_{swy} = 0$)

Рабочая камера прибора имела объём $15 \times 15 \times 15 \text{ см}^3$. Замачивание образцов грунта производилось через поплавковую камеру, что позволило сохранить во время

опытов постоянный напор воды независимо от количества потребления её образцов, и измерять расход воды в процессе набухания испытываемого образца.

Проведённые исследования были выполнены с привлечением метода математического планирования эксперимента на примере хвалынских шоколадных глин нарушенной структуры с начальной плотностью-влажностью, равной: $\rho_0 = 1,6 \text{ г/см}^3$, $W_0 = 0,21$ соответственно. Указанные значения начальной плотности и влажности набухающего грунта были выбраны с целью создания возможности формирования образцов грунта с максимально изотропными и идентичными свойствами. В качестве основных факторов, влияющих на процесс набухания образцов, были выбраны, исходя из поставленной задачи, только величины трёх главных напряжений, прикладываемых к испытываемому образцу. Остальные факторы (начальная плотность-влажность грунта, вид и температура замачивающей образец жидкости и др.), активно влияющие на процесс набухания глин, были застabilизированы на одном постоянном уровне в целях максимального устранения их влияния на изучаемый процесс.

Предварительно выполненные эксперименты по изучению набухания образцов из маловлажных глин в условиях сложного напряженного состояния дали реальную возможность выбрать область определения, нулевые уровни и интервалы варьирования изучаемых факторов (табл. 1). В качестве рабочего плана проведения экспериментов был выбран рототабельный, центрально-композиционный план (табл. 2).

Таблица 1

Уровни варьирования изучаемых факторов

Уровни	Факторы			
	Кодированное значение	Физическое значение		
		$X_1 (\sigma_z)$, (МПа)	$X_2 (\sigma_y)$, (МПа)	$X_3 (\sigma_x)$, (МПа)
Верхний X_B	+1	0,06	0,06	0,06
Основной X_O	0	0,04	0,04	0,04
Нижний X_H	-1	0,02	0,02	0,02
Интервал варьирования λ	-	0,02	0,02	0,02

За изучаемые отклики в проведенных экспериментах были приняты величины относительных линейных деформаций набухания по каждой из трёх главных осей испытываемого образца, а также величина конечной стабилизированной влажности каждого из испытываемых образцов. Для снижения влияния внешних воздействий на результаты проводимых экспериментов все эксперименты были рандомизированы во времени.

Замачивание образцов во время экспериментов производилось одновременно со всех сторон при температуре окружающей среды $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Деформации образца, возникающие в процессе проведения запланированных в табл. 2 экспериментов, фиксировались индикаторами часового типа с точностью $\pm 0,01$ мм.

Все проведенные эксперименты имели трёхкратную повторность. Результаты экспериментов обрабатывались по известной методике [5].

Реализация матрицы планирования эксперимента (табл. 2) с принятой последовательностью и сочетанием выделенных факторов позволила получить уравнения регрессии вида:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{n_i} &= b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 \\ w_{n_i} &= a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 \end{aligned} \quad (1)$$

позволившие оценить качественное и количественное влияние НС образца на величины относительных линейных деформаций образца по каждому из главных направлений:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{n_z} &= -1,87 + 2,17 X_1 - 0,36 X_2 - 0,351 X_3 + 0,017 X_1 X_2 + 0,017 X_1 X_3 + 0,0146 X_2 X_3; \\ \varepsilon_{n_y} &= -1,867 + 2,166 X_2 - 0,351 X_1 - 0,351 X_3 + 0,017 X_1 X_2 + 0,017 X_2 X_3 + 0,0146 X_1 X_3; \\ \varepsilon_{n_x} &= -1,881 + 2,19 X_3 - 0,35 X_1 - 0,351 X_3 + 0,017 X_1 X_3 + 0,017 X_2 X_3 + 0,0146 X_1 X_2; \end{aligned} \quad (2)$$

где X_1 , X_2 , X_3 – кодированное значение величин главных напряжений, приложенных соответственно по оси Z, Y и X, изменяющиеся в пределах от -1 до +1 (табл. 1).

Таблица 2

Матрица планирования и результаты выполненных экспериментов

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_{12}	X_{13}	X_{23}	$\varepsilon_n^z \cdot 10^2$	$\varepsilon_n^y \cdot 10^2$	$\varepsilon_n^x \cdot 10^2$	W_n
1	+	-	-	-	+	+	+	-3,380	-3,273	-3,266	0,385
2	+	+	-	-	-	-	+	+0,456	-4,400	-4,393	0,371
3	+	-	+	-	-	+	-	-4,406	+0,454	-4,386	0,370
4	+	+	+	-	+	-	-	+0,966	+4,000	-4,733	0,364
5	+	-	-	+	+	-	-	-4,433	-4,400	+0,453	0,369
6	+	+	-	+	-	+	-	+0,933	-4,746	+1,000	0,360
7	+	-	+	+	-	-	+	-4,720	+0,986	+0,940	0,363
8	+	+	+	+	+	+	+	-0,866	-0,846	-0,826	0,350
9	+	-	0	0	0	0	0	-4,093	-1,460	-1,466	0,370
10	+	+	0	0	0	0	0	-0,780	-2,273	-2,300	0,358
11	+	0	-	0	0	0	0	-1,466	-4,066	-1,453	0,372
12	+	0	+	0	0	0	0	-2,266	-0,766	-2,293	0,359
13	+	0	0	-	0	0	0	-1,480	-1,453	-4,106	0,368
14	+	0	0	+	0	0	0	-2,300	-2,253	-0,766	0,357
15	+	0	0	0	0	0	0	-1,586	-1,549	-1,559	0,346
Коэффициенты уравнений регрессий								Ошибка опыта			
$b_i \cdot 10^2 (\varepsilon_n)$	-1,867	+2,166	-0,351	-0,351	+0,017	+0,015	+0,015	$S_{(y)} = 0,342;$ $S_{a_0}^2 = 0,169;$ $S_{(b_i)} = 0,076;$ $f = 11$			$S_{(y)} = 0,00285$
$\alpha_i (W_n)$	+0,365	-0,005	-0,005	-0,006	+0,001	-0,0003	+0,001				$S_{(b_i)} = 0,00115$

Примечание: относительные деформации грунта образца приняты со знаком «минус» при набухании и со знаком «плюс» при сжатии.

Адекватность каждого из полученных уравнений изучаемому процессу была проверена по F-критерию Фишера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{(y)}^2}, \quad (3)$$

где $S_{(y)}^2$ – дисперсия изучаемого отклика ($S_{(y)}^2 = 0,1169$); S_{ad}^2 – дисперсия адекватности ($S_{ad}^2 = 0,169$).

Полученные F-критерии Фишера сравнивались с табличными [6], определёнными для уровня значимости $\alpha = 0,05$, и степеней свободы, равными соответственно $f_1 = 2$ и $f_2 = 30$. При этом были получены следующие результаты: $F_1 = F_2 = F_3 = 1,445 < F_{табл.} = 2,15$, которые свидетельствуют об адекватности каждого из полученных уравнений рассматриваемому процессу.

Проверка значимости всех полученных в уравнениях коэффициентов по критерию Стьюдента показала, что коэффициенты b_{12} , b_{13} и b_{23} являются незначимыми, так как абсолютная величина этих коэффициентов отличается от нуля не более чем на двухсигмовый доверительный интервал ($S_{(b_i)} = 0,076$). Поэтому после отбрасывания в уравнениях (2) незначимых коэффициентов и перевода их от закодированного к натуральному виду по известной методике [5] они примут вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{u_z} &= -0,0479 + 1,083\sigma_z - 0,175(\sigma_x + \sigma_y) \\ \varepsilon_{u_y} &= -0,0479 + 1,083\sigma_y - 0,175(\sigma_z + \sigma_x) \\ \varepsilon_{u_x} &= -0,0479 + 1,083\sigma_x - 0,175(\sigma_z + \sigma_y) \end{aligned} \quad (4)$$

Из полученных уравнений видно, что величина относительной деформации набухания по каждому из главных направлений значимо зависит от величины и соотношения всех главных напряжений, приложенных к элементу грунта.

Анализ общего вида уравнений (4) показывает прямую аналогию их с физическими уравнениями, используемыми в теории термоупругости [7]. Так, детальное сопоставление общего вида и каждого коэффициента полученных уравнений (4) с коэффициентами физических уравнений классической термоупругости показывает, что b_0 – является членом, описывающим свободное набухание грунта образца при увеличении его влажности на $\Delta W_i = f(\sigma_{cp}; \rho_0; w_0)$, где σ_{cp} – величина среднего напряжения, приложенного к элементу грунта; ρ_0 – плотность набухающего грунта; w_0 – начальная влажность набухающего грунта образца.

Опытные и расчётные величины абсолютного набухания хвалынской шоколадной глины при различном сочетании факторов и различных методиках расчёта

№ п/п	Результаты опытов	Результаты расчёта по форм. (24) СНиП 11-15-74	Ошибка, %	Результаты расчёта по уточненной в работе Е.М. Рыжова форм. (24) СНиП 11-15-74	Ошибка, %	Результаты расчетов по уравнению регрессии (2)	Ошибка, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,92	0,99	+7,6	1,20	+30	0,91	-1
2	0,25	0,54	+116	0,61	+144	0,22	-12
3	2,27	1,69	-25	2,43	+9	2,30	+1,3
4	0,48	0,72	+50	0,89	+35	0,53	+9
5	0,31	0,96	+209	0,32	+3	0,28	-10
6	0,01	0,54	-	0,00	-	0,00	-
7	1,50	1,69	+13	1,19	-20	1,53	-1,9
8	0,15	0,66	+340	0,18	+20	0,16	+6
9	0,34	0,53	+56	0,64	+88	0,35	+0,15
10	1,09	0,52	-52	0,59	-46	1,13	+3,6
11	1,27	1,17	-8	1,26	-0,8	1,26	-0,79
12	0,24	0,23	-4	0,26	+8	0,23	-4,30
13	1,06	0,66	-38	0,89	-16	1,00	-6
14	0,52	0,58	+11	0,37	-29	0,50	-4
15	0,80	0,55	-31	0,56	-30	0,74	-4,9
16	0,90	0,37	-59	0,38	-59	0,74	-
17	0,70	0,56	-20	0,56	-20	0,74	-
18	0,71	0,59	-17	0,60	-15	0,74	-
19	0,81	0,53	-34	0,65	-19	0,74	-
20	0,76	0,65	-14	0,52	-31	0,74	-

Коэффициенты $b_1, b_2 = b_3$ являются членами, характеризующими деформируемость элемента набухающего грунта, влажность которого увеличивалась на ΔW_i .

Таким образом, полученный экспериментальный материал (табл. 3) доказывает возможность математически обоснованного применения термовлажностной аналогии процесса набухания маловлажных глинистых грунтов в расчётах оснований, сложенных набухающим грунтом, по деформациям с учётом сложного напряженного состояния.

Выводы:

1. Для увеличения достоверности и точности расчётов оснований, сложенных набухающими грунтами, по деформациям необходим учёт в них фактически существующего в естественном основании сложного напряженного состояния грунта.

2. Описание процесса набухания глинистых грунтов в условиях сложного напряженного состояния наиболее достоверно возможно с помощью физических уравнений, полученных на основе выявленной термовлажностной аналогии изучаемого

процесса температурному расширению твёрдых тел и учитывающих все выявленные особенности процесса набухания маловлажных глинистых грунтов.

Литература

1. Сорочан, Е. А. Строительство сооружений на набухающих грунтах / Е. А. Сорочан. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 312 с.

2. Айтчисон, Г. Д. Набухающие грунты. Генеральные доклады VIII Международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению / Перевод с английского; Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. Нац. ассоц. СССР по механике грунтов и фундаментостроению. – Москва: Стройиздат, 1975.

3. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

4. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 339 с.

5. Передельский, Л. В. Набухание и усадка глинистых грунтов: учебно-методическое пособие / Л. В. Передельский, В. П. Ананьев; М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. Рост. инж.-строит. ин-т. – Ростов н/Д: [б. и.], 1973. – 144 с.

6. Ковшов, В. Н. Постановка инженерного эксперимента / В. Н. Ковшов. – Киев, 1982. – 120 с.

7. Тимошенко, С. П. Теория упругости / Перевод с английского; под ред. Г. С. Шапиро. – 2-е изд. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 560 с.

**Исследование процесса набухания глинистых грунтов
методом математического планирования эксперимента**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Белова Анастасия Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Старостина Екатерина Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

В данной статье проводится исследование процесса набухания хвалынских шоколадных глин с помощью метода математического планирования эксперимента в условиях невозможности бокового расширения. Изучается влияние на процесс набухания таких факторов, как удельный вес и начальная влажность набухающего грунта, а также нагрузка, прикладываемая к грунту.

Как известно, процесс набухания грунта зависит от многих факторов: минералогического состава (соотношения между минералами, составляющими структуру набухающего грунта), обменного комплекса грунта (количества и состава обменных катионов), физических характеристик грунта (начальной плотности, начальной влажности, структурной прочности грунта, влажности предела текучести, влажности предела раскатывания), величины и характера внешних воздействий (концентрации и температуры замачивающего раствора, величины гидростатического обжатия грунта, девиатора прикладываемой к основанию или образцу грунта нагрузки) и их сочетания между собой.

Исходя из априорной информации, наиболее полно и достоверно изучать многофакторные процессы и системы, какой является основание, сложенное набухающим грунтом, возможно лишь на основе применения метода математического планирования эксперимента (ММПЭ).

Указанный метод позволяет, во-первых, получить максимально достоверные эмпирические зависимости при минимальном числе опытов, во-вторых, варьировать все изучаемые факторы одновременно. При этом рассматриваемый метод дает возможность создать математическую модель изучаемого процесса или среды и проверить адекватность полученных уравнений регрессии действительному процессу [5, 6]. Однако ввиду сложности решения задачи в общем виде в такой постановке, т. е. с учетом всех влияющих на процесс набухания факторов, в работе произведено выделение на основе априорной информации основных наиболее значимых факторов. Выделение наиболее значимых факторов произведено с учетом анализа информации, отраженной в работах [1-4], и двух основных требований, предъявляемых к совокупности выделенных факторов. Первое требование – это требование отсутствия корреляции между двумя любыми факторами. При этом требование некоррелированности не означает, что между двумя факторами нет никакой связи, достаточно, чтобы эта связь не была линейной. Таким образом, это требование накладывает определенные ограничения на область определения выделенных факторов. Второе требование – это совместимость факторов. Несовместимость факторов возникает в том случае, если некоторые комбинации их значений, каждое из которых лежит внутри области определения, не могут быть осуществимы.

Учитывая вышеперечисленное, были выделены следующие факторы: удельный вес набухающего грунта γ , начальная влажность набухающего грунта W_0 , соотношение горизонтального и вертикального размеров образца $K = \frac{a}{b}$, величина гидростатического обжатия $P^Г$, девиатора прикладываемой к основанию или образцу грунта внешней нагрузки $P^А$, вид, концентрация и температура замачивающей жидкости.

В настоящей работе, которая направлена на уточнение рабочих интервалов и действительной значимости выбранных факторов, произведено изучение влияния на процесс набухания только трех наиболее значимых факторов, таких как:

- ◆ X_1 – удельный вес набухающего грунта γ ;
- ◆ X_2 – начальная влажность набухающего грунта W_0 ;
- ◆ X_3 – нагрузка, прикладываемая к набухающему грунту P .

В качестве изучаемых откликов были приняты два параметра: абсолютное значение деформации набухания и значение конечной влажности образца.

Предварительный анализ априорной информации дал возможность уточнить область определения каждого из факторов, выбрать нулевой уровень и интервалы варьирования. Результаты анализа отображены в табл. 1.

Кодированные и физические значения факторов связаны соотношением:

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\lambda_i}, \quad (1)$$

где x_i – физическое значение i -го фактора; x_{i0} – физическое значение i -го фактора на нулевом уровне; λ_i – интервал варьирования для i -го фактора, $i = 1, 2, 3, \dots$; X_i – кодированное значение i -го фактора.

Использованные в опытах образцы из хвалынской шоколадной глины имели нарушенную изотропную структуру. Физические характеристики исследованных образцов грунта находились в интервалах, указанных в табл. 2.

Таблица 1

Предварительный анализ априорной информации

Факторы Условия	X_1		X_2		X_3	
	Физ., кН/м ³	Код.	Физ.	Код.	Физ., МПа	Код.
Основной уровень X_{i0}	19,00	0	0,21	0	0,10	0
Интервал варьирования λ_i	2,00	–	0,05	–	0,05	–
Верхний уровень X_i^B	21,00	+1	0,26	+1	0,15	+1
Нижний уровень X_i^H	17,00	–1	0,16	–1	0,05	–1
«Звездные точки»: $X_i - \alpha\lambda_i$	17,00	$-\alpha$	0,16	$-\alpha$	0,05	$-\alpha$
$X_i + \alpha\lambda_i$	21,00	$+\alpha$	0,26	$+\alpha$	0,15	$+\alpha$

Для снижения влияния внешних воздействий на величину изучаемых откликов все эксперименты были выполнены с использованием двенадцатикомплектной батареи компрессионных приборов.

Таблица 2

Физические характеристики исследованных образцов грунта

Уровень изучаемых факторов		Удельный вес частиц грунта	Удельный вес грунта	Удельный вес скелета грунта	Коэффициент пористости грунта	Влажность
		кН/м ³	кН/м ³	кН/м ³	–	–
$X_1 = +1$	$X_2 = -1$	27,10	21,00	18,10	0,497	0,16
$X_1 = +1$	$X_2 = 0$	27,10	21,00	17,21	0,575	0,22
$X_1 = +1$	$X_2 = +1$	27,10	21,00	16,40	0,652	0,28
$X_1 = 0$	$X_2 = -1$	27,10	19,00	16,37	0,655	0,16
$X_1 = 0$	$X_2 = 0$	27,10	19,00	15,57	0,740	0,22
$X_1 = 0$	$X_2 = +1$	27,10	19,00	14,84	0,826	0,28
$X_1 = -1$	$X_2 = -1$	27,10	17,00	14,65	0,849	0,16
$X_1 = -1$	$X_2 = 0$	27,10	17,00	13,93	0,945	0,22
$X_1 = -1$	$X_2 = +1$	27,10	17,00	13,28	1,040	0,28

Образец набухания грунта нарушенной структуры имел следующие показатели: площадь $S_0 = 40,0 \text{ см}^2$ и высоту $h_0 = 1,5 \text{ см}$. Замачивание образцов производилось снизу через перфорированное дно прибора дистиллированной водой при температуре окружающей среды $T = 20 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$.

В качестве плана эксперимента был выбран рототабельный, центральный, композиционный план. Матрица планирования эксперимента и результаты параллельных опытов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Рототабельно-центральный, композиционный план проведения экспериментов

Область матрицы	№ опыта	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_0	$\bar{y}_{\text{Сп}}, \text{ мм}$	$\bar{y}_{\text{вк}}, \%$
Ядро планирования	1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	0,92	0,348
	2	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	0,25	0,359
	3	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	0,27	0,290
	4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	0,48	0,280
	5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	0,31	0,322
	6	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	0,01	0,344
	7	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	1,50	0,256
	8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,15	0,280
«Звездные точки»	9	-1	0	0	0	0	0	+1	0,10	0,337
	10	+1	0	0	0	0	0	+1	1,09	0,260
	11	0	-1	0	0	0	0	+1	1,27	0,293
	12	0	+1	0	0	0	0	+1	0,24	0,300
	13	0	0	-1	0	0	0	+1	1,06	0,307
	14	0	0	+1	0	0	0	+1	0,52	0,293
«Нулевые точки»	15	0	0	0	0	0	0	+1	0,80	0,293
	16	0	0	0	0	0	0	+1	0,90	0,269
	17	0	0	0	0	0	0	+1	0,70	0,293
	18	0	0	0	0	0	0	+1	0,71	0,298
	19	0	0	0	0	0	0	+1	0,81	0,290
	20	0	0	0	0	0	0	+1	0,90	0,300

Указанные в табл. 3 абсолютные значения деформаций набухания образцов фиксировались индикатором часового типа с точностью 0,01 мм, а конечная влажность образца при стабилизации процесса набухания определялась весовым способом по ГОСТ 5179-64.

В эксперименте была принята двукратная повторность опыта. Результаты опытов обрабатывались по известной методике [5, 6], при этом подбор регрессионных уравнений, описывающих исследуемый процесс набухания хвалынской шоколадной глины, производился, начиная с уравнений первой степени.

Реализация матрицы планирования эксперимента с предлагаемой последовательностью и сочетанием принятых факторов позволила получить уравнение

регрессии для абсолютных значений деформации набухания и абсолютной величины конечной влажности образца:

$$\bar{y}_{\text{Sh}} = 0,743 + 0,39X_1 - 0,514X_2 - 0,249X_3 - 0,271X_1X_2 - 0,0356X_1X_3 + 0,101X_2X_3; \quad (2)$$

$$\bar{y}_{\text{Wk}} = 0,3008 - 0,0347X_1 + 0,0051X_2 - 0,0086X_3 - 0,00275X_1X_2 - 0,00125X_1X_3 + 0,006X_2X_3, \quad (3)$$

где \bar{y}_{Sh} – абсолютная величина деформации набухания грунта; \bar{y}_{Wk} – абсолютная конечная влажность грунта; X_1 – объемный вес образца грунта в кодированных переменных; X_2 – начальная влажность образца грунта в кодированных переменных; X_3 – внешняя нагрузка на образец грунта в кодированных переменных.

Адекватность каждого из уравнений регрессии была проверена по F-критерию Фишера:

$$F = \frac{S_{\text{Ад}}^2}{S_y^2}, \quad (4)$$

где S_y^2 – дисперсия изучаемого отклика (для \bar{y}_{Sh} : $S^2 = 0,0058$, для \bar{y}_{Wk} : $S^2 = 0,00008$); $S_{\text{Ад}}^2$ – дисперсия адекватности, определяется по формуле:

$$S_{\text{Ад}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{iT})^2}{f},$$

где y_i – значение изучаемого отклика, полученного из опыта; y_{iT} – значение изучаемого отклика, рассчитанного по уравнению регрессии; f – степень свободы (равна разности между числом различных опытов и числом параметров уравнения регрессии).

Полученные F-критерии Фишера сравнивались с табличными. Так, в нашем случае при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и степенями свободы $f_1 = 8$ и $f_2 = 15$, $F_{\text{табл}} = 2,8$, причем расчетный F-критерий для каждого из уравнений регрессии меньше табличного:

$$F_{\text{табл1}} = 2,8 > F_{\text{Sh}} = 0,286;$$

$$F_{\text{табл2}} = 2,8 > F_{\text{Wk}} = 1,438,$$

что является доказательством адекватности каждого из уравнений в рассматриваемом процессе.

Полученные коэффициенты каждого из уравнений регрессии были проверены на значимость по критерию Стьюдента:

$$t = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad (5)$$

где b_i – значение проверяемого коэффициента; S_{b_i} – погрешность в определении каждого коэффициента.

Полученные критерии Стьюдента для каждого коэффициента сравнивались с табличными. Выполненные расчеты показали, что коэффициенты полученных уравнений регрессии являются значимыми.

Были рассчитаны также доверительные интервалы для каждого коэффициента полученных уравнений (2) и (3). Так, для уравнения (2) при степени надежности $P = 0,95$ возможны следующие отклонения полученных коэффициентов от расчетных:

$$\begin{aligned} 0,734 < B_0 < 0,751; & & 0,505 < B_2 < 0,523; & & 0,0268 < B_5 < 0,0440; \\ 0,380 < B_1 < 0,398; & & 0,256 < B_3 < 0,258; & & 0,092 < B_6 < 0,110. \\ & & 0,262 < B_4 < 0,280; & & \end{aligned}$$

Для уравнения (3) при степени надежности $P = 0,95$ отклонение коэффициентов от расчетных может лежать в следующих пределах:

$$\begin{aligned} 0,299 < B_0 < 0,301; & & 0,004 < B_2 < 0,006; & & 0,00025 < B_5 < 0,00225; \\ 0,033 < B_1 < 0,035; & & 0,0076 < B_3 < 0,0091; & & 0,005 < B_6 < 0,007. \\ & & 0,00175 < B_4 < 0,00370; & & \end{aligned}$$

Величина среднеквадратичного отклонения в определении \bar{y}_{Sh} и \bar{y}_{Wk} соответственно равна: $\pm 0,0058$ и $\pm 0,00008$, что достаточно для практических расчетов и намного превосходит точность других эмпирических методов расчета \bar{y}_{Sh} и \bar{y}_{Wk} (табл. 4).

Пользоваться уравнениями (2) и (3) для практических расчетов неудобно. Поэтому уравнения (2) и (3) можно преобразовать с заменой кодированных переменных натуральными с учетом формулы (1), при этом данные уравнения будут иметь следующий вид:

$$\bar{y}_{Sh} = -24,541 + 1,599X_1 + 83,24X_2 - 0,648X_3 - 5,42X_1X_2 - 0,712X_1X_3 + 40,4X_2X_3; \quad (6)$$

$$\bar{y}_{Wk} = 0,8087 - 0,02566X_1 + 0,852X_2 - 1,126X_3 - 0,055X_1X_2 + 0,025X_1X_3 + 2,4X_2X_3. \quad (7)$$

Анализ полученных уравнений показывает, что в уравнении (6) на абсолютную величину деформации набухания активно влияют все рассмотренные факторы, причем абсолютные величины и знаки коэффициентов регрессии отображают степень влияния каждого фактора и направление отклонения каждым коэффициентом изучаемой поверхности отклика. Так, наибольшее влияние на деформацию набухания оказывают факторы X_1 и X_2 , т. е. начальная влажность и объемный вес набухающего грунта, при этом увеличение начальной влажности образца ведет к уменьшению деформации набухания, а увеличение объемного веса грунта образца ведет к увеличению деформации набухания, о чем свидетельствуют знаки перед X_1 и X_2 . Третьим по значимости является фактор X_3 , т. е. влияние внешней нагрузки, при повышении которой деформация набухания уменьшается

вплоть до нуля при $P = P_n$, о чем говорит также знак перед X_3 и граничные условия уравнения (6).

Анализ уравнения (7) показывает, что наибольшее влияние на величину конечной влажности оказывают факторы X_1 и X_3 , при этом увеличение объемного веса образца ведет к резкому уменьшению конечной влажности образца, а уменьшение нагрузки на образец ведет к увеличению конечной влажности и, наконец, фактор X_2 , т. е. начальная влажность образца, о чем говорит абсолютная величина коэффициента и знак перед X_2 .

Таблица 4

Опытные и расчетные величины абсолютного набухания хвалынской шоколадной глины при различном сочетании факторов и различных методиках расчета

№ п/п.	Результаты опытов	Результаты расчета по форм. (20) СНиП 2.02.01-83	Ошибка, %	Результаты расчета по формуле [4], уточненной в работе Е.М. Рыжкова	Ошибка, %	Результаты расчетов по уравнению регрессии (2)	Ошибка, %
1	0,92	0,99	+7,6	1,20	+30,0	0,91	-1,00
2	0,25	0,54	+116,0	0,61	+144,0	0,22	-12,00
3	2,27	1,69	-25,0	2,43	+9,0	2,30	+1,30
4	0,48	0,72	+50,0	0,89	+35,0	0,53	+9,00
5	0,31	0,96	+209,0	0,32	+3,0	0,28	-10,00
6	0,01	0,54	-	0,00	-	0,00	-
7	1,50	1,69	+13,0	1,19	-20,0	1,53	+1,90
8	0,15	0,66	+340,0	0,18	+20,0	0,16	+6,00
9	0,34	0,53	+56,0	0,64	+88,0	0,35	+0,15
10	1,09	0,52	-52,0	0,59	-46,0	1,13	+3,60
11	1,27	1,17	-8,0	1,26	-0,8	1,26	-0,79
12	0,24	0,23	-4,0	0,26	+8,0	0,23	-4,30
13	1,06	0,66	-38,0	0,89	-16,0	1,00	-6,00
14	0,52	0,58	+11,0	0,37	-29,0	0,50	-4,00
15	0,80	0,55	-31,0	0,56	-30,0	0,74	-4,90
16	0,90	0,37	-59,0	0,38	-59,0	0,74	-
17	0,70	0,56	-20,0	0,56	-20,0	0,74	-
18	0,71	0,59	-17,0	0,60	-15,0	0,74	-
19	0,81	0,53	-34,0	0,65	-19,0	0,74	-
20	0,76	0,65	-14,0	0,52	-31,0	0,74	-

Положительной стороной предлагаемого метода является, как мы видим, возможность анализа взаимного влияния факторов на изучаемые отклики.

Таким образом, уравнения регрессии (6) и (7) позволяют качественно и количественно оценить влияние на процесс набухания каждого из рассматриваемых факторов с более высокой точностью по сравнению с другими. Наряду с отмеченным, уравнение (6) позволяет с достаточной для практики точностью определить величину абсолютной или относительной деформации набухания и давление набухания (если в уравнении регрессии \bar{y}_{Sh} приравнять к

нулю) изучаемой хвалынской шоколадной глины при всех возможных сочетаниях принятых во внимание факторов, в указанных табл. 1 интервалах и без проведения дополнительных опытов.

Кроме того, наличие уравнения регрессии (7) для определения максимальной конечной влажности при всех возможных сочетаниях изучаемых факторов позволяет рассчитать не только статику, но и динамику процесса набухания изучаемого грунта:

$$\bar{y}_{S_{H}}^{*} = \bar{y}_{S_{H},\max} \cdot \left(\frac{\Delta W_i}{\Delta W_{H,\max}} \right), \quad (8)$$

причем при $\Delta W_i = \Delta W_{\max} \rightarrow \bar{y}_{S_{H}}^{*} = \bar{y}_{S_{H},\max}$, при $\Delta W_i = 0 \rightarrow \bar{y}_{S_{H}}^{*} = 0$,

где $\bar{y}_{S_{H}}^{*}$ – величина абсолютной или относительной деформации набухания в процессе изменения влажности основания, сложного набухающими грунтами; $\bar{y}_{S_{H}}$ – максимальная величина абсолютной или относительной деформации набухания при существующем сочетании факторов, полной стабилизации процесса набухания и достижении максимальной конечной влажности образцом или основанием, определяется из уравнения регрессии (2); ΔW_i – влажность набухающего грунта на рассматриваемый период времени (определяется путем использования имеющихся решений в теории тепломассопереноса); $\Delta W_{H,\max}$ – максимальная конечная влажность образца или основания, определяется из уравнения (7).

Достоверность уравнения (8) основана на том, что величина абсолютной или относительной деформации набухания грунта линейно зависит от приращения влажности изучаемого грунта, см. работы [1, 4].

Рассмотрим в качестве примера, оценивающего достоверность предложенного метода МПЭ, расчет абсолютной величины характеристика грунта при различных методах расчета специальных характеристик набухающего грунта. В первом из примененных методов (гр. 3, табл. 4) используется формула (20) СНиП 2.02.01-83:

$$\bar{y}_{S_{H}} = m \cdot \frac{k(W_k - W_0)}{t + e_0} \cdot h_0, \quad (9)$$

где W_k – конечная влажность набухающего образца; W_0 – начальная влажность образца; e_0 – начальная пористость образца; k – коэффициент, зависящий от физических характеристик грунта, определяется отношением величины относительного свободного набухания к величине приращения влажности образца; m – коэффициент условия работы; h_0 – начальная высота образца.

Указанная формула позволит учитывать влияние на абсолютную деформацию набухания таких факторов, как начальная пористость e_0 , приращение влажности ΔW и косвенно через конечную влажность W_k величину прикладываемой к образцу внешней нагрузки, так как конечная влажность набухания грунта есть функция внешней нагрузки.

Рассматриваемый метод имеет значительную погрешность в определении абсолютной величины деформации набухания ввиду недостаточно точной математической формулировки и взаимосвязи между факторами. Ошибка результатов расчета по формуле (20) СНиП 2.02.01-83 достигает +340 % и –59 %, за исключением отдельных опытов, где ошибка не превышает 10 %. Так как знак ошибки имеет и положительные, и отрицательные значения для рассматриваемых сочетаний факторов, то это говорит о том, что искусственно устранить имеющиеся ошибки с помощью дополнительных коэффициентов не представляется возможным. Все это ставит указанную формулу в разряд приближенных.

Во втором методе расчета абсолютной величины набухания (гр. 5, табл. 4) используется уточненная Рыжковым Е.М. формула [4]:

$$y_{Sh} = \frac{K}{t + e_0} \Delta W \cdot \left(1 - \frac{P}{P_{sw}}\right) \cdot h_0, \quad (10)$$

где P – величина внешней нагрузки; P_{sw} – величина максимального давления набухания (в нашем случае определяется прямым методом измерения с помощью тензомессдоз); h_0 , ΔW , e_0 , K – см. формулу (9).

В формуле (10) производится прямой учет таких факторов, как e_0 , ΔW , P , P_{sw} . В результате учета величин внешней нагрузки и максимального давления набухания в исследуемом грунте рассматриваемая формула имеет гораздо меньшую погрешность в определении абсолютной деформации набухания, чем первый метод. Так, максимальная величина ошибки в каждую из сторон составляет +144 % и –59 %.

Однако и этот метод, несмотря на то, что отдельные результаты расчетов имеют ошибку, не превышающую $3 \div 9$ %, можно отнести только к приближенным.

Значительную погрешность в результаты расчета вносит отсутствие в формулах (9) и (10) учета взаимовлияния факторов и единой методики в определении давления набухания.

Для определения величины P_{sw} применяют прямые и косвенные методы. К прямым относятся методы, основанные на применении мессдоз различных конструкций: механических, гидравлических, электромеханических, тензометрических, оптических и др. Косвенные методы рекомендует СН 331-65. Сущность первого метода заключается в увеличении нагрузки ступенями по $0,5 \text{ кг/см}^2$. Давление, при котором фиксируется осадка порядка 0,2 % высоты образца, принимается за давление набухания. Второй метод – метод двух кривых. Здесь проводятся испытания образцов предварительно набухшего и не набухшего грунта. За давление набухания принимается точка пересечения двух кривых на графике зависимости $\varepsilon = f(P)$. В третьем методе используется зависимость $\varepsilon_{sw} = f(P)$. За нормативное давление набухания принимается величина, при которой $\varepsilon_{sw} = 0$, а за расчетное – при $\varepsilon_{sw} = 0,005$.

Однако результаты определения P_{sw} по каждому из рассмотренных методов получаются несопоставимыми, что делает формулу (10) малоприменимой при практическом применении.

Анализ предлагаемого настоящей работы метода, заключающегося в применении корреляционного уравнения (2) при расчете статистики процесса набухания и корреляционных уравнений (2) и (3) при расчете динамики процесса набухания, показывает хорошую сходимость расчетных и опытных точек. Ошибка в определении абсолютной величины деформации набухания не превышает в большинстве случаев $0,15 \div 6$ % и в редких случаях достигает $10 \div 12$ %. Однако максимальная ошибка прослеживается только у деформаций набухания, имеющих малую величину. Например, опытное значение $\varepsilon_{sw}^0 = 0,25$ мм и расчетное значение $\varepsilon_{sw}^{0*} = 0,22$ мм приводит к ошибке в 12 %, что вполне допустимо из-за малого влияния указанной величины на конечную деформацию подъема рассчитываемого фундамента или сооружения. В целом по точности и достоверности предлагаемый метод на уровень выше существующих.

Кроме перечисленного, в настоящей работе выполнено сопоставление и анализ расчетов P_{sw} на основе использования различных методов и результатов отдельных экспериментов, в которых P_{sw} определялось прямым методом. Результаты расчетов приведены в табл. 5. Первый из сравниваемых методов основан на физико-механическом представлении процесса набухания, которое обуславливается расклинивающим действием тонких слоев воды [7-9]. Величина расклинивающего действия считается как результирующая молекулярных и ионно-электростатических сил взаимодействия между частицами. Давление набухания в этом случае определяется из формулы:

$$P_{н,мак} = B \cdot \left[\frac{S_{уд} \gamma_{ск} \gamma_{уд}}{2(\alpha \gamma_{y1} - \gamma_{ск})} \right]^3, \quad (11)$$

где $S_{уд}$ – удельная поверхность частиц грунта в единице веса, в нашем случае равна $109,6 \cdot 10^3$ м²/кг; γ_{y1} – удельный вес частиц грунта; $\gamma_{ск}$ – удельный вес скелета грунта; $B(\Delta x)$ и α – постоянные, определяемые опытным путем и зависящие от свойств грунта и температуры.

Результаты определения давления набухающих хвалынских шоколадных глин
различными методами

№ п/п	Физические характеристики набухающего грунта			Максимальное давление набухания, МПа		
	Удельный вес грунта, кН/м ³	Влажность грунта	Удельный вес скелета грунта, кН/м ³	Опытное	Из корреляционного уравнения (2)	Из формулы (11)
1	17,0	0,16	14,65	0,210	0,195	0,250
2	17,0	0,28	13,28	0,150	0,150	0,150
3	21,0	0,16	18,10	0,500	0,350	1,200
4	21,0	0,28	16,40	0,200	0,194	0,625
5	17,0	0,16	14,65	0,210	0,195	0,250
6	17,0	0,28	13,28	0,150	0,150	0,150
7	21,0	0,16	18,10	0,500	0,350	1,200
8	21,0	0,28	16,40	0,200	0,194	0,625
9	17,0	0,22	13,93	0,190	0,181	0,195
10	21,0	0,22	17,21	0,350	0,300	0,860
11	19,0	0,16	16,37	0,330	0,280	0,519
12	19,0	0,28	14,84	0,175	0,180	0,692
13	19,0	0,22	15,57	0,370	0,250	0,400

Второй метод определения P_{sw} основан на использовании корреляционного уравнения (2), полученного в настоящей работе.

Анализ результатов определения P_{sw} по различным методам показывает, что достоверность определения P_{sw} по корреляционному уравнению является значительно выше, чем при использовании формулы (11).

Таким образом, предлагаемый метод при правильном подходе к задачам определения специальных характеристик набухающих грунтов является универсальным и адекватным в самой широкой области применения.

Изучение процесса набухания хвалынской шоколадной глины в предлагаемой работе проводилось на стандартных компрессионных приборах по стандартным требованиям нормативных документов в условиях невозможности бокового расширения образца набухающего грунта, что не всегда отвечает требованиям, исходящим из реальных условий работы набухающего грунта в основании. Так, по данным ряда исследований, таких как Е.А. Сорочан [1], Л.В. Передельский [2], Е.М. Рыжков [4] и др., процесс набухания хвалынских шоколадных глин является пространственным, т. е. происходящим по всем трем главным направлениям и, соответственно, вызывающим сложнапряженное состояние в массиве набухающего грунта. В результате возникает естественная необходимость исследования процесса предложенным методом (позволяющим математически достоверно и наиболее полно изучать процесс набухания указанных грунтов) с использованием прибора

истинного трехосного сжатия и учета таких значимых факторов, как объемный вес набухающего грунта γ , начальная влажность набухающего грунта W_0 , величина гидростатического обжатия P^F и девиатор внешней нагрузки по вертикальной оси P^D . Выполнение указанного объема работ позволит получить материал, на основе которого можно будет создать более совершенные и достоверные методы расчета оснований, сложенных набухающими грунтами.

Литература

1. Сорочан, Е. А. Строительство сооружений на набухающих грунтах / Е. А. Сорочан. – М.: Стройиздат, 1974.
2. Передельский, Л. В. Набухание и усадка глинистых грунтов / Л. В. Передельский, В. П. Ананьев. – М.: Ростов-на-Дону, 1973.
3. Инженерно-геологические обоснования хвалыньских глинистых пород в связи с условиями их формирования / В. Л. Приклонский, И. М. Горькова [и др.]. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 152 с.
4. Рыжков Е. М. Изучение режима влажности оснований из набухающих грунтов в связи с деформацией сооружений: автореферат. – Волгоград, 1975.
5. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер. – М.: Наука, 1977.
6. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. Н. Чернова. – М.: Наука, 1966.
7. Нерпин, С. Б. Поверхностные явления в механике грунтов / С. Б. Нерпин, Б. В. Дерягин // Сборник статей «Исследования в области поверхностных сил». – М.: АН СССР, 1961.
8. Зонтаг, Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге; перевод с немецкого. – М.: Химия, 1973.
9. Дерягин, Б. В. Теория гетерокоагуляции, взаимодействия и слипания разнородных частиц в растворах электролитов / Б. В. Дерягин // Коллоидный журнал. – 1954. – № 26.

**Новый принцип увеличения несущей способности слабого грунтового основания
за счёт активного горизонтального армирования грунта**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук,
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Старостина Екатерина Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Белова Анастасия Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

В данной статье рассматривается принципиально новый подход увеличения несущей способности грунтового основания за счёт активного горизонтального армирования грунта. Приведена основная конструктивная схема полой шпунтовой стенки с рабочими камерами. Выделены основные стадии процесса преднапряжения грунтового основания в рабочей зоне шпунтовой замкнутой стенки. Отмечены преимущества двойного активного преднапряжения грунта в увеличении несущей способности, а также в управлении эксплуатационной надёжностью грунтовых оснований.

В настоящее время все традиционные методы горизонтального и вертикального армирования грунтового основания являются пассивными методами воздействия. Они направлены, главным образом, на изменение распределительной способности грунтового массива. Кроме того, на практике при реализации данных методов нарушается естественная структурная прочность, из-за чего теряются все сильные стороны армирования грунта.

В последнее время в строительстве в технологии усиления грунтовых оснований и при устройстве фундаментов находят применение:

- локальные взрывные работы, к примеру, при устройстве фундаментов глубокого заложения с целью уплотнения грунта;
- низкочастотное поверхностное и глубинное виброуплотнение;
- статическое послойное уплотнение грунта различными катками;

- формирование оптимальной влажности грунта, которая позволяет добиться максимальной плотности грунта при его уплотнении;

- активное и направленное дренирование грунта для его осушения и самоуплотнения.

Все перечисленные методы являются весьма энерго- и трудозатратными, в связи с чем падает их экономический эффект.

В последнее время отечественными и зарубежными учёными было проведено ряд экспериментальных и теоретических исследований, которые были направлены на оценку напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований, нагруженных по большой площади равномерно-распределенной нагрузкой. Результаты исследований показывают, что доминирующим фактором вертикальных осадок дневной поверхности линейно-деформируемого полупространства являются большие горизонтальные перемещения рассматриваемой расчётной среды [1, 2].

Выявленная закономерность при использовании и обобщении позволила разработать принципиально новый метод увеличения несущей способности грунтового основания путём активного горизонтального армирования грунта посредством полой кольцевой шпунтовой стенки, преднапряжённой по окружающему грунту [3, 4].

Кольцевая полая стенка может быть заполнена воздухом, водой, саморасширяющимся раствором – при увеличении давления рабочего тела происходит преднапряжение грунта. Газообразное или жидкое рабочее тело нагнетается под давлением в секции полой кольцевой стенки (рис. 1).

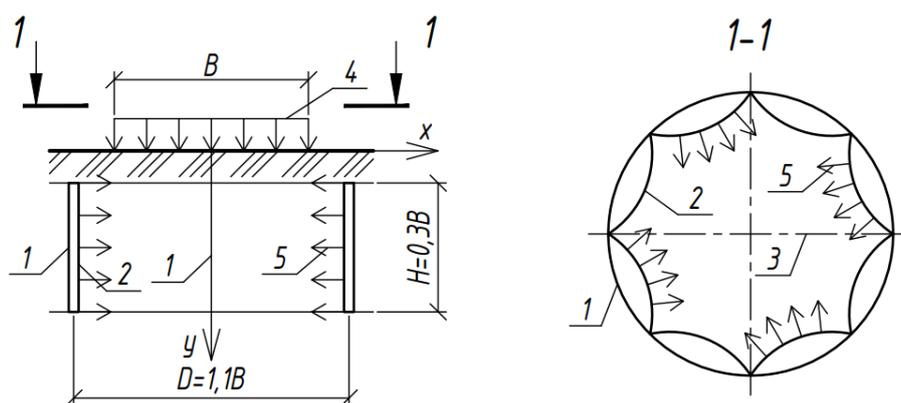


Рис. 1. Конструктивная схема кольцевой шпунтовой стенки с преднапряжением по грунту:

- 1 – внешняя стенка кольцевой шпунтовой системы;
- 2 – внутренняя стенка кольцевой шпунтовой системы;
- 3 – рабочая зона преднапрягаемого грунта;
- 4 – нагрузка от днища резервуара;
- 5 – давления преднапряжения грунта

В ходе практического осуществления предложенного принципа увеличения несущей способности грунтового основания путём активного армирования в горизонтальном направлении выявлена возможность осуществления двойного преднапряжения исследуемого

грунта. Данная возможность означает, что в базовом варианте решения преднапряжение может быть выполнено для каждой отдельной секции (за счёт внешней стенки), а при двойном преднапряжении – преднапряжение всей рабочей зоны грунта путём уменьшения диаметра внешней кольцевой стенки как единой системы. Кроме того, увеличение давления преднапряжения для каждой из рабочих секций ведёт к более интенсивному процессу упрочения грунта как локально (для каждой из рабочих секций), так и всей единой системы (за счёт некоторого уменьшения рабочего диаметра всей кольцевой шпунтовой стенки).

При деформировании каждой рабочей секции длина дуги секции (внутренней стенки) будет постоянной, а её форма будет меняться за счёт увеличения стрелы подъёма h_1 и уменьшения рабочей длины хорды a . Весь процесс деформирования можно условно разбить на 3 этапа (рис. 3а, б, в). Равновесное состояние можно представить на рис. 2.

Основные этапы деформирования полой кольцевой шпунтовой стенки:

1. Давление преднапряжения отсутствует. Обе рабочие стенки в каждой секции будут иметь исходное положение (рис. 3а).

2. Увеличение давления преднапряжения. Внутренняя стенка 2 примет новое устойчивое положение (рис. 3б), причём сохранит первоначальную длину рабочей хорды.

3. Дальнейшее увеличение давления преднапряжения. На данном этапе произойдёт значительное увеличение стрелы подъёма секции h_2 и уменьшение рабочей длины хорды. При этом существенное изменение рабочей стрелы секции приведёт к уменьшению рабочего диаметра всей исследуемой системы при напряжении, что обеспечит необходимые условия для двойного напряжения грунта (рис. 3 в).

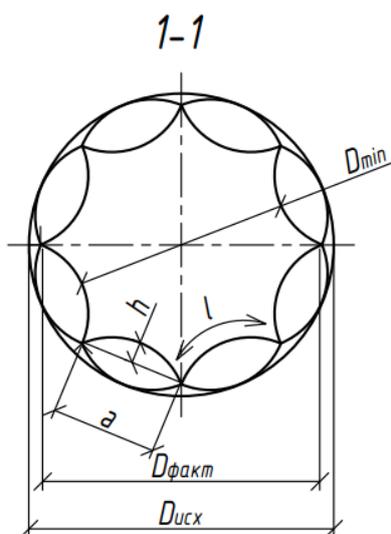


Рис. 2. Схема двойного преднапряжения грунта кольцевой шпунтовой стенкой:
 h – стрела подъема секции; a – длина рабочей хорды; l – длина дуги стенки рабочей секции;
 1 – внешняя стенка шпунта; 2 – внутренняя стенка шпунта

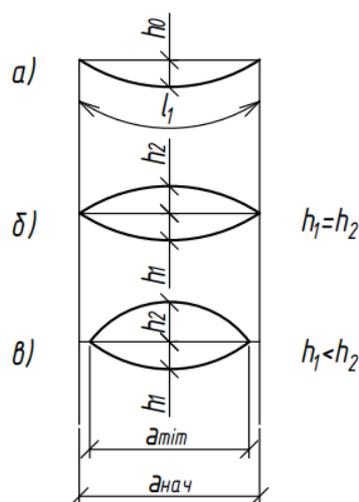


Рис. 3. Этапы деформирования рабочей секции шпунтовой стенки, преднапряженной по грунту:

а - первый этап, преднапряжения равно нулю; *б* - второй этап, $h_2 = h_1$;
в - третий этап, $h_2 > h_1$; h_1 - стрела подъема внешней стенки; h_2 - стрела подъема внутренней стенки; a_{min} - минимальная хорда при максимальном преднапряжении грунта

Рассмотренная конструкция кольцевой шпунтовой стенки позволит:

- ✓ выполнить усиление слабых грунтовых оснований;
- ✓ создать все необходимые условия для активного управления несущей способностью формируемого грунта.

Данное преимущество предложенного метода позволит корректировать деформационное поведение объекта в целом при строительстве и эксплуатации путём увеличения давления в определённой выделенной рабочей секции полой стенки.

Таким образом, предлагаемый принцип увеличения несущей способности грунтового основания на основе использования полой кольцевой шпунтовой стенки, преднапряжённой по окружающему грунту, позволит с минимальными энерго- и трудозатратами повысить прочность и устойчивость слабых и органоминеральных грунтов, что в свою очередь создаст практическую возможность возведения на указанных грунтах уникальных высотных, мостовых и ответственных энергетических объектов, а также крупноразмерных резервуаров объемом свыше 100000 м³.

Литература

1. Балюра, М. В. Экспериментальные исследования горизонтальных перемещений в основании жёсткого штампа: автореферат. – Новочеркасск, 1975.
2. Основания и фундаменты резервуаров / Ю. К. Иванов, П. А. Коновалов, Р. А. Мангушев, С. Н. Сотников; под ред. П. А. Коновалова. – М.: Стройиздат, 1989. – 223 с.

3. Землянский, А. А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения / А. А. Землянский. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2005. – 320 с.

4. Землянский, А. А. Фундаменты стальных резервуаров и деформации их оснований / А. А. Землянский, П. А. Коновалов, А. А. Тарасенко. – Москва: Изд-во «Ассоциация строительных вузов», 2009. – 336 с.

УДК 624.131.52

Повышение эффективности шлакобетона, армированного стальной фиброй

Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

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

В данной работе рассмотрены основные закономерности формирования структуры сталефибробетона. Приведены определяющие аспекты по структурообразованию при применении шлака как крупного и мелкого заполнителя. Предложено конструктивное решение соединения преимуществ сталефибробетона и шлакобетона в сталефиброшлакобетоне монолитных перекрытий по несъёмной металлической опалубке из профнастила.

Сталефибробетон – композиционный материал, который состоит из бетонной матрицы, армированной стальными волокнами диаметром d_f от 0,3 до 1,2 мм, с соотношением длины и диаметра $l_f/d_f = 50 \dots 120$ и объёмным содержанием μ_{fv} от 0,5 до 3,0 %. Сталефибробетон не нашёл широкого распространения в нашей стране, однако наибольшее применение получил при строительстве дорожных и аэродромных покрытий, в некоторых случаях – для сооружений повышенной стойкости к различного рода воздействиям: резервуаров, бункеров, антисейсмических и спецсооружений; для гражданского и промышленного строительства в виде оболочечных конструкций и в полах. Современные задачи ставят исследования сталефибробетона как материала для широкого круга пользователей на стадиях формирования его характеристик при проектировании, изготовлении и эксплуатации таких конструкций [1, 2]. В данной работе показано, что эффективное армирование стальной фиброй возможно не только для обычного, но и бетона

на основе металлургического шлака с повышением его эффективности в монолитных перекрытиях по несъемной опалубке из профнастила [3, 6, 8].

Структура фибробетона формируется главным образом за счёт бетонной матрицы. Структурообразование закладывается на стадиях проектирования, изготовления бетонной смеси и формирования СФБК (рис. 1) [1-5].

Матрицу бетона обеспечивают такие параметры армирующих волокон, как временное сопротивление растяжению R_{sf} , модуль упругости E_{sf} , диаметр d_f и отношение длины и диаметра l_f/d_f , их объёмного содержания μ_{fv} , а также формы и состояния поверхности. С другой стороны, на формирование структуры накладывает влияние состояние бетонной матрицы, что характеризуется не только прочностными характеристиками бетона (сопротивлению бетона сжатию R_b и растяжению R_{bt}), но и состоянием поверхности раздела фаз [1-5].

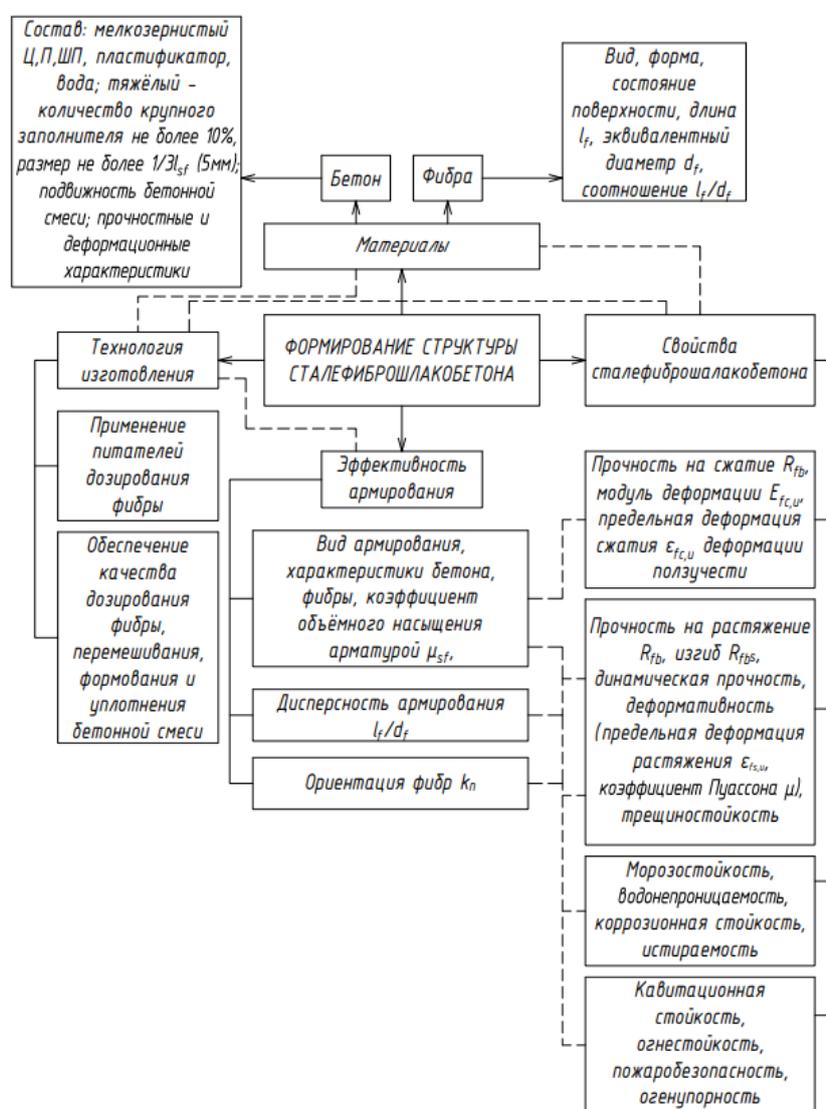
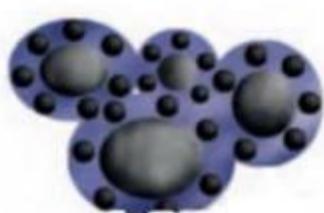
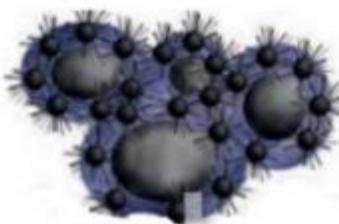


Рис. 1. Зависимость формирования структуры сталефиброшлакобетона от применяемых материалов, требуемых свойств, эффективности фибрового армирования и технологии изготовления

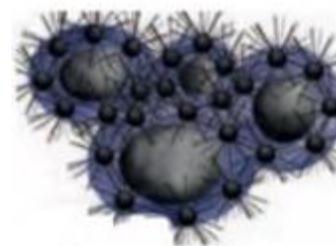
В существующей нормативной литературе не даётся строгая градация сталефибробетона по классам, т. к. характеристики по прочности на сжатие, растяжение и изгиб имеют большую зависимость не только от состава бетона, но и от параметров фибрового армирования. Тем не менее сталефибробетон, применяемый на практике, можно классифицировать по прочности на сжатие от $V_f 20$ до $V_f 80$ с дискретным шагом 5 МПа; по прочности на растяжение $V_{ft} j_n 1,0$ до 6,0 МПа; на растяжение при изгибе от $V_{fib} 4,0$ до $V_{fib} 36,0$ (шаг 0,8 МПа) [1, 3]. Приведённые повышенные характеристики сталефибробетона на растяжение и при изгибе обуславливаются условиями получения структуры данного материала при твердении [1, 2]. Фибра является элементом, который концентрирует воду затворения в виде поверхностной плёнки, что является катализатором срастания и получения кристаллов цементного камня при наборе прочности бетона во времени со времени его укладки в СФБК. В процессе гидратации получаемые новообразования (фибра+цемент) являются структурообразующими элементами бетона (рис. 2). Гидратация силиката кальция во многом зависит от удельной поверхности цемента, поэтому получение кристаллов и их срастание интенсифицируется при включении в бетонную матрицу частиц, химический состав которых имеет минералы силикатов кальция, кремнезёма, а удельная поверхность которых достаточна для химического взаимодействия в процессе структурообразования матрицы. Такими частицами могут быть активные минеральные добавки, в частности микрокремнезем. Аналогичный эффект действия будет оказывать и измельчённый металлургический шлак, имеющий в своём составе минералы силикатов, алюмосиликатов, алюминатов и ферритов.



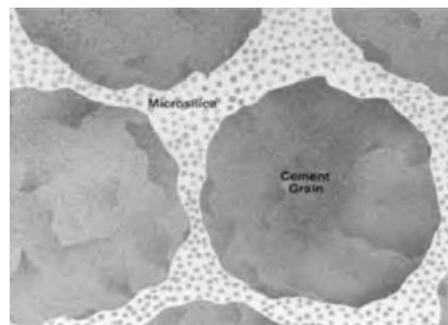
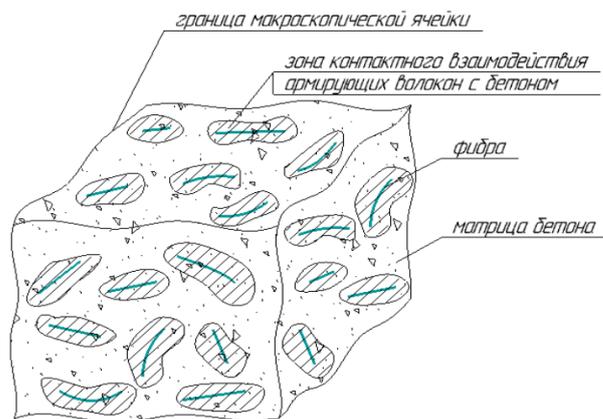
a



б



в



г

д

Рис. 2. Схема структурообразования сталефиброшлакобетона:

а, б, в – классическая схема структурообразования цементного геля:

а – цемент с водой образует цементный клей вокруг зерен заполнителя; б – цемент вступает в химическую реакцию с водой, из цементного клея образуются кристаллы;

в – кристаллизующиеся зерна цемента срастаются друг с другом и образуют цементный камень, придающий бетону необходимую прочность и долговечность;

г, д – формирование структуры матрицы сталефиброшлакобетона:

г – за счёт фибры; д – за счёт шлакового песка

Минералы мелкого шлака имеют закристаллизованность и дают малый эффект при твердении шлакобетона на прочностные и деформационные характеристики. Тепловая обработка позволяет раскристаллизовать минералы шлака, а также выполнить преднапряжение введённой фибры. Образующиеся таким образом центры ускоренной гидратации, а также нагрева и удлинения фибры позволяет получить преднапряжённый бетон вследствие условий работы фибры в стеснённых условиях при остывании из-за нарастающих кристаллов бетонной матрицы, а также их срастания между собой.

Фибровое армирование позволяет повысить в несколько раз физико-механические характеристики сталефибробетона [1]:

1. Прочность при сжатии. Предел прочности определяется процентным содержанием фибры в бетоне и практически не зависит от их диаметра и прочности сцепления фибр с матрицей.

$$R_{fb} = R_b + k_n^2 \varphi_f \mu_{fv} R_f, \quad (1)$$

где R_b – расчётное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа; φ_f – коэффициент эффективности косвенного армирования;

$$\varphi_f = \frac{5+l_f}{1+4,5L}, \quad (2)$$

$$L = \frac{k_n R_{sf}}{R_b}, \quad (3)$$

μ_{fv} – коэффициент объёмного армирования; R_{sf} – расчётное сопротивление фибр растяжению, МПа; R_b, R_{sf} – принимаются по СП.

2. Прочность при растяжении. Предел прочности при растяжении имеет прямую пропорциональную зависимость не только от процентного содержания фибры, но во многом определяется длиной и растёт с увеличением сцепления бетона с фиброй. Восприятие растягивающих напряжений может быть выражено зависимостью:

$$\sigma_{max} = 2\tau_{сц} \frac{l}{d}. \quad (4)$$

3. Прочность на растяжение при изгибе. Для СФБ показатель может быть повышен по сравнению с обычным бетоном в 3 - 3,5 раза, что является ключевым фактором применения фибры в покрытиях дорог, аэродромных покрытиях, полах промышленных зданий, подверженных изгибным нагрузкам.

4. Динамическая прочность. Ударная прочность характеризуется равномерностью распределения энергии удара, что обеспечивает увеличение сопротивления удару, динамическое упрочнение и выносливость строительных конструкций (предел выносливости больше на 30 %, чем для железобетона). Большая вязкость при сейсмических воздействиях может обеспечить антисейсмическую защиту.

5. Трещиностойкость. Трещиностойкость определяется коэффициентом не только насыщения фиброй бетона, но и дисперсности армирования. Предел трещиностойкости можно описать уравнением аналогично уравнению Гриффитса с добавлением W_{ϕ} :

$$W_y + W_{п} + W_{\phi} = const, \quad (5)$$

где W_y – энергия упругой деформации; $W_{п}$ – поверхностная энергия тела; W_{ϕ} – энергия, накапливаемая в процессе деформации фибры.

При работе СФБК выделяют такие стадии работы под нагрузкой, как линейная стадия до появления трещин, нелинейная после образования трещин. Начальный модуль упругости на 30 - 100 % выше значения обычного бетона и увеличивается с ростом возраста бетона. Предельная деформация сжатия $\varepsilon_{fs,u} = 0,012$ (в 3 раза выше, чем у обычного бетона). Кроме того, сталефибробетон характеризуют такие деформативные характеристики, как деформация растяжения $\varepsilon_{ft,u}$ и начальный коэффициент поперечной деформации (выше на 10 - 20 %, чем для обычного бетона).

6. Деформация ползучести. Деформации ползучести при сжатии фиброармированных образцов меньше, чем для обычного бетона (на 10 - 21 %), а при растяжении – на 40 - 50 %. Данные деформации определяются главным образом уровнем напряжений в СФБК.

7. Объёмные деформации усадки. Коэффициент армирования матрицы фиброй и толщина строительного элемента определяют характер протекания и процесса усадки СФБ:

увеличение коэффициента армирования и распределения фибры по объёму, а также уменьшение толщины элемента приводит к уменьшению деформаций усадки.

8. Истираемость. Истираемость увеличивается в среднем в 2 раза по сравнению с неармированным бетоном.

9. Свойства, характеризующие долговечность: морозостойкость, водонепроницаемость, коррозионная стойкость, трещиностойкость (как косвенное свойство). Морозостойкость и водонепроницаемость тесно связаны со структурой СФБ, объёмным содержанием фибры и дисперсностью армирования. Благодаря наличию фибры поле напряжений более однородно при попеременных нагрузках «оттаивания» и «замораживания». Сталефибробетонные конструкции с фибровым или комбинированным армированием характеризуются отсутствием защитного слоя, что обеспечивается самим СФБ при условии достаточности фибрового армирования и дисперсности. В случае эксплуатации в агрессивных средах глубина карбонизации может быть уменьшена в 2 раза по сравнению с обычным бетоном и железобетоном.

Перечисленные закономерности формирования структуры фиброшлакобетона позволяют сделать вывод о целесообразности применения материала в конструкциях малой толщины для включения в работу фибры и обеспечения эффективности работы сталефибробетона при растягивающих и изгибных нагрузках.

Следует отметить, что введение в бетон фибры способствует созданию мелкопористой структуры, что отличает его от мелкозернистого бетона отсутствием крупных капилляров. В связи с этим долговечность сталефибробетона, а также шлакосталефибробетона будет обуславливаться объёмным содержанием крупного заполнителя (металлургического шлака), а также характером его распределения по объёму материала.

Введение металлургического шлака в сталефибробетон можно рассматривать в двух аспектах:

- в виде мелкого заполнителя, размер частиц которого достаточно мелкий для формирования кристаллов цементного геля;

- в виде мелкого заполнителя, его крупность должна быть не более $1/3$ диаметра применяемой фибры, что тесно связано с созданием структуры матрицы фибробетона. На практике крупность не должна быть более 5 мм.

Введение металлургического шлака повышает прочность бетона при сжатии (при введении как заполнителя с крупностью от 0,25 до 20 мм - в среднем на 20 %), прочность бетона при растяжении, деформативные свойства (главным образом при использовании

измельчённого шлака в бетонах, претерпевающих тепловую обработку, что приводит к созданию аналогичной мелкопористой структуры, как и для сталефибробетона) [6].

Приведённые аспекты по прочностным и деформативным свойствам шлакобетона показывают синхронность и схожесть свойств с бетоном, армированным стальной фиброй. Долговечность шлакобетона (при использовании главным образом шлака как тонкомолотого компонента) во многом определяется химической устойчивостью шлака в составе бетона. Данный фактор обуславливает необходимость увеличения коррозионной стойкости, что может быть достигнуто применением стальной фибры, сдерживающей деформации бетона под нагрузкой.

Эффективность фибрового армирования, отражающая преимущества применяемых материалов и обеспечение проектируемых свойств, реализуется на стадии изготовления и формования сталефибробетона. При приготовлении бетонной смеси фибру, как правило, дозируют с помощью специальных питателей и перемешивают в смесителях различного объёма стационарного или передвижного типа на базе автомашины [2].

При введении фибры для равномерного её распределения по объёму бетона придерживаются таких мероприятий, как:

- увеличение подвижности смеси (применение пластификаторов);
- снижение в допустимых пределах отношения l_f/d_f ;
- равномерная подача фибры в смеситель виброситами, грохотами и т. п.;
- сокращение продолжительности приготовления смеси.

Современные исследования направлены на улучшение процессов дозирования и перемешивания для равномерного распределения фибры по объёму бетона и недопущения её комкования. Следует отметить, что на практике вопросы технологии введения фибры вготавливаемую бетонную смесь, а также формование конструкций и уплотнений имеют большое значение и вызывают многочисленные трудности обеспечения качества фибрового армирования, что связано как со свойствами самой фибры (обладание способностью к сыпучести), так и с подвижностью и составом бетонных смесей.

В настоящее время существует опыт применения СФБК в конструкциях дорожных одежд, аэродромных покрытий, тонкостенных оболочках, конструкциях сейсмической защиты, резервуарах, бункерах, а также плитах перекрытий зданий [1]. Доминирующее применение СФБ нашёл за рубежом и в меньшей мере в России (главным образом это использование материала для покрытий дорог, аэродромов, в полах промышленных объектов).

Известно сборное решение перекрытия [7], где элемент включает полку и, по крайней мере, одно ребро, продольную стержневую арматуру, расположенную в растянутой зоне

ребра. Стальная фибра армирует полку (её толщина меньше длины фибры) и ребро (толщина ребра для совместного включения фибры в работу бетона должна быть 0,1 - 7,0 длины фибры).

В перекрытиях промышленных зданий, менее редко в гражданских зданиях применяют монолитные перекрытия по несъёмной опалубке из профилированного настила. Данное решение удовлетворяет условию включения фибры в работу бетона. Профилированный настил является элементом армирования в работе перекрытия под нагрузкой при эксплуатации, что может уменьшить или обеспечить отсутствие постановки рабочей продольной арматуры в нижней растянутой зоне [8].

В данной работе предлагается решение устройства монолитного перекрытия по несъёмной опалубке из профнастила. На рис. 3 приведено возможное решение перекрытия с профнастилом высотой 75 мм. Высота ребра 75 мм, ширина ребра 50 мм (95,5 мм в верхней части), высота полки 30 мм. Армирование может быть выполнено из проволочной фибры длиной 35 мм, эквивалентным диаметром 0,6 мм ($50 < l_f/d_f = 58 < 120$). Состав бетона – мелкозернистый, с содержанием шлакового песка как части замены обычного. Содержание шлакового крупного заполнителя (при наличии) не более 10 % от массы сухих компонентов, крупность не более 5 мм. Обеспечение несущей способности от действующих эксплуатационных нагрузок совместной работой стального профнастила и сталефиброшлакобетона может привести к отсутствию необходимости в установке нижней рабочей арматуры. Кроме того, при выполнении условия эффективности армирования – объёмном содержании фибр (1 ÷ 3 %), дисперсности армирования и ориентации фибр – возможно отсутствие необходимости установки верхних конструктивных сеток. Структура самого сталефиброшлакобетона может обеспечить необходимую жёсткость и служить долговечным защитным слоем.

Предлагается использовать электропрогрев, который обеспечит преднапряжение стальной фибры и её включение в совместную работу со шлакобетоном, позволит решить вопрос о «раскристаллизации» шлака (в случае его применения как мелкого заполнителя) и включения в процессы гидратации цементного геля и структурообразования в целом. Кроме того, электропрогрев интенсифицирует набор прочности сталефиброшлакобетоном и сократит сроки поточного метода производства строительных работ. Для реализации термической обработки на профлист можно нанести слой термостойкой краски и электропроводное покрытие, что позволит пропустить ток на время набора проектной прочности бетоном.

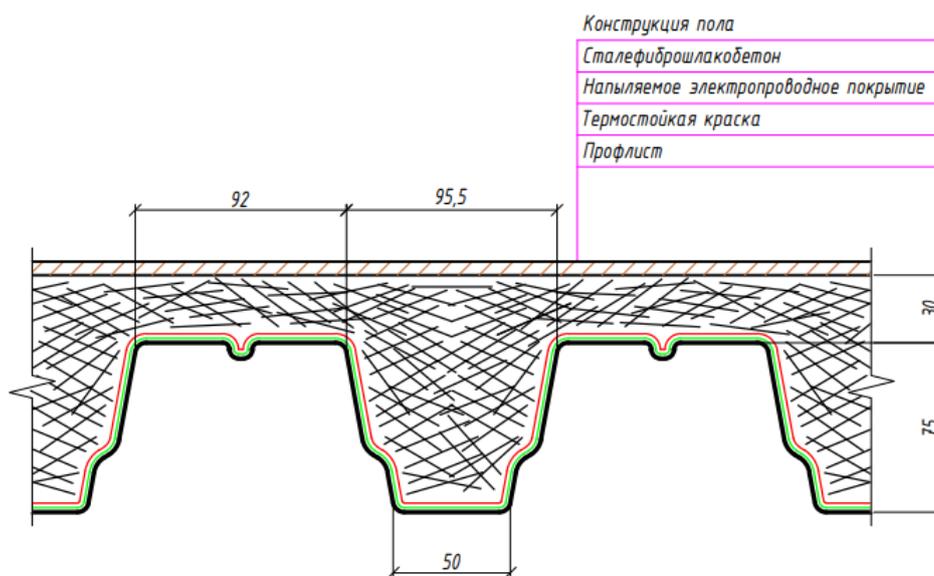


Рис. 3. Предлагаемое решение монолитного перекрытия из сталефиброшлакобетона по несъёмной опалубке из профнастила

Таким образом, повышение эффективности шлакобетона, армированного стальной фиброй, можно обеспечить формированием структуры сталефиброшлакобетона на стадиях проектирования, изготовления СФБК путём учёта требуемых эксплуатационных параметров, характеристик материалов, знания откликов влияния характеристик фибрового армирования на прочностные, деформационные и другие характеристики получаемого сталефибробетона. Реализация поставленных качественных параметров создания фибровой макроструктуры с включением фибры в работу закладывается на стадии изготовления конструкций – при дозировании фибры, перемешивании, формования и уплотнении бетонной смеси.

Литература

1. Талантова, К. В. Сталефибробетон с заданными свойствами и строительные конструкции на его основе: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Талантова Клара Васильевна. – Барнаул, 2013. – 476 с.

2. Пухаренко, Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Пухаренко Юрий Владимирович. – СПб., 2005. – 315 с.: [сайт]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15813338&>. (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

3. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций / НИИЖБ Госстроя СССР. – Москва, 1987. – 148 с.: [сайт]. – URL: <https://>

files.stroyinf.ru/Data2/1/4293796/4293796706.pdf?ysclid=l1zwbxrtl2 (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

4. СНиП 2.03.03-85. Армоцементные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 24 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854674.pdf?ysclid=l1zwf50w9u> (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

5. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: Стандартинформ, 2019. – 124 с.: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732352.pdf> (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

6. Голова, Т. А. Шлаки металлургического производства и их применение в бетонах / Т. А. Голова, Л. Д. Зотов // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – Т. I. – С. 350-355: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46124553&pff=1> (дата обращения: 12.04.22). – Текст: электронный.

7. Патент № 1021739 Российская Федерация, МПК E04C 3/20 (2000.01). Строительный ребристый железобетонный элемент: № 3364552: заявл. 29.12.1981: опубл. 07.06.1983 / Хромец Ю. Н., Рабинович Ф. Н., Шикунев Г. А., Бердичевский Г. И., Курбатов Л. Г., Светов А. А., Судаков В. В.: [сайт]. – URL: <https://patentdb.ru/patent/1021739?> (дата обращения: 12.04.22). – Текст: электронный.

8. СТО 0047-2005 Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. – М.: ЦНИИПСК им. Мельникова, 2005. – 71 с. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/fd0/4293841552.pdf> (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

Применение основных методов монтажа башенных сооружений

Князькина Екатерина Владимировна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Габалова Дарья Вячеславовна, 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

Большое значение для успешного выполнения монтажных работ имеет правильный выбор метода монтажа высотного сооружения. В данной работе рассмотрены основные способы монтажа башенных сооружений. Подробно рассмотрены их достоинства, недостатки и область их применения. Отмечено, что наиболее распространенным методом является метод наращивания.

Актуальность

Пространственные башни являются одними из сложных сооружений и при этом небезопасных в процессе их возведения. Они относятся к самым экстремальным видам сооружений из существующих и проектируемых человеком объектов [1]. В таких объектах при применении различных технологий монтажа рационально используется все – от отдельного элемента до каждой монтажной секции, и вызвано это сложными, именно экстремальными объектами, требующими особой тщательности при возведении высотного сооружения.

Практика строительства высотных сооружений, в том числе башенных, показала большое количество различных способов возведения больших и малых сооружений как в обычных условиях, так и в суровое зимнее время. Был запатентован и внедрен ряд различных вариантов возведения многими монтажными организациями. Некоторые из них уникальные и используются в особых случаях. Например, при возведении нового экспериментального сооружения, требующего подтверждения о возможности использования того или иного метода для широкого его распространения, включая типовое проектирование. Как известно, каждый метод имеет несколько разновидностей и подметодов. Все методы можно классифицировать по разным специфическим признакам, имеющим место только в

высотных башенных сооружениях и имеющим много общего с классическими методами возведения обычных гражданских и промышленных зданий и сооружений.

В данной работе будут рассмотрены и проанализированы широко распространённые и наиболее эффективные способы монтажа конструкций на примере башенных высотных сооружений.

Виды монтажа высотных башенных сооружений

Монтаж башен производится следующими способами (рис. 1):

- наращиванием в вертикальном положении со сборкой, начиная снизу вверх;
- сборкой в горизонтальном положении и подъемом сооружения в вертикальное положение;
- сборкой в вертикальном положении со сборкой, начиная сверху, и подъемом и подращиванием снизу.

Рассмотрим каждый вид монтажа более подробно с указанием достоинств и недостатков каждого из них.

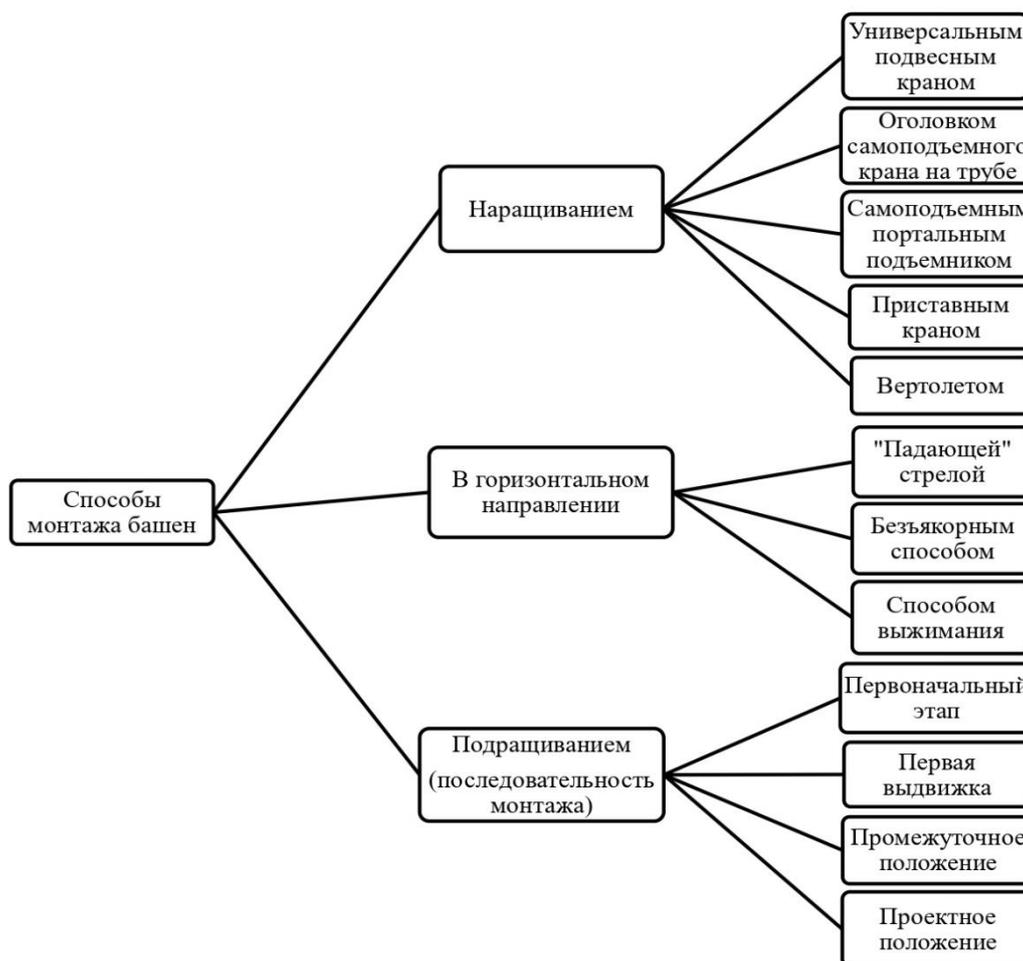


Рис. 1. Основные способы монтажа башенных сооружений

Метод 1. Монтаж способом наращивания элементов конструкций сооружения.

Сущность метода заключается в следующем. Сначала специальный монтажный механизм располагают на площадке или просто на земле. С помощью него последовательно монтируют элементы конструкции снизу вверх. Затем смонтированную конструкцию закрепляют согласно расчетной схеме. Если используется мощный кран, то монтаж упрощается – не требуется перемещения крана. Возможные варианты монтажа стальных башен методом наращивания показаны на рис. 2. Здесь обозначено: 1 – электролебедка с якорем; 2 – тяговые полиспасты; 3 – обойма; 4 – монтажная рама; 5 – труба; 6 – задняя тяга; 7 – передняя тяга; 8 – опорный столик; 9 – опорные рамки крана; 10 – ловители.

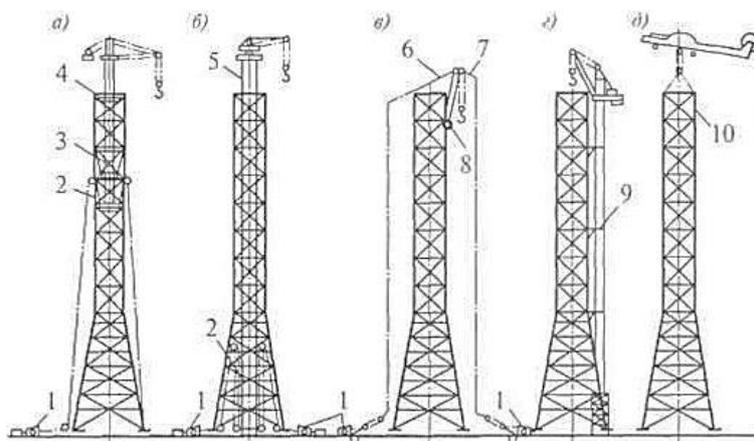


Рис. 2. Схемы монтажа башен [5]:

- а* – универсальным подвесным краном; *б* – оголовком самоподъемного крана на трубе;
в – самоподъемным порталным подъемником; *г* – приставным краном;
д – вертолетом

Следует отметить, что монтаж башен большой высоты ведут в основном методом наращивания. Причем высота сооружения может быть неограниченна при применении самоподъемных кранов (рис. 2б). Обычно монтаж ведут укрупнительными секциями или крупноразмерными элементами, применяя при этом специальные монтажные механизмы (рис. 2в). При монтаже этим способом монтируемые конструкции испытывают нагрузки от собственного веса и ветрового воздействия того же характера в направлении, что и в период эксплуатации. Максимального значения эти нагрузки достигают в последний этап монтажа. Никаких нагрузок другого характера, за исключением реакций от монтажного механизма, которые по своим величинам не являются решающими для общей несущей способности сооружения, не возникает. Кроме того, в случае прекращения по ряду причин монтажных работ, возведенную часть сооружения (но не незаконченную часть объекта) можно не консервировать.

Достоинства метода наращивания:

- все оборудование для возведения сооружения располагается в пределах монтажной строительной площадки;

- монтаж сооружения не зависит от типа и рельефа места строительства сооружения;
- работы можно выполнять в стесненных условиях, недалеко от промышленных или гражданских зданий;
- монтаж относительно несложный – ведется последовательно секциями;
- способ наращиванием практически не зависит от высоты сооружения;
- оборудование, применяемое для возведения сооружения, заметно легче и проще, чем при других методах; грузоподъемность крана определяется максимальным весом одного монтируемого элемента.

Недостатки:

- необходимы особые требования к монтажникам-верхолазам;
- затруднен контроль над процессом выполнения работ при возведении сооружения по причине больших высот объектов.

Применение. На рис. 3 приведен процесс монтажа методом наращивания ползучим краном, а на рис. 4 показан монтаж башни с помощью расчалок.



Рис. 3. Монтаж башни сотовой связи высотой 52 м в городе Краснодар [6]

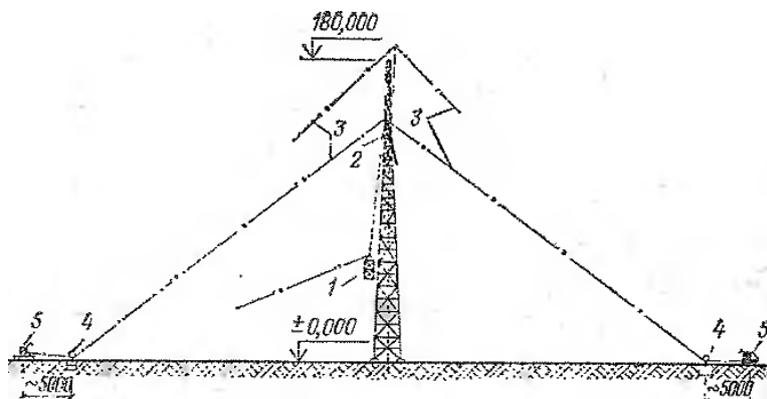


Рис. 4. Схема монтажа башни на расчалках [4]:

- 1 – поднимаемые конструкции башни; 2 – монтажная мачта; 3 – расчалка мачты;
4 – якорь с отводным блоком; 5 – лебедка

Все конструкции башни поверяют на нагрузки от монтажных механизмов и приспособлений. При необходимости проводят их усиление для безопасного монтажа с последующим возможным удалением элементов усиления.

Метод 2. Монтаж башен в горизонтальном положении.

Этот метод осуществляется следующим образом. Сборка башни происходит на земле. Затем ее поднимают в вертикальное положение (рис. 5). Подъем выполняется с поворотом вокруг шарнира, расположенного у опоры. При этом применяют лебедки для поднятия башни. Иногда для подъема башни используют специальные шевры. На рис. 5 обозначено: 1 – электролебедки; 2 – тяговый полиспаст; 3 – «падающая» стрела; 4 – башня в процессе подъема; 5 – тормозной полиспаст; 6 – портал; 7 – тяги; 8 – мачта выжимания.

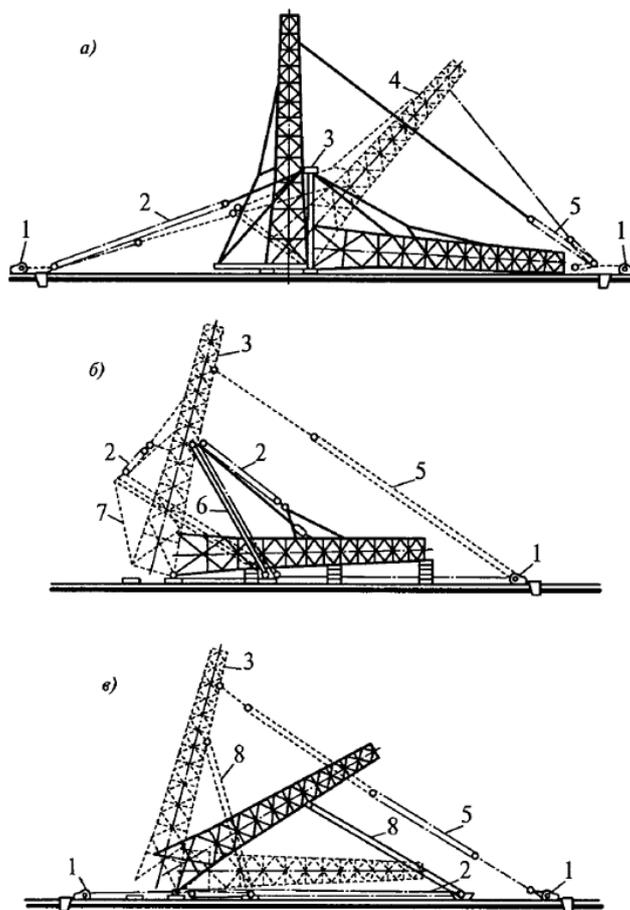


Рис. 5. Монтаж башни поворотом вокруг шарнира [5]:

а – «падающей» стрелой; б – безъякорным способом; в – способом выжимания

Достоинства монтажа в горизонтальном расположении:

- на сборку башни не требуются верхолазы-монтажники;
- выполнение сборочных работ легко контролируется;
- подъемное оборудование и приспособления необходимы только на момент подъема

башни, что заметно снижает стоимость возведения.

Недостатки:

- для башен разных размеров и массы надо оборудование разной мощности;
- сложность и большая грузоподъемность оборудования и приспособлений;
- необходима относительно большая свободная площадка для сборки на земле всего сооружения и расположения оборудования;
- грузоподъемность крана определяется суммарным весом всей башни; часто на один подъем требуется мощный кран, что дорого и неэффективно.

Применение.

Используют данный метод только для сооружений малой и средней высоты (90... 120 м) (рис. 6).



Рис. 6. Монтаж вышки связи поворотом вокруг шарнира, г. Семей [7]

Метод 3. Подращивание – монтаж снизу.

Этот метод заключается в том, что конструкции башни монтируют в вертикальном положении. Сначала монтируют верхнюю часть сооружения, а затем подращивают снизу другие части башни. Монтаж башни осуществляют специальным оборудованием (рис. 7). Затем башня прикрепляется к фундаментам. На рис. 7 обозначено: 1 – рельсы; 2 – электролебедки; 3 – уравнивательная секция; 4 – ствол газохода; 5, 6 – башня; 7 – сборочная площадка-стенд; 8 – опора башни; 9 – тяговые полиспасты; 10 – площадка с укрупнения монтажного блока.

Достоинства метода подращивания:

- лучшие условия для сборки башни на земле или сравнительно невысоко над землей (на постоянном уровне);
- дает применение сложного высокоточного оборудования для монтажа башни;

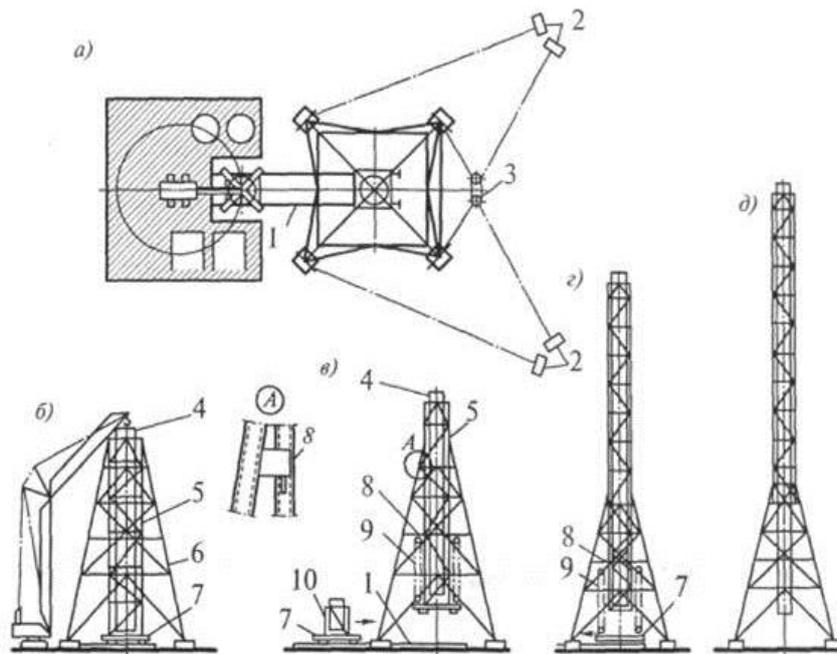


Рис. 7. Последовательность сборки и выдвигания блоков башни при подрацевании [4]:

а – сборочная площадка в плане; б...д – этапы возведения башни

- создает условия для организации постоянных рабочих мест для сборки и сварки элементов конструкций;

- позволяет возводить башни высокие и сложной конструкции.

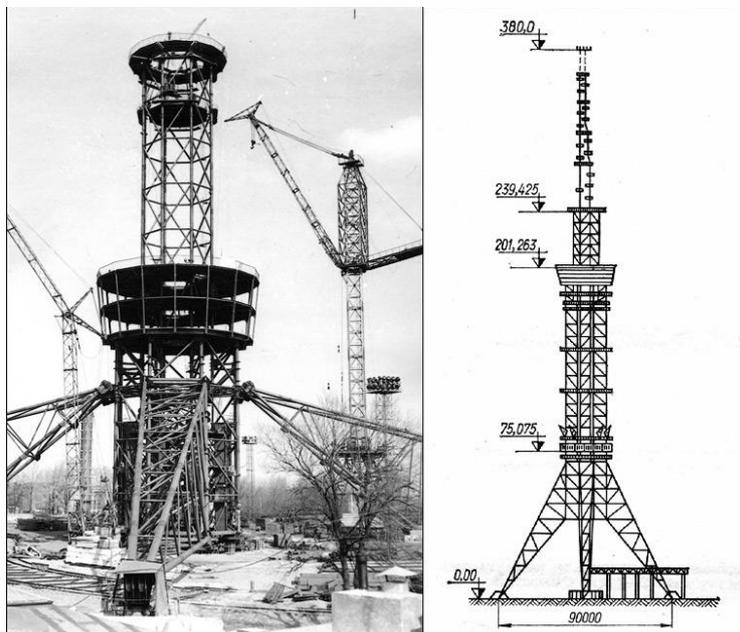


Рис. 8. Монтаж методом подрацевания телебашни высотой 385 м, г. Киев [4]

Недостатки:

- требуется мощное монтажное оборудование, которое предназначается для поддержки башни на весу;

- ненадежность от опрокидывания при большом ураганном ветре.

Применение. Примером может служить монтаж киевской башни высотой 385 м (рис. 8).

Вывод

Исходя из выполненного краткого анализа, можно отметить следующее:

➤ Большое значение для успешного выполнения монтажных работ имеет правильный выбор метода монтажа, который зависит от многих факторов: типа, высоты и количества башен, подлежащих монтажу, расположения их по отношению одна к другой, местных условий, характера площадки монтажа, наличия того или иного оборудования, количества рабочих и их квалификации, опыта и навыков техперсонала.

➤ Возведение башен методом наращивания в текущее время является наиболее универсальным способом; он несущественно зависит от высоты сооружения.

➤ Монтаж способом подращивания применяется редко.

Представленный материал может быть рекомендован проектировщикам, студентам при изучении и исследовании способов монтажа разных типов башенных сооружений.

Литература

1. Цыганок, А. И. Монтаж высотных башенно-мачтовых сооружений методом подращивания: [сайт]. – URL: <https://efmt.info/articles/montazh-vysotnyh-sooruzhenij-podraschivaniem> (дата обращения: 16.03.2022). – Текст: электронный.

2. Броверман, Г. Б. Монтаж мачтовых опор из унифицированных конструкций / Г. Б. Броверман. – Москва: Минмонтажспецстрой СССР. – 1975. – Серия 7. – Вып. 5(74). – С. 6-8.

3. Полуянов, Е. П. Монтаж мачты методом подращивания / Е. П. Полуянов // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 1973. – С. 11-12.

4. Броверман, Г. Б. Строительство мачтовых и башенных сооружений / Г. Б. Броверман. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

5. Ведомственные строительные нормы «Монтаж вытяжных башен». – 1988. – № 503-87: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9992/> (дата обращения: 16.03.2022). – Текст: электронный.

6. Башни сотовой связи Н-52 метра в Краснодаре. ЭлектроТехИнфо Информационная торговая система: [сайт]. – URL: https://eti.su/elteh/light/over/over_113395.html?bs=1 (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.

7. Изготовление и монтаж вышек г. Семей. Albo company Производство и монтаж металлоконструкций: [сайт]. – URL: <https://albocompany.ru/projects/izgotovlenie-i-montazh-vyshek-g-semej/> (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.

Особенности изготовления фибробетона и влияние волокон на его характеристики

Магеррамова Инна Александровна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Гуливанский Дмитрий Николаевич, 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

Авторами рассмотрены вопросы фибрового армирования, применение различных видов волокон в бетонной смеси. Положительные и отрицательные свойства фибр, а также изготовление и применение бетонов с фибровым армированием. Представлены история создания фибробетона, его открытия; физико-технические свойства материала, технология изготовления, принцип действия фибробетона.

В настоящее время фибробетон является перспективным конструкционным материалом, известным во всем мире своими положительными физико-механическими характеристиками [1].

От физико-технических свойств фибробетона зависят такие свойства, как теплопроводность, плотность, вид волокон.

Существует несколько наиболее применяемых видов фибры (рис. 1):

- полипропиленовая фибра снижает вес конструкции, одновременно укрепляя ее. Такой вид фибры хорошо выдерживает перепады температуры и воздействие агрессивных химических веществ. Такую фибру применяют для стяжки пола, фундамента и стен;
- стеклянную фибру лучше всего использовать, когда изделие имеет изогнутую форму. Данный вид фибры отличается своей упругостью. Стеклянная фибра отталкивает загрязнения. Ее часто применяют для отделки фасадов;
- стальная фибра самая морозоустойчивая и долговечная, которую используют при строительстве домов, также в производстве тротуарной плитки;
- базальтовая фибра обладает такими свойствами, как негорючесть, экологичность и устойчивость к химическим воздействиям. Минусом этой фибры является то, что со временем она растворяется в бетонной матрице [4].



а

б

в

г

Рис. 1. Разновидности фибры

а – стеклянная фибра; б, в – металлическая фибра; г – полиамидная фибра

Фибробетон представляет собой мелкозернистую бетонную смесь, в составе которой армирующим элементов является фибра. Она предназначена прежде всего для повышения эксплуатационных характеристик бетона, в том числе хрупкости материала и наличия трещин. Элементы волокон равномерно распределяются в теле бетона, в итоге повышая его технические качества [2].

Технология изготовления фибробетона напрямую зависит от точного состава и рационального сочетания использованных материалов [3]. Плотность фибробетона связана с обеспечением равномерного распределения волокон в бетонной смеси и их правильной ориентации в растворе. От выполнения этого условия зависит свойство изделий оказывать сопротивление внешним механическим воздействиям (рис. 2).

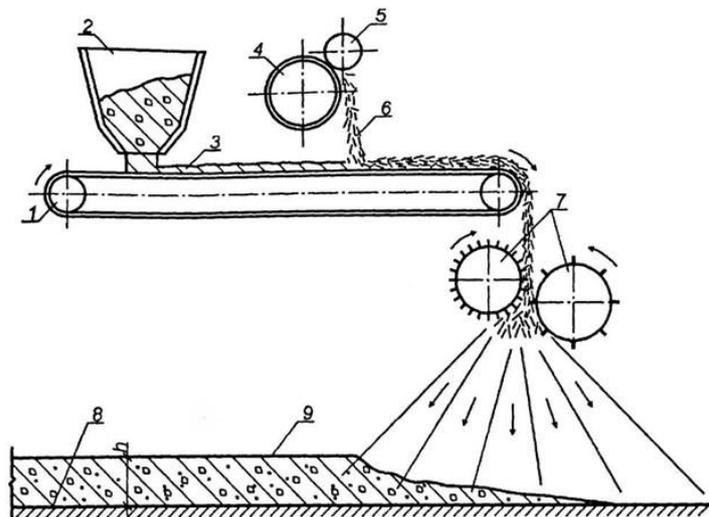


Рис. 2. Схема производства фибробетона:

- 1 – ленточный конвейер; 2 – расходный бетоносмеситель; 3 – бетонная смесь;
4 – бухта-лента из тонколистового проката; 5 – станок для нарезки из листа фибр;
6 – поток фибр; 7 – большой и малый лопастной роторы;
8 – поддон-форма; 9 – формируемое изделие*

Фибробетонные изделия, которые производятся по схеме, указанной выше (рис. 2), обладают повышенной прочностью, высокой водонепроницаемостью, морозостойкостью и высокой устойчивостью к коррозии (рис. 3).



Рис. 3. Фибробетон

Также влияние на оптимизацию производства фибробетона оказывают специальные добавки – пластификаторы, добавляемые в бетонный раствор для повышения пластичности и качества готового материала.

Неармированный бетон обладает низкой прочностью при растяжении по сравнению с прочностью на сжатие. Такие отрицательные свойства бетона можно улучшить за счет комбинирования арматуры с добавлением фибр. Преднапряженная арматура располагается в конструкциях только в определенном направлении, а фибра при правильном перемешивании распределяется в бетоне равномерно. Механические свойства бетона улучшаются за счет связи между фиброй и цементной матрицей.

В последнее время все чаще применяются фундаменты на фибровой основе, особенно в малоэтажном строительстве или незначительных сооружениях. При заливке в опалубку ленточного, свайного фундамента, а также фундаментной плиты можно не прибегать к армированию. Расчет толщины основания выполняют с учетом повышенных технологических качеств фибробетона по сравнению с обычным бетоном [4].

Также увеличивается скорость возведения такого фундамента, так как не приходится армировать опалубку перед заливкой, допускается применение арматуры по периметру.

Фибра выполняет роль надежного композита, и после застывания бетон приобретает следующие показатели:

- уменьшается просадка и растрескивание;
- увеличивается прочность конструкции на 30 %;
- пожарная безопасность возрастает выше 40 %;
- сопротивление влаге и перепадам температуры увеличивается на 10 %.

Изготовление изделий из высокопрочного фибробетона может осуществляться как в заводских условиях, так и методом 3D-печати. Технология изготовления изделий в заводских условиях осуществляется традиционно в соответствии с техническим регламентом, который включает в себя следующие технологические этапы: подготовка исходных компонентов;

подготовка фибры (нарезка определенного размера); приготовление фибробетонной смеси (смешивание компонентов); формование изделия (укладка бетона); уход за бетоном (тепло-влажностная обработка); распалубка форм, проверка ОТК и складирование изделий (рис. 4).

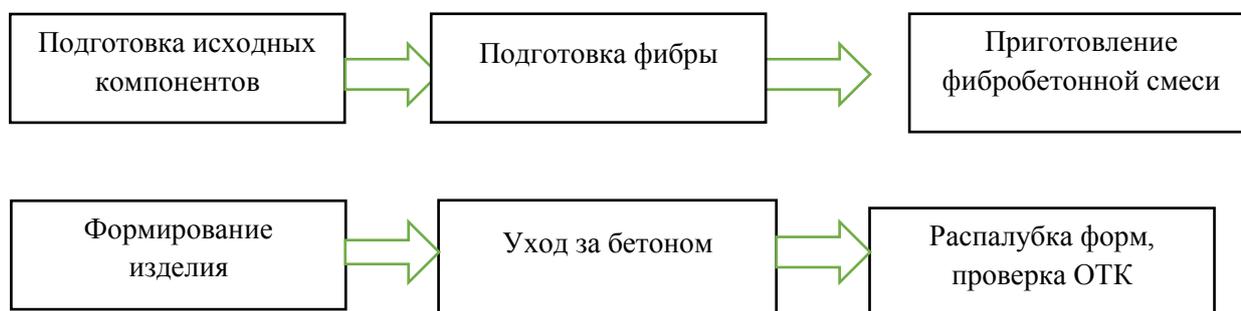


Рис. 4. Схема изготовления фибробетона

Изготовление фибробетона зависит не только от рецептурных факторов, которые включают в себя основные материалы бетона и определенные волокна, но и от технологии изготовления. В настоящее время изготовление фибробетонных конструкций целесообразно проводить в заводских условиях при четком соблюдении технологии. При этом введение фибры в бетонную смесь происходит после добавления всех компонентов для устранения ее комкования. При всех положительных качествах фибробетона он не получил широкого распространения в строительстве. Связано с высокой стоимостью волокон и особенностью технологии его изготовления.

Литература

1. Австрийская ассоциация бетона и строительных технологий 2008 г.: [сайт]. – URL: <https://concretezone.ru/images/products/rukovodstvo-po-fibrobetonu.pdf> (дата обращения: 08.04.2022). – Текст: электронный.
2. Фаликман, В. Р. Высокопрочный легкий бетон: технология и свойства / В. Р. Фаликман, Ю. В. Сорокин, О. М. Горячев // Бетон и железобетон. – 2005. – № 2. – С. 8-11.
3. Голова, Т. А. Технология производства неавтоклавных пенобетонов, дисперсно-армированных модифицированными волокнами / Т. А. Голова, И. А. Магеррамова, Н. В. Андреева // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 1(78). – С. 126-135.
4. Применение фибробетона в железобетонных конструкциях / И. В. Белоусов, А. В. Шилов, З. А. Меретухов, Л. Д. Маилян // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4. – С. 24.

Коррозия бетона, основные виды. Защита от коррозии.

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Князькина Екатерина Владимировна, 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

Основное значение любой коррозии – это разрушение. Данному негативному процессу подвержены почти все строительные конструкции, на которые оказывается то или иное влияние. Наиболее разрушительны внешние факторы, но часто причиной коррозии становится прохождение различных внутренних процессов.

Коррозия бетона – процесс разрушения элементов и конструкций из данного материала под воздействием на структуру монолита разнообразных внешних негативных факторов: агрессивных сред, физико-химических процессов, а также внутренних изменений.

Коррозия бетонных конструкций предполагает распад структуры монолита с потерей прочности и плотности, что приводит к утрате эксплуатационных свойств. Бетонные элементы разрушаются посредством расслоения, рассыпания цементного камня, так как обычно наполнители демонстрируют более высокую стойкость к агрессивным влияниям.

Экономические потери, связанные со снижением прочности и долговечности, ухудшением эксплуатационных характеристик сооружений, часто очень высоки, поэтому защита бетона от коррозии – актуальный вопрос во всех сферах, где используется данный материал. Благодаря превентивным мерам, своевременному выявлению факторов коррозии и изучению особенностей протеканий процессов удается значительно сократить финансовые потери и значительно повысить надежность, продлить срок службы разных конструкций, зданий, объектов [1-5].

Виды коррозии бетона.

Коррозия бетона и железобетона – это разъедание строительных материалов под разрушающим воздействием химических, физических, биологических факторов при возникновении контактов с окружающей средой. Ввиду того, что в своем составе бетон имеет различные компоненты и цементный камень является наиболее уязвимым, он первым страдает от коррозионного процесса [1-4].

Виды вод, которые разрушают бетон: воды в трубах и траншеях, сточные, речные, грунтовые, морские. Самыми опасными считаются грунтовые воды, которые залегают возле

промышленных предприятий, так как в них могут содержаться химические выбросы. Сточные воды также негативно влияют на материал из-за содержания химикатов. Воздействие газов можно включить в число опасных факторов.

Разрушения могут быть самыми разными и предполагать как воздействие на монолит извне, так и провоцировать изменение его структуры изнутри. При повышении влажности разведение бетона ускоряется. Коррозировать может и арматура, расположенная внутри бетона, провоцируя разрушение железобетонных конструкций (рис. 1).

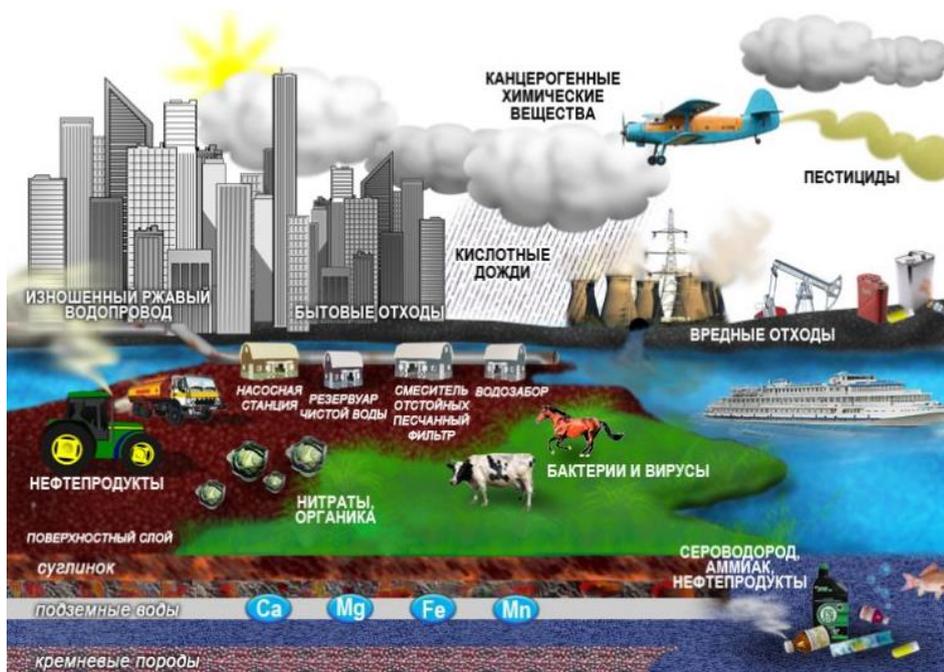


Рис. 1. Факторы влияния на коррозию бетона

Основные категории коррозии бетона:

- вымывание из цементного камня его компонентов;
- негативное воздействие агрессивных веществ на монолит;
- сочетание всех воздействий, которые меняют сам цементный камень.

Виды коррозии бетона [1-4]:

1. Химическая – происходит под воздействием атмосферных осадков, содержащегося в воздухе углекислого газа. Так появляется газовая коррозия, актуальная при повышенной влажности.

Различают три основных типа химической коррозии (рис. 2).



Рис. 2. Виды химической коррозии

Углекислотная коррозия бетона охватывает поверхность искусственного камня, вызывая механическое разрушение. Данный процесс связан с реакциями, происходящими внутри цементного камня, между его элементами и кислотами, проникающими вглубь материала вместе с водой. Возникшие новообразования не обладают вяжущими параметрами, поэтому верхний слой вымывается, а коррозия распространяется на новые участки.

Углекислотная коррозия бетона относится к воздействию второго типа и является одним из самых частых типов общеизвестной коррозии. Она возникает в результате влияния природных вод, содержащих большую долю углекислоты и гидрокарбоната кальция. Чем быстрее продукты агрессивной реакции, возникающей между цементом и водой, смываются с поверхности бетона, тем выше скорость ее воздействия на материал (рис. 3).



Рис. 3. Разрушение подземных сооружений под действием агрессивных вод

Коррозия бетонов сульфатного вида происходит при контакте с техническими растворами, сточными водами, морской водой и другими водами, особенно содержащими сульфаты в виде растворимого гипса сернокислого кальция (рис. 4).

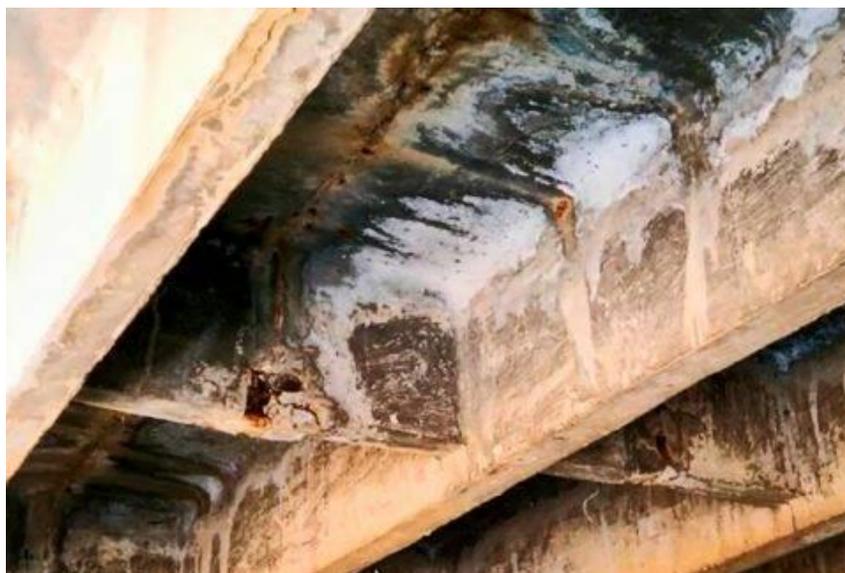


Рис. 4. Действие сульфатной коррозии на железобетонные конструкции

Магнезиальная коррозия вызывается солями магния за счет обменных процессов, приводящих к образованию хорошо растворимых солей кальция.

Под действием кислоты цементный камень почти полностью разрушается. Причем химические продукты разрушения отчасти растворяются, а в некоторой своей части сохраняются в месте прохождения реакций.

Степень активности кислотной коррозии определяется силой действующей кислоты и концентрацией ионов водорода. В результате кислотной реакции на поверхности цементного камня формируются соли кальция и рыхлая аморфная масса.

Соли кальция, растворимые в воде, вымываются из структуры, а рыхлая масса остается. Все эти процессы снижают прочность сооружения, а с течением времени разрушают его полностью.



Рис. 5. Кислотное разрушение бетонного камня

2. Радиационная – зависит от величины ионизирующего излучения, объема цементного камня. Искривление кристаллической решетки минералов провоцирует расширение наполнителя, из-за чего появляются микротрещины, макротрещины, потом материал разрушается.



Рис. 6. Разрушение бетонного образца от действия ионизирующего излучения

3. Физико-химическая – ее причиной является замерзание воды, которая попадает в поры бетона жидкой, при минусовой температуре замерзает и расширяется, затем распирает конструкцию и провоцирует появление трещин.



Рис. 7. Воздействие физико-химической коррозии на бетон

4. Биологическая – разъедается монолит под воздействием разнообразных биологических факторов (грибок, плесень, другие микроорганизмы).



Рис. 8. Разрушение бетонных конструкций под действием биологической коррозии

Коррозия арматуры в бетоне

Железобетонные конструкции представляют собой залитый раствором каркас, выполненный из стальных прутьев или сетки. Арматура внутри бетона может ржаветь под воздействием хлора, сероводорода, сернистых газов, которые содержатся в воздухе [3].

В процессе реакции появляются продукты коррозии железа, которые провоцируют увеличение объема арматуры с появлением внутреннего напряжения, которое рано или поздно разрывает бетон (появляются трещины, отслоения).

К арматуре влага и воздух проходят через поры в цементном камне. Происходит это неравномерно из-за наличия на разных зонах поверхности разных потенциалов – так появляется электрохимическая коррозия, скорость прохождения которой зависит от пористости монолита, наличия трещин, влагопроницаемости. Если в воде есть растворенные вещества, коррозия арматуры проходит с увеличением концентрации электролита.

При долгом выдерживании бетона на свежем воздухе на всей поверхности монолита появляется тонкая (толщиной в 5 - 10 мкм) пленка, которая не растворяется в воде, не взаимодействует с сульфатами, защищает камень. Процесс формирования защитной пленки под влиянием углекислоты – это карбонизация, она защищает бетон от коррозии, но провоцирует коррозию в арматуре.

Защита железобетонных конструкций от коррозии.

1. Защита арматуры в бетоне.

Существует 3 вида защиты арматуры в бетонном монолите от коррозии: создание оптимальной среды вокруг металла за счет введения в бетон специального ингибитора, улучшение характеристик металла, дополнительная защита арматуры от коррозии (использование пленок, составов и т. д.) [3]. Также актуально приготовление качественного раствора с введением пластификаторов, которые уменьшают пористость монолита.

Среда, которая окружает металл – это бетон, и для защиты металла от коррозии нужно работать с монолитом. В первую очередь исключают или минимизируют в составе вещества, вызывающие коррозию – это хлориды, роданиды. Если бетон испытывает постоянное воздействие влаги/воды, его покрывают специальными пропитками – петролатумными, битумными и другими, которые понижают уровень проницаемости камня.

Иногда используется метод омического ограничения – когда влажность бетонного монолита не превышает равновесное значение при показателе относительной влажности воздуха в 60 %. В таком случае коррозия арматуры тормозится из-за появления высокого омического сопротивления, которое демонстрируют пленки влаги возле поверхности арматуры. Но метод сложен и не дает эффекта в регионах с частыми осадками и повышенной влажностью.

Качественный бетон изначально должен пассивирующе влиять на арматуру. В среднем бетон полностью сохнет в течение 2 - 3 лет (чуть быстрее в сухом климате). За это время сильнее разрушается арматура, так как пребывает во влажной среде.

Для защиты осуществляют пассивирование поверхности арматуры и вызывают образование защитных оксидных пленок под влиянием щелочной водной среды бетона. Для этого в раствор вводят пассиваторы – примером может выступить нитрит натрия (вводят в объеме 2 - 3 % от массы цемента).

Самым эффективным на сегодняшний день считается использование мигрирующих ингибиторов коррозии, которые можно добавлять в жидкий или твердый бетон. Ингибиторы проходят через трещины в бетоне и поры до металлической поверхности, впитываются в металл, создавая защитный мономолекулярный слой. Так тормозятся процессы коррозии, перекрывается к металлу доступ влаги и воздуха.

Ингибиторы замедляют процесс появления ржавчины в среднем в 5 - 13 раз. Если использовать средство до начала процесса корродирования, время до запуска окисления металла увеличивается в 2 - 3 раза.

Чтобы использовать ингибиторы, поверхность нужно очистить от грязи и масла, грибка и асфальта, грунтовок и других составов. Потом ингибитор наносят малярным валиком либо с применением пульверизатора. Обычно выполняют в 2 этапа с промежутком по времени (около 8 часов).

2. Защита бетона

Чтобы получить оптимальный результат, желательно одновременно использовать разные виды защиты бетона. На этапе создания проекта определяются опасные для бетона факторы, рассматриваются мероприятия по профилактике и защите монолита [1-5].

Профилактическая защита бетона предполагает герметизацию конструкции, исключение агрессивных сред, улучшение вентиляции в закрытых помещениях. Важно уделить внимание и правильному конструированию – все поверхности должны быть выполнены так, чтобы иметь возможность предотвратить места скопления воды, другой органики. От цементного камня должен осуществляться нормальный водоотвод (реализуют методом создания водоотводов и поверхностей с углом).

Есть два типа защиты бетона: первичная и вторичная. Первичная защита от коррозии предполагает применение разного типа минеральных добавок в бетон, повышающих его плотность. Метод эффективен, но при слишком большой концентрации добавок можно ухудшить характеристики бетона. Используются добавки для повышения разных свойств монолита – стабилизирующие, влагоудерживающие, пластифицирующие.

Благодаря химическим добавкам увеличивается плотность бетона, что не дает проникать внутрь структуры агрессивным средам и даже защищает арматуру. Химические добавки закрывают поры камня, повышая морозостойкость.

Наиболее популярные добавки в бетон:

- противоморозные;
- воздухозахватывающие;
- пластификаторы;
- повышающие водонепроницаемость;
- антикоррозийные вещества для арматуры;
- замедлители схватывания.

Часто применяют добавки комплексного воздействия, которые одновременно меняют несколько свойств. В некоторых случаях при улучшении одних характеристик вещества ухудшают другие (менее важные).

Вторичная защита бетона от коррозии предполагает использование разных покрытий, которые не позволяют воздействовать на поверхность монолита опасным средам и веществам. Чаще всего применяют лакокрасочные смеси, обеспечивают дополнительную гидроизоляцию, долго выдерживают бетон на воздухе (до карбонизации).

Специальные краски, акриловые покрытия, лаки не позволяют попадать на бетон твердым и газообразным компонентам, способным вызвать коррозию. Такие покрытия защищают камень от влаги и противодействуют такому неприятному фактору, как биологическая коррозия бетона (воздействие микроорганизмов). Применяются разные мастики, создающие защитный барьер. Наиболее эффективными считаются смеси на базе смол.

Актуальны уплотняющие пропитки, которые могут использоваться в качестве основы перед нанесением лакокрасочных покрытий. Такие составы не позволяют воздействовать на бетон газам, влаге. Бицидные добавки защищают от бактерий, грибов, плесени. Внутри пор материала составы не позволяют развиваться бактериям.

Коррозия бетона и арматуры в конструкциях – актуальная проблема, которая значительно ухудшает эксплуатационные характеристики и сокращает срок службы. Для наиболее эффективной защиты бетонного монолита и стальных каркасов внутри лучше всего использовать несколько методов.

Литература

1. Степанова, В. Ф. Долговечность бетона / В. Ф. Степанова. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2014. – 126 с.: [сайт]. – URL: <https://elima.ru/books/?id=1368&> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

2. Баженов, Ю. М. Технология бетона: учебное пособие для технологических специальностей строительных вузов / Ю. М. Баженов. – М.: Высш. шк. – 2-е перераб. изд., 1987. – 415 с.

3. Алексеев, С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С. Н. Алексеев. – М.: Стройиздат, 1968. – 231 с.: [сайт]. – URL: <https://dwg.ru/dnl/2442?> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

4. Баженов, Ю. М. Технология бетонных и железобетонных изделий: учебник для вузов / Ю. М. Баженов, А. Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.: [сайт]. – URL: <https://dwg.ru/lib/1523?> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

5. Особенности механики разрушения компонентов бетона железобетонных конструкций при динамических ударных воздействиях / М.А.Х. Аль-Хадж, Е. Э. Коржаева, А. В. Яновская [и др.] // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 2: [сайт]. – URL: <https://esj.today/PDF/52SAVN220.pdf> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

**Проектирование сталебетонных плит перекрытий
в конструкциях зданий и сооружений**

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

Старостина Екатерина Сергеевна, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

Плиты перекрытий занимают важное место в современных конструкциях зданий и сооружений. В гражданском и промышленном строительстве широко известны следующие сталебетонные конструкции: сборные из плит заводского изготовления и монолитные, которые изготавливаются непосредственно на объекте с использованием опалубки. В обоих случаях необходима арматура, воспринимающая растягивающие усилия, так как бетон воспринимает растягивающие усилия в 10...20 раз меньше, чем сжимающие.

Во второй половине XX века для создания монолитного перекрытия широко использовался обычный профилированный настил, чаще всего марки Н-75, который служил несъемной опалубкой. Арматура укладывалась в бетонную плиту как при обычной опалубке. Этот способ значительно удешевлял строительство по сравнению со сборными плитами и ускорял процесс по сравнению с обычными монолитными конструкциями. С развитием науки и технологий появились новые виды профнастила и способы его крепления к элементам каркаса здания.

Все это позволило отказаться от обычной продольной растянутой арматуры в пролете вообще или использовать ее для дополнительного увеличения несущей способности плиты. В работу на восприятие растягивающих усилий профнастил включается с помощью элементов его крепления в сочетании с нанесением на стенки гофры специальных насечек (выштамповок) и иногда и просто отверстий. Монолитные железобетонные перекрытия со стальным профилированным настилом могут раскреплять из вертикальной плоскости стальные балки и выполнять функции горизонтальных диафрагм жесткости, воспринимающих горизонтальные воздействия и обеспечивающих пространственную жесткость здания. В конструкциях с часто повторяющимися или ударными нагрузками, вызывающими динамические эффекты, а также при сейсмических воздействиях применение рассматриваемых плит возможно при условии обеспечения в течение всего периода

эксплуатации надежной совместной работы всех компонентов сечения, что должно быть обосновано соответствующими расчетами либо экспериментально. Принципиальный вид конструкции представлен на рис. 1.

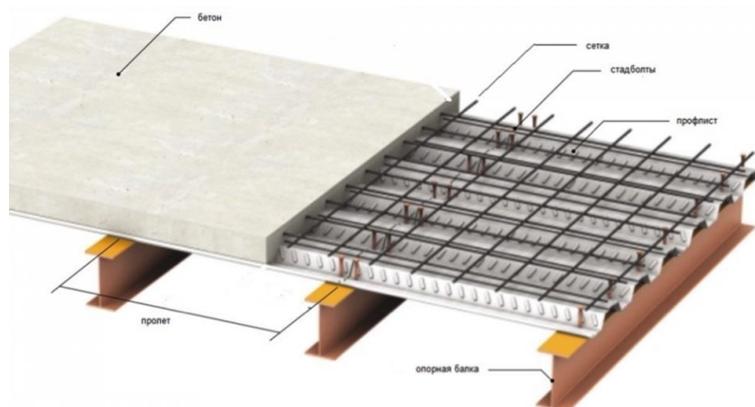
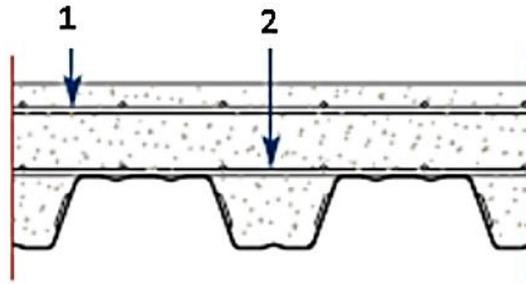


Рис. 1. Принципиальный вид конструкции сталебетонного перекрытия

Общая толщина монолитной железобетонной плиты с СПН h должна быть не менее 80 мм, а толщина бетона h_c над верхней поверхностью гофров профилированного листа не менее 40 мм. В случае совместной работы плиты с балкой или ее использования в качестве горизонтальной диафрагмы жесткости общая толщина плиты должна быть не менее 90 мм, а толщина бетона h_c над профилированным листом не менее 50 мм. Как правило, в пределах толщины бетона h_c предусматривается поперечное и продольное горизонтальное армирование, суммарное сечение которого в обоих направлениях должно составлять не менее $80 \text{ мм}^2 / \text{м}$. При этом расстояние между арматурными стержнями не должно быть больше $2h$ или 350, принимая меньшее значение. По толщине бетона арматура может располагаться в один либо два ряда. Арматура верхнего ряда с соответствующим защитным слоем бетона препятствует образованию усадочных трещин в бетоне и может воспринимать растягивающие напряжения, которые вызваны отрицательным изгибающим моментом, действующим над опорами неразрезных плит. Рабочая длина такой арматуры должна быть не менее $1/3$ пролета по обе стороны от опоры. Арматура нижнего ряда также препятствует образованию усадочных трещин в бетоне. Однако ее основным назначением является перераспределение и передача на опорные участки плиты действующих на нее постоянных либо подвижных сосредоточенных нагрузок. В этом случае между арматурой и верхней поверхностью гофров профилированных листов оставляется зазор, постоянная величина которого во время бетонирования обеспечивается с помощью пластмассовых либо металлических дистанционных реек, располагаемых между арматурой и профилированными листами.



*Рис. 2. Армирование бетона над профилированным листом:
1 – арматура верхнего ряда, 2 – арматура нижнего ряда*

Рассмотрим принцип работы сталебетонного перекрытия под нагрузкой. По существу сталебетонное перекрытие состоит из сталебетонной плиты с профнастилом и несущего основания (опорной балки). В сталебетонной плите благодаря выштамповкам и анкерным упорам на опорах обеспечивается совместная работа профнастила с бетоном. При этом возможны 3 случая работы плиты с профнастилом в зависимости от положения нейтральной оси по аналогии с работой железобетонных конструкций с жесткой арматурой таврового сечения (рис. 3а; б; в).

Анкерные упоры, а при незначительных нагрузках (до $150 - 200 \text{ кН/м}^2$) и электрозаклепки, обеспечивают совместную работу сталебетонной плиты с металлической балкой, создав условный тавр. В условном тавре верхняя полка (сжатая зона), состоящая только из бетона, а также верхней полки и верхней части стенки балки, воспринимает сжимающие усилия, а нижняя часть стенки и нижняя полка (растянутая зона) – растягивающие усилия (рис. 3г). В зависимости от положения нейтральной оси возможен еще один случай, где в сжатую зону входит только верхняя полка балки, а в растянутую зону входят стенка и нижняя полка (рис. 3д).

Анкерные упоры передают изгибающий момент на опорные балки, не позволяя бетону сдвигаться относительно профнастила. Тем самым не нарушается целостность конструкции перекрытия. Совместная работа сталебетонной плиты и опорной балки позволяет оптимизировать несущую способность конструкции и экономить общую материалоемкость, а следовательно, и стоимость перекрытия.

Сталебетонные перекрытия зарекомендовали себя как действенные проектно-конструкторские решения. Во-первых, они способны воспринимать нагрузки, возникающие при эксплуатации, в широком диапазоне, что подтверждено расчетами и испытаниями конструкций. Во-вторых, перекрытия обеспечивают требуемую степень огнестойкости (не менее REI90 без дополнительной защиты профилированного настила) [2], обусловленную как конструктивными особенностями, так и возможностью нанесения на открытые участки профнастила специальных огнезащитных составов.

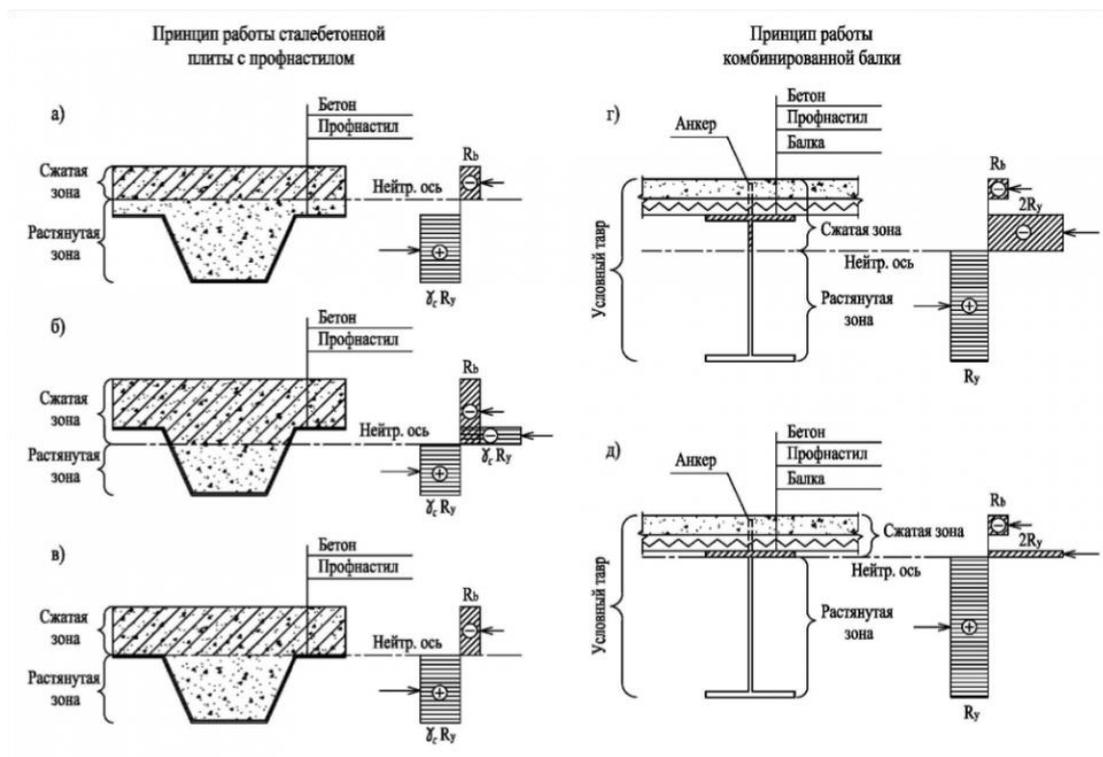


Рис. 3. Принцип работы сталебетонного перекрытия:

а – нейтральная ось располагается в полке плиты и не пересекает стенок профнастила;

б – нейтральная ось пересекает стенки профнастила;

в – нейтральная ось расположена на уровне верхней полки профнастила;

г – нейтральная ось пересекает стенку комбинированной балки;

д – нейтральная ось расположена в верхней полке комбинированной балки

В-третьих, возможность изготовления профнастилов значительных длин (до 18 - 20 погонных метров) обеспечивает проектировщику выбор самой экономичной схемы расчета конструкций зданий и сооружений – одно-, двух-, трех- и многопролетной.

Какие выгоды принесет использование сталебетонных перекрытий? Их много. Прежде всего – это высокая несущая способность. Примеры расчета параметров перекрытий приведены в табл. 1.

Во-вторых, высокая степень огнестойкости конструкции. Расчетные значения предела огнестойкости сталебетонных перекрытий приведены в табл. 2.

В дополнение к этому сталебетонные перекрытия имеют множество иных конкурентных преимуществ. Перечислим их и охарактеризуем некоторые из них. Высокие технические характеристики по прочности, жесткости и трещиностойкости. Отсутствие необходимости использования по всей длине пролета плиты продольной растянутой стержневой арматуры и обусловленное этим существенное снижение металлоемкости. Уменьшение толщины перекрытия и, как следствие, увеличение полезной высоты помещений при неизменной высоте этажа или сокращение общей высоты здания, что обуславливает снижение затрат на обшивку здания, вертикальные несущие конструкции и

обеспечивает большее пространство под инженерные сети. Высокая скорость укладки перекрытий.

Таблица 1

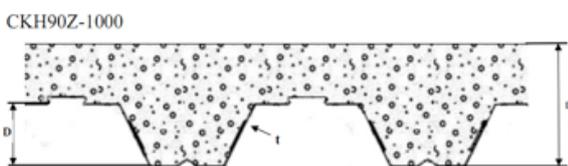
Примеры расчета параметров перекрытий. Максимальные пролеты сталебетонных перекрытий. Равномерно-распределенная нагрузка – 200 кН/ м²

Тип профнастила – СКН50Z-600

Схема опирания	Толщина сталебетонного перекрытия, мм	Толщина металла профнастила, мм				
		0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
		Пролет, мм				
Однопролетная	100	4340	4467	4577	4705	4850
	150	5790	5966	6124	6322	6533
	200	7073	7363	7570	7820	8088
Двухпролетная	100	4441	4577	4696	4832	4995
	150	5865	6049	6220	6423	6647
	200	7073	7434	7644	7899	8176

Таблица 2

Расчетные значения предела огнестойкости сталебетонных перекрытий для различных вариантов конструкции



Подбор сечений сталебетонных перекрытий с расчетной нагрузкой 6,7 кН/м²

Максимальный пролёт L(м)	Пожароустойчивость (час)	Минимальные значения			Арматурная сетка (размер ячейки, мм)
		t (мм)	D _s (мм)		
			NW*	LW*	
2.7	1	0.8	130	120	200x200x6
3.0	1	0.9	130	120	200x200x6
3.0	1.5	0.9	140	130	200x200x6
3.0	2	0.9	155	140	200x200x7
3.6	1	1.0	130	120	200x200x7
3.6	1.5	1.2	140	130	200x200x7
3.6	2	1.2	150	140	200x200x8

Уменьшение трудозатрат и, соответственно, сроков монтажа перекрытий в 3,0 - 4,0 раза в сравнении с традиционными монолитными перекрытиями [3]. Нет

необходимости во вспомогательных опорах на стадии бетонирования. Соответственно, не происходит ни перераспределения моментов, обусловленного осадкой колонн, ни деформации ползучести, обусловленной собственным весом конструкции.

Подобная технология, оказывающая положительный эффект на устойчивость бетона к трещинам, широко применяется в строительстве автомобильных парковок.

Низкая стоимость конструкции. Уменьшение массы перекрытия на 30 - 50 % по сравнению с традиционными монолитными перекрытиями. Объем бетона может быть уменьшен примерно до 60 % от того количества, которое понадобилось бы для подобной монолитной железобетонной конструкции. В свою очередь, это влечет за собой уменьшение затрат на несущий каркас и фундамент.

Последнее особенно важно при производстве работ в условиях реконструкции зданий и сооружений. Высокая надежность и долговечность конструкции. Высокая эксплуатационная технологичность и эстетический внешний вид. Специальная геометрия профиля и высококачественное декоративно-защитное покрытие делают сталебетонное перекрытие особенно удобным при использовании в качестве конструкции с видимой нижней стороной. Отсутствие потребностей в мощном подъемно-транспортном оборудовании, возможность устройства небольшими бригадами на небольших строительных площадках, в ограниченном пространстве и в труднодоступных районах. Безопасность производства строительно-монтажных работ с возможностью укладки перекрытий одновременно на нескольких этажах здания. При этом рабочие не мешают друг другу при проведении работ.

Конструкция сталебетонного перекрытия позволяет прокладывать трубы, провода линий телекоммуникаций внутри гофров настила, закрытых снизу подвесными потолками, легкодоступными и удобными для ремонтно-эксплуатационных служб.

В общей сложности это приводит к существенным преимуществам сталебетонных перекрытий по сравнению с традиционными решениями.

Сравнительные технико-экономические характеристики перекрытий (1,2 x 6,0 м) различного конструктивного исполнения (монолитных плит перекрытий с использованием горячекатаной арматуры и с несъемной опалубкой из профилированного стального листа типа СКН50Z-600) приведены на рис. 4.

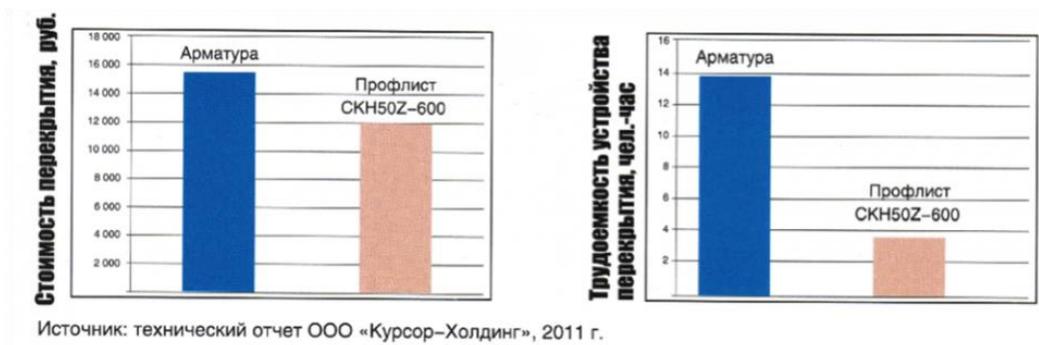


Рис. 4. Сравнение технико-экономических характеристик плит перекрытий с размерами 1,2 x 6,0 м

Вывод. Сталебетонные перекрытия с использованием профилированных стальных настилов специальной формы зарекомендовали себя как конструкции с высокими технико-экономическими показателями. При использовании данных конструкций стоимость плиты перекрытия, в сравнении с монолитной плитой из горячекатаной арматуры, сокращается примерно в 1,25 раза, а трудоемкость изготовления и монтажа – почти в 3,5 раза. При этом обеспечиваются требуемые параметры огнестойкости и надежности конструкции. Совместная работа элементов конструкции позволяет снижать ее материалоемкость, в том числе – металлоемкость каркаса зданий.

Литература

1. Айрумян, Э. Л. Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом / Э. Л. Айрумян, И. А. Румянцева // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 25-27: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-stalezhelezobetonnyh-plit-perekrytiy-po-evrokodu-4-i-rossiyskim-rekomendatsiyam> (дата обращения: 02.04.2022). – Текст: электронный.
2. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства / Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 2. Монолитные железобетонные перекрытия со стальным профилированным настилом. – Астана, 2015: [сайт]. – URL: <https://www.egfntd.kz/upload/NTD/NTP/38%20%.pdf> (дата обращения: 02.04.2022). – Текст: электронный.
3. Сравнительный технико-экономический анализ плит перекрытия. Научно-технический отчет. – ООО «Курсор-Холдинг», 2011: [сайт]. – URL: <https://kai.ru/documents/208caa6d-293f-4afd-ab8e-d798> (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.
4. СП 266.1325800.2016 Свод правил. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. – СПб.: АО «Кодекс»: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044285> (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.

**Итоги НИРС по проведению паспортизации памятников архитектуры
г. Балаково во время учебной летней практики**

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

Задачи научно-исследовательской работы студентов СТЗС включают изучение, исследование современного состояния исторических памятников архитектуры города Балаково периода XIX – начала XX века и выработку рекомендаций и методов их сохранения.

Архитектурный облик исторической части современного Балаково сформирован в конце 19 – начале 20 веков. В 1990 году город Балаково включен в список исторических населенных мест РСФСР. Заповедная зона содержит более 130 объектов ценного культурного наследия периода модерна. Площадь охранной зоны ценного историко-культурного наследия Балаково составляет 257,8 га. Потенциал ценного наследия периода модерна требует активных мер по его сохранению в целях дальнейшего использования в целях развития музейно-туристического бизнеса.

До 2001 года БИТИ НИЯУ МИФИ были разработаны паспорта и поставлены на государственный учет и охрану в Министерстве культуры 85 памятников истории и архитектуры. Согласно правилам охраны, необходимо проводить обновление паспортизации с учетом результатов мониторинга современного состояния. Ежегодно с 2015 по 2020 год кафедра ПГС во время летней учебной практики студентов проводила ежегодный мониторинг памятников архитектуры с фотофиксацией и определением изменений в материальном состоянии зданий с определением степени сохранности ценных архитектурных элементов и форм, подтверждающих культурную ценность зданий.

В 2020 году во время летней практики по заданию руководителя профессором Н.А. Поповой выполнен текущий научно-исследовательский мониторинг 84 памятников с разработкой современных паспортов памятников архитектуры.

Заданием на учебную практику 28 студентам являлось выполнение:

- фотофиксации зданий памятников: общего вида, фасадов, строений, оград, ворот и лучших фрагментов архитектурного убранства фасадов крупно, с обозначением адреса на файле электронного фото;

- составление новых паспортов по новой форме, с выполнением сравнительного анализа материалов старого паспорта с результатами мониторинга.

Задание 1.

1. Усадьба купца Ермилина. Лавка с флигелем (ул. Московская 47) пасп. ст 1530.
2. Усадьба купца Ермилина. Ворота (ул. Московская 47) пасп. ст 1530.
3. Основной дом усадьбы Ермилина (ул. Московская 47) пасп. ст 1492.

Задание 2.

4. Купеческий торговый дом Горкина (ул. Пролетарская, 65) стар. 1676.
5. Торговый дом купца Ермилина (ул. Пролетарская, 61) стар. 1676.
6. Гостинно-торговый дом Смирнова (ул. Ленина, 26, угол с Пролетарской) стар. 1676.

Задание 3.

7. Торговый дом Александрова (ул. 20 лет ВЛКСМ, 23) стар. 1492.
8. Торговый дом купца Шмидта (ул. Чернышевского, 26). Стар. Отдел.
9. Пожарное депо с каланчой (ул. 20 лет ВЛКСМ, 56) ст. 1492.

Задание 4.

10. Усадьба Стройкова-Якимова. Каретная с конюшней (ул. Московская, 40) ст. 1530.
11. Усадьба Стройкова-Якимова. Лавка (ул. Московская, 40) ст. 1530.
12. Основной дом усадьбы Стройкова-Якимова (ул. Московская, 40) ст. 1492.

Задание 5.

13. Главный дом усадьбы купца Скворцова (ул. Московская, 49).
14. Лавка усадьбы купца Скворцова распозн. 2060.
15. Конюшня усадьбы купца Скворцова распозн. 2061.

Задания 6, 7.

Усадьба Анисима Мальцева (ул. Советская, 70) – пасп. Старые. 1595 (13 пасп.).

Градостроительный ансамбль.

16. Ворота, ограда, калитка.
17. Главный дом Анисима Мальцева.
18. Дом Екатерины Мальцевой (пристройка между главным домом и вторым домом).
19. Второй дом Михаила Трофимовича Мальцева.
20. Каретная.
21. Служебно-хозяйственный корпус.
22. Конюшня.

23. Флигель.

Задания 8, 9, 10.

24. Усадьба Паисия Мальцева. Флигель (ул. Коммунистическая, 75) ст. 1530.

25. Усадьба Паисия Мальцева. Конюшня (ул. Коммунистическая, 75) ст. 1530.

26. Усадьба Паисия Мальцева. Ворота, калитка и ограда ст. 1530.

27. Основной дом Паисия Мальцева (ул. Коммунистическая, 75) ст. 1530.

28. Главный дом усадьбы купца Мичурина (ул. Московская, 55) то же – распоз. 2060.

29. Лавка усадьбы купца Мичурина.

30. Каретная с конюшней усадьбы купца Мичурина, то же.

Задание 11.

31. Усадьба купца Вьюшкова (ул. Ленина, 15). Главный дом. распоз. 2060.

32. Флигель усадьбы купца Вьюшкова в перечне распоз. 2060.

33. Торговые ряды Махунцовых (ул. Ленина, 22-24) стар. 1676.

Задания 12, 13.

34. Храм Свято Троицы (ул. Ленина, 1) ст. 1492.

35. Просвирня храма Свято Троицы (ул. Ленина, 1) ст. 1492.

36. Главный дом усадьбы – Менькова (ул. Московская, 57), то же.

37. Усадьба Смирнова (ул. Московская, 59) распоз. 2060.

38. Главный дом усадьбы Смирнова (ул. Московская, 59) распоз. 2060.

39. Городская усадьба Лобанова (Ленина, 13 уг. с ул. Московской) распоз. 2061.

Задание 14.

40. Особняк Голованова (ул. Коммунистическая, 100) ст. 1492.

41. Основной дом купца Ивана Мамина (ул. Коммунистическая, 68) ст. 1492.

42. Дом купцов Зайцевых (ул. Бр. Захаровых и ул. Ленина, бывш. Милиция) ст. 1492.

Задание 15, 16.

43. Дом инженера Муравьева (ул. Коммунистическая, 22) расп. 2061.

44. Двухклассная учительская школа (ул. Коммунистическая, 5) распоз. 2060.

45. Особняк Якова Мамина (ул. Топоринская, 4, уг. ул. Коммунистическая) ст. 1492.

46. Здание банка (ул. Заовражная, 7) ст. 1492.

47. Здание общежития ИТР, (ул. Заовражная, 9).

48. Здание Клуба ИТР (ул. Заовражная, 11, поликл. Водников).

Задание 17.

49. Почтовый двор-конюшни (ул. Советская, 28 - 30) озн. 2061.

50. Здание почты-телеграфа (ул. Советская, 30) распозн. 2061.

51. Дом почтмейстера Макарова (ул. Советская, 28) распозн. 2061.

Задание 18, 19.

52. Особняк Бориса Шувалова (ул. Ленина, 29) распозн. 2061.

53. Торговый дом купца Волкова (ул. Ленина, 32) пасп. стар. 1676.

54. Коммерческое училище Кобзаря (ул. Ленина, 2) пасп. ст. 1492.

55. Усадьба, в ансамбле с воротами и оградой (ул. Коммунистическая, 21 - 23).

56. Усадьба, в ансамбле с воротами и оградой (ул. Коммунистическая, 25 - 31).

Задания 20, 21.

57. Усадьба купца Залогина. Главный дом (ул. Советская, 62) ст. 1530.

58. Усадьба купца Залогина. Флигель с лавкой (ул. Советская, 62) ст. 1530.

59. Усадьба купца Залогина. Каретный сарай (ул. Советская, 62) ст. 1530.

60. Особняк купца Расторгуева (ул. Советская, 46) ст. 1492.

61. Книжный магазин Пастухова (ул. Советская, 64) распозн. 2061.

62. Усадьба купца Пастухова (ул. Ленина и угол Пролетарской).

Задания 22, 23.

63. Главный дом усадьбы дворянина Белякова (ул. Коммунистическая, 54) расп. отд. 2050.

64. Флигель усадьбы дворянина Белякова (ул. Коммунистическая, 56) – расп. 2050.

65. Каретная ус купца Менькова (ул. Коммунистическая, 58 - 60).

66. Казначейство (угол ул. Московской и ул. Чапаева) пасп. 2050.

67. Усадьба Купца Куприянов, гл. дом (ул. Московской, 28).

68. Усадьба купца Куприянова, флигель (ул. Московской, 30 - 32).

Задание 24.

69. Удельное ведомство (ул. Красная Звезда угол Топоринской).

70. Усадьба купца Снедкова, (ул. Красная Звезда, 22 - 24).

71. Усадьба купца Поликарпова (ул. Красная Звезда, 31, 33).

Задания 25, 26.

72. Торг. ряды купца Пыркова. (ул. 20 лет ВЛКСМ, 22) 1694.

73. Флигель торгового дома купца Пыркова (ул. Советская, 57) 1694.

75. Дом купца Горохова (Пролетарская, 49).

76. Гостинно-торговый двор купца Смирнова Стр. 2 (ул. Пролетарская, 75) 1676.

77. Лавка (ул. Пролетарская, 54) 1694.

78. Мех. Мастерская Шмидта (ул. Советская, 55).

Задание 27.

79. Торговый ряд братьев Махунцевых (ул. Чернышевского, 29 угол с ул. Ленина, 30) 1694.

80. Лабаз Махунцовых (ул. Чернышевского, 23) 1694.

81. Торговый ряд купцов Серебрякова и Курсакова (ул. Ленина, 28).

Задание 28.

82. Церковно-приходская школа В.И. Чапаева (ул. Свердлова, 7).

83. Богодельня Ковригина (ул. Свердлова, 5) – детская муз. школа в Детском парке.

84. Дом-музей Чапаева (пер. Сиротский, 6).

В результате проведенной НИРС зданий-памятников выявлено следующее:

1. Общее состояние памятников архитектуры ценных исторических фасадов в общих чертах можно назвать полуунированными, на которых более сотни лет не проводилось реставрационных работ. О былой ценности и стилевой выразительности исторических зданий можно судить только по оставшимся, ещё не до конца разрушенным архитектурным формам и чертам на выразительных фасадах, полностью отвечающих духу эпохи и стилизации модерна. Эпоха модерна – конец XIX - начала XX века – являлась экономическим бумом купеческого Балаково, становлением его «пшеничной столицей» России, что выразилось в культурном наследии высокого столичного значения.

2. Результаты фотофиксация фасадов зданий, тщательно проведенной студентами, свидетельствует о необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ памятников архитектуры, что отражено в паспортах.

3. Определена следующая градация сохранности ценных архитектурных памятников:

В хорошем состоянии находятся 5 объектов: Храм Святой Троицы, памятник романтической ветви модерна, архитектора Шехтеля, 1914; Усадьба Паисия Мальцева – главный дом, памятник в неоренесансных стилевых чертах, архитектора Ф.И. Шустера и архитектора Ф.О. Шехтеля, 1890, в 2001 году проведена полная реставрация; Коммерческое училище Кобзаря, памятник в неоренессансных чертах кирпичного стиля – 1903, в 2020 году осуществлены ремонтно-восстановительные работы.

В 2001 году проведены такие работы на особняке Якова Мамина (ул. Коммунистическая), памятнике модерна начала XIX века, и особняке Лобанова (ул. Ленина), памятнике конца XIX века кирпичного стиля, которые можно отнести к градации хорошего состояния.

В удовлетворительном состоянии находятся 74 памятника, большая часть из которых относится к усадебной и торговой архитектуре конца XIX века, в том числе торговый дом Шмидта, памятник романтической ветви модерна начала XX века, предположительно участие архитектора Шехтеля, объекты требуют проведения ремонтно-восстановительных и реставрационных работ.

В плохом разрушенном состоянии 4 памятника: дом купца Зайцева и дом купца Горкина на ул. Бр. Захаровых, памятники конца XIX века кирпичного стиля с неоготическими чертами и с большой степенью разрушения. Не используются. Требуют срочного проведения ремонтно-восстановительных и реставрационных работ и использования; Дом заводчика Ивана Мамина на ул. Коммунистической, памятник рационалистической ветви модерна начала XX века, предположительно участие архитектора Шехтеля. Не используются. Требуют срочного проведения ремонтно-восстановительных и реставрационных работ и решение вопроса их использования. Здание Удельного ведомства середины XIX века (ул. Топоринская) требует срочного проведения ремонтно-восстановительных и реставрационных работ и использования.

Утраченные памятники (Мужская 2-классная церковно-приходская школа на ул. Красная Звезда сер. XIX века).

Студентами под контролем руководителя составлены паспорта на 76 памятников градостроительства и архитектуры по новым образцам бланков, они находятся в настоящее время на проверке и доработке, затем будут отправлены в органы областного комитета по охране памятников на проверку и учет.

Литература

1. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н. А. Попова. – Саратов: Изд-во Саратовской епархии, 2008. – 140 с.
2. Попова, Н. А. Шехтелевские мотивы в купеческой архитектуре Балаково / Н. А. Попова. – Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. – 60 с.

Творчество русских архитекторов конца XIX – начала XX века

Ф.И. Шустера и Ф.О. Шехтеля в экстерьере и интерьерах

главного дома усадьбы 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

Историческая зона Балаково является ценным наследием русской культуры в купеческих кирпичных постройках, где прямое участие принимали знаменитые столичные архитекторы Ф.И. Шустер и Ф.О. Шехтель.

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, старoverы, приемлющие священство Белокриницкой иерархии, попечители старообрядческих монастырей и скитов, благотворители, храмоздатели [6].

Родоначальником являлся Михаил Трофимович Мальцев, а продолжателями два его сына – старший Паисий и Анисим.

Паисий Михайлович Мальцев (1856-1919), николаевский купец-старообрядец 1-й гильдии, состоял в торговом союзе старообрядческой Рогожи, был широко знаком с богатыми купцами-старообрядцами Москвы и занимался сбытом заволжской пшеницы; был

творческой и богато одаренной натурой и получил образование в Московском университете. 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.

Паисий жил в Москве и был высокопросвященным человеком. Во время учебы в МГУ Паисий общался и дружил с братом А.П. Чехова, тесно общался с Гиляровским и многими известными людьми, но всегда вел дела отца вместе с Анисимом, который жил в Балаково.

В конце XIX века Паисий решает построить собственный дом на улице Николаевской, центральной улице исторического Балаково. П. Мальцев приглашает для разработки проекта архитектора Ф.И. Шустера. Усадьба Паисия Мальцева – самая богатая из балаковских усадеб по своему внешнему и внутреннему убранству – построена в 1890 г. Усадьба может быть отнесена к высоким образцам русской архитектуры периода конца XIX века. История ее создания тесно связана с ее владельцем Паисием Мальцевым.

Главный дом усадьбы купца Паисия Мальцева (рис. 1) построен в стиле позднего ренессанса по проекту академика архитектуры Ф.И. Шустера, исполнявшего обязанности губернского инженера в Саратове (имеется проект 1880 года в Саратовском государственном архиве). На историческом фото представлены два уличных фасада дома на угловом участке квартала в пересечении улиц Новоузенской (в настоящем Ленина), Николаевской (Коммунистической).

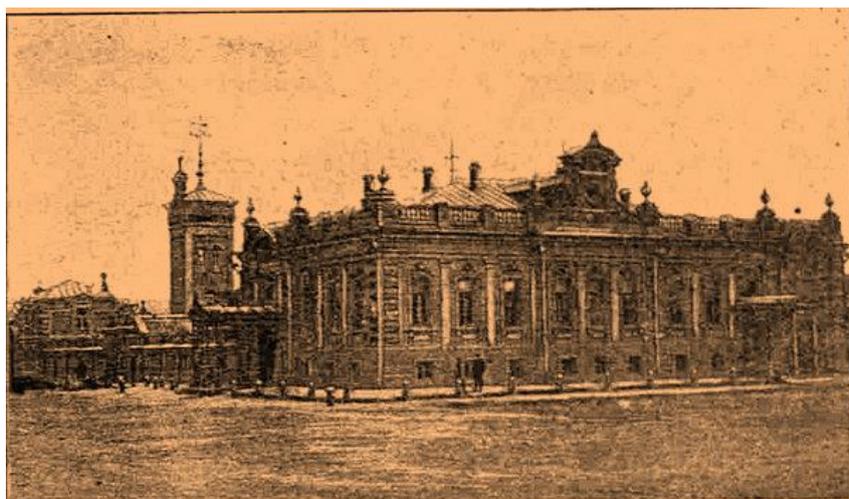


Рис. 1. Историческое фото главного дома усадьбы купца Паисия Мальцева, осуществленного проекта Ф.И. Шустера, год постройки 1890

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 Академию художеств. В 1852 и 1853 гг. был награжден серебряными медалями I-ой и 2-ой степени. В 1857 году возведен Санкт-Петербургской императорской академией художеств в звание академика, а в 1871 Совет Строительного училища признал его в звании инженер-архитектора [1].



Рис. 2. Портрет Ф.И. Шустера

Был действительным членом Императорского русского технического общества и Общества Санкт-Петербургских архитекторов, а также Общества инженеров в Лондоне. Вел активную общественную жизнь.

Основные 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.

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.

Существует версия о том, что Паисий в начале XX предпринимает реконструкцию дома, а именно к визиту своей знакомой 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.

Ф.О. Шехтель в начале XX века выполняет проект церкви Святой Троицы по заказу Мальцевых для Балаково, и во время его присутствия в период с 1910 по 1915 год Паисий приглашает архитектора для выполнения художественного убранства дома изнутри.

Паисий предположил Ф.О. Шехтелю оформление интерьеров дома в мотивах его знаменитых купеческих особняков Москвы.



*Рис. 3. Фёдор Осипович Шехтель (Франц-Альберт, 26 июля (7 августа) 1859, Санкт-Петербург – 7 июля 1926, Москва) – российский архитектор, живописец, график, сценограф. Один из наиболее ярких представителей стиля модерн в русском и европейском зодчестве, принадлежит к числу крупнейших зодчих рубежа XIX—XX столетий.
Кавалер орденов. Св. Анны и Св. Станислава*

Почти ничего не изменив, зодчий добавил новые элементы: цинковые грифоны, подпирающие аттик, грифоны поменьше на водосточных трубах. В центральной части верхнего фриза ворот автор расположил герб усадьбы – жезл Меркурия – покровителя торговли и воровства без злой иронии. Разрабатывает рисунок литых створок главных ворот. На наличники окон предложил маскароны с портретом хозяина. Шехтелем выполнены прекрасные интерьеры дома с использованием разных стилистических приемов в каждом помещении.

Литература

1. Барановский, Г. В. Юбилейный сборник сведений о деятельности бывших воспитанников института гражданских инженеров (Строительного училища) 1842 - 1892. – Вып. 2. – Санкт-Петербург, 1893. – 400 с.
2. Попова, Н. А. Шехтелевские мотивы в купеческой архитектуре Балаково / Н. А. Попова. – Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. – 60 с.
3. Попова, Н. А. Интерьеры Ф. Шехтеля в доме Паисия Мальцева / Н. А. Попова // Материалы Всероссийской научной конференции «Наследие Ф. О. Шехтеля в современном мире». – Саратов: СГТУ, 2009. – С. 106-111.
4. Попова, Н. А. Реконструкция усадьбы Паисия Мальцева / Н. А. Попова // Материалы Всероссийской научной конференции «Наследие Ф. О. Шехтеля в современном мире». – Саратов: СГТУ, 2009. – С. 100-105.

Представительские функции в русской культуре архитектуры усадеб конца XIX века

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры,
почётный архитектор России, почетный член РААСН, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»;

Ходякова Дарья Дмитриевна, студент направления «Строительство»

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

Русская усадьба в архитектурном понимании представляет комплекс зданий на отдельном участке. В истории России усадьбы по социальному признаку подразделялись на дворянские, купеческие и крестьянские. Наиболее богатая по функциональному содержанию дворянская усадьба дает наглядное представление буквально обо всех процессах, происходивших в истории и культуре России в XVIII-XIX веках. Как в капле воды отражается весь окружающий мир, так и в дворянской усадьбе отражается весь мир российской истории, весь мир русской культуры.

Градостроительный статус русской дворянской усадьбы представляет собой комплекс – архитектурно-парковый ансамбль, который включает преимущественно главный дом хозяина с флигелем (или флигелями), обслуживающие хозяйственные постройки — конюшни, оранжереи, сараи и парки, сады. Неотъемлемой частью любой усадьбы являлся главный парадный двор, выполняющий представительские функции в архитектуре всего комплекса. Въезд в него, как правило, осуществлялся через парадные ворота, которые являлись лицом всей усадьбы и формировали у гостей первое впечатление.

Зарождение представительской функции произошло в эпоху Возрождения в Италии (15 - 16 века) в дворцовых сооружениях (паллацо). В композиции палаццо чрезвычайно важное значение имеет внутренний двор, как правило, связанный с улицей большим проездом (рис. 1). Двор этот служит главным распределительным помещением, своеобразным открытым вестибюлем, совмещенным с садами, вокруг которого группируются все парадные, жилые и хозяйственные помещения.

Что касается России, то формирование и развитие представительских функций произошло в архитектуре дворянских усадеб в XVIII – XIX в.в. Это знаменитые поместья в пригородах Петербурга и Москвы или множество рядовых мелкопоместных имений, которые образовали целый архипелаг. Каждый его островок имел свою неповторимую историю, свои внутренние, присущие только ему, особенности развития и существования.

Разнообразны композиция и масштабы жилых усадебных домов, зависящих от уровня благосостояния и культуры владельца. Встречаются трехчастный план с подъездным двором (Городня под Калугой, Пехра-Яковлевское под Москвой), центрические построения (Таицы под Петербургом). Иногда дом проектируется с подчеркнуто плоскостными фасадами (Николо-Погорелое в Смоленской области), чаще с колоннадами.



Рис. 1. Палаццо Фарнезе. Рим. 15 век

Усадьба Кузьминки – бывшая усадьба князей Голицыных на землях Кузьминского парка в современных московских районах. Усадьба являет собой огромный комплекс, включающий большое количество разнообразных архитектурно-парковых сооружений.

Представительские функции в архитектуре ансамбля выполняет Парадный двор усадьбы (рис. 2). Он включает в себя следующие сооружения: Господский дом, Западный (1814 - 1815) и Восточный (1814 - 1815) флигели, въездной мост с фонарями, ограду Парадного двора (1811 - 1812), а также находящиеся на расстоянии главные въездные Чугунные ворота (конец XIX века). Территория парадного двора была спроектирована архитектором И.В. Егоровым в принципах русского классицизма в 1804 - 1808 гг. Двор был отделен от остальной части усадьбы кирпичной стеной и рвом, который раньше был наполнен водой. Чтобы попасть к господскому двору, нужно было пересечь этот ров по арочному мостику, украшенному группами грифонов. Главный дом-дворец находится на центральной оси с мостиком, по бокам от него расположены флигели. Сюда приезжали гости, и здесь жил владелец имения. На парадном дворе никогда не высаживались деревья, а только цветы и низкий кустарник, т. к. все здания должны были хорошо просматриваться.

Композиция представительской части усадьбы Кузьминки поражает своей грандиозностью и четкой продуманностью. Она берет начало у чугунных ворот, затем, проводя гостей по длинной парковой аллее, выходит на торжественный мостик, с которого

открывается вид на огромный парадный двор. Изучая план усадьбы, нельзя не заметить подчинение всей композиции единой доминирующей оси, которая начинается от главных ворот, проходит по въездной липовой аллее и, охватывая всю представительскую часть усадьбы, ведет к львиной пристани и пропилям (беседка), расположенным уже за главным домом.

Таким образом, исследовав парадную часть усадьбы Кузьминки, можно сказать, что представительские функции в ее архитектуре играют важнейшую роль, гармонично, логично и последовательно раскрывая зрителю главный вид ансамбля.

Аналогичный принцип применяется и позднее – в архитектуре сложения купеческих и городских усадеб, пришедших на смену дворянским и помещичьим, которые являют собой продолжение культурного наследия дворянской усадьбы. Такими образцами, безусловно, являются городские и купеческие усадьбы конца XIX века.

Архитектурно-планировочное решение усадеб конца XIX в. ярко иллюстрирует специфику жизнедеятельности купцов этого периода в России, которая выражалась в особенностях формирования самостоятельных функциональных зон, включающих открытые и закрытые пространства, связанные с бытом и жизнедеятельностью семьи, а также с представительскими, производственными и хозяйственными функциями.

Главные представительские функции в архитектуре городских усадеб конца XIX века выполнял так называемый гостиный двор с обрамляющими его постройками, как правило, с богато декорированными фасадами, украшающими и придающими главному двору презентабельный, выразительный и запоминающийся облик.



Рис. 2. Усадьба Кузьминки. Парадный двор. Начало 19 в.

Типичным примером городской усадьбы конца XIX века является усадьба купца Анисима Мальцева в городе Балаково, занимающая прямоугольный участок, закрепленный улицами Никольской (Советской), Новоузенской (Ленина) и Александровской (Пролетарской). Планировка усадьбы имеет замкнутую композицию и состоит из

13 строений, трех застроенных дворов и сада. Усадьба строилась в 3 этапа: в середине XIX века, в конце XIX века и в начале XX века.

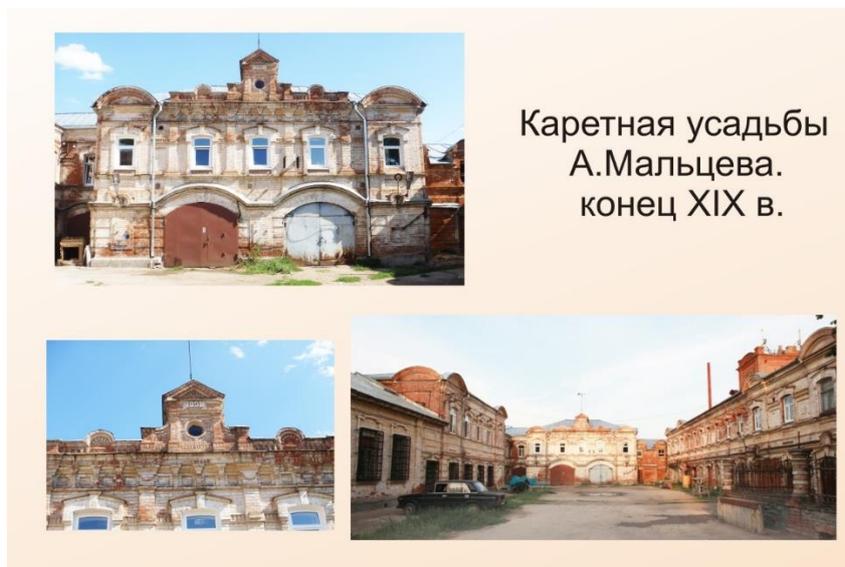
Логическим началом архитектурной композиции любой усадьбы служат главные ворота в виде въездной торжественной арки. В усадьбе А. Мальцева парадные ворота выходят на улицу Ленина (рис. 3). Они имеют верхнее убранство в виде причудливо изогнутых форм барокко, которые группируются вокруг круглой розетки, где раньше красовался герб купцов. Ворота с одной стороны соединяются с домом Михаила Трофимовича Мальцева, а с другой стороны их продолжает уличная ограда сада. Это кирпичная стена, разбитая декоративной кладкой на ячейки с помощью столбов, обрамленных рустованными лопатками. Каждый столб завершен прямоугольной тумбой, а тумбы между собой соединяет узорчатый парапет из чугунного литья.



Рис. 3. Усадьба А. Мальцева. Главные ворота. Конец XIX в.

Главные въездные ворота – это начальное звено представительской части ансамбля, своеобразное лицо всей усадьбы, поскольку именно они формируют у гостей первое впечатление о ней. И в усадьбе А. Мальцева парадные ворота прекрасно выполняют свою функцию, акцентируя главный въезд и открывая зрителю усадьбу в ее лучшем виде.

Каретная в усадьбе А. Мальцева – это прямоугольное двухэтажное кирпичное здание с четырехскатной кровлей и боковыми раскреповками (рис. 4). Углы фасада имеют раскреповки: глухие на первом этаже и с окнами на втором. Нижний этаж рустованный, с двумя большими проемами – ворота с лучковым завершением. На втором этаже пять оконных проемов с наличниками и лучковыми сандриками. Фасад украшен стилизованными пилястрами. Центральную часть завершает торжественный аттик с люкарной. Над люкарной – фриз с надписью «1891» и треугольный фронтон с флюгером.



Каретная усадьбы
А.Мальцева.
конец XIX в.

Рис. 4. Усадьба А. Мальцева. Каретная. Конец XIX в.

Каретные играли важную презентабельную роль в усадебной архитектуре. Они не только выполняли свою функцию содержания карет, но и эстетически дополняли весь ансамбль усадьбы.

Служебно-гостевой корпус усадьбы Анисима Мальцева также находится на территории главного представительского двора. Это прямоугольное здание, вытянутое с востока на запад, расположено в глубине гостиного двора и разгораживает пространство усадьбы. Северный фасад раскрыт на гостиный двор. Угловые части фасада выделены парами раскреповок. Первый этаж имеет ячейковую планировку с помещениями складского назначения, у каждой ячейки был собственный вход. Проемы этого этажа чередуются последовательно: дверной, оконный. Дверные проемы более широкие, проемы лучковые, с наличниками и замковым камнем и навесным фонарем. На втором этаже коридорной планировки располагались гостиничные и служебные помещения. Связь со вторым этажом осуществлялась посредством одномаршевой лестницы, которая находится в западном торце здания. По углам – три широких проема, в середине фасада – семь узких оконных проемов. Решение деталей фасада повторяет детали второго дома и каретной, имеющей формы античного начертания неоклассического направления.

Основательно продуманная и закрепленная в постройках жизнь купцов-старообрядцев раскрывается изнутри, то есть она тщательно скрывается и защищается от внешнего мира с помощью зданий, высокой, мощной, внешней ограды и кирпичной стены брандмауэра, отделяющего сад от хозяйственного двора. Но тем не менее, исследовав архитектуру усадьбы, можно отчетливо представить себе яркую картину действия: открываются ворота, въезжают на обширный двор экипажи, кареты и возы, распрягаются лошади и через шлюз отводятся в конюшни на задний двор. Кареты и возы досматриваются приказчиками, товары

разгружаются в определенные складские ячейки, кареты устраиваются в каретной, купцы размещаются на отдых в гостиных номерах. Вечером производится купчая и закрепляется сделка купцов с хозяином в чайном домике в прохладе липового сада.

Таким образом, комплекс усадьбы А. Мальцева являет собой высокий образец градостроительного искусства с неоклассическими архитектурными формами периода XIX в. Представительские функции в ее архитектуре играют важнейшую роль, последовательно раскрывая единство композиционного развития ансамбля.

Итак, проведя исследование представительских функций в архитектуре дворянских, городских и купеческих усадеб, можно отметить значение и роль таких элементов усадебных комплексов, как главные въездные ворота, парадный гостиный двор, каретные и другие, как правило, расположенные по периметру основного двора дома и постройки, малые формы и павильоны, сады. Все они имеют важнейшее значение в формировании не только представительской части усадьбы, но и облика градостроительного ансамбля в целом. Сохранные до настоящего времени усадьбы являются памятниками градостроительного и архитектурного искусства.

Исторические ансамбли усадеб являются важнейшим элементом культуры России прошлых столетий, а их история, развитие и особенности – неотъемлемая часть отечественного исторического и культурного наследия, которое в настоящее время необходимо беречь и охранять.

Литература

1. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н. А. Попова. – Саратов: Изд-во Саратовской епархии, 2008. – 140 с.
2. Алдонова, Р. П. Русская усадьба / Р. П. Алдонова. – М.: Белый город, 2006. – 48 с.
3. Лотман, Ю. М. Беседы о русской культуре. Быт и традиции русского дворянства (XVIII – начало XIX века) / Ю. М. Лотман. – 2-е изд., доп. – СПб.: Искусство-СПБ, 1998. – 414 с.
4. Низовский, А. Ю. Усадьбы России / А. Ю. Низовский. – М.: Вече, 2005. – 416 с.
5. Трубинов, Ю. В. Усадебная культура XVIII-XIX веков / Ю. В. Трубинов. – М.: Наука, 1987. – 49 с.
6. Охлябинин, С. Повседневная жизнь русской усадьбы XIX века / С. Охлябинин. – М.: Молодая гвардия, 2006. – 347 с.

**Технологии информационного моделирования
в дипломном проектировании уникальных зданий и сооружений**
Редков Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Строительные материалы, конструкции и технологии»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Приводятся результаты применения в дипломном проектировании цифровых технологий информационного моделирования для построения компьютерных моделей высотного здания. Для обоснования конструктивных решений каркасно-монолитного здания в программном комплексе Robot Structural Analysis Professional выполнены расчеты и анализ напряженно-деформированного состояния элементов каркаса и фундаментных конструкций здания.

Проектирование сложных пространственных систем, включающих монолитный каркас высотного сооружения, фундаменты и неоднородное основание, представляет собой сложную задачу, которая может эффективно решаться на основе цифровых технологий архитектурно-строительного проектирования, информационного моделирования зданий и численных методов расчета [1-5].

Понятие информационного моделирования строительных объектов в России законодательно закреплено в Градостроительном кодексе в 2019 г. и отражено в действующих нормативных документах. В основе технологии информационного моделирования зданий и сооружений лежит разработка и использование виртуальной модели объекта капитального строительства в виде трехмерной информационной модели и совокупности связанных с ней документов.

В соответствии с [5] информационная модель объекта капитального строительства – это совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства. Цифровая информационная модель объекта капитального строительства представляет собой совокупность взаимосвязанных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте капитального строительства, представленных в цифровом объектно-пространственном виде.

Образовательные стандарты по подготовке специалистов по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» и магистров по направлению «Строительство» требуют от студентов владения компьютерными технологиями проектирования, теоретическими и инновационными методами исследования сложных строительных объектов и систем.

В СГТУ им. Гагарина Ю.А. ведется подготовка специалистов по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» со специализацией № 1 «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений» и магистров по направлению «Строительство». Выпускные квалификационные работы выполняются на базе информационных технологий проектирования, теоретических и экспериментальных методов исследования работы уникальных зданий и сооружений [1-3].

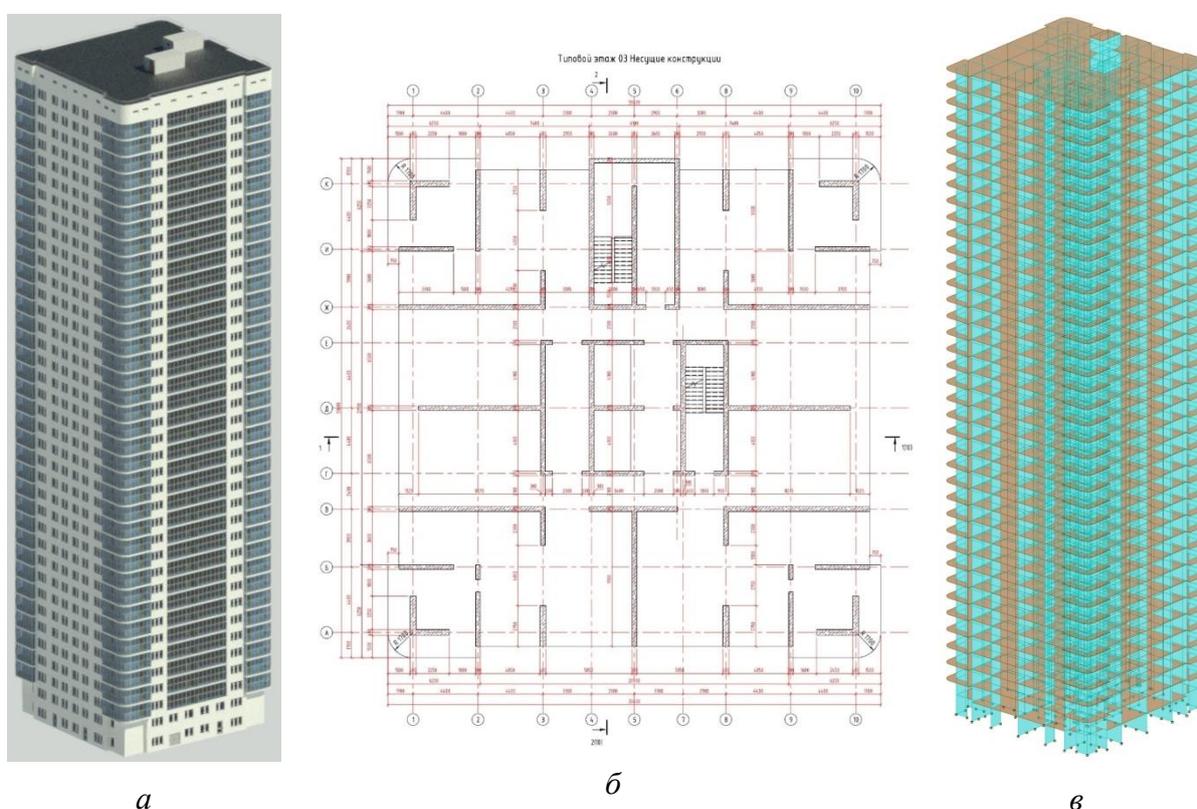


Рис. 1. Информационные модели высотного здания в 3D MAX и Autodesk Revit: а – архитектурная 3D-модель; б – схема расположения несущих стен типового этажа; в – информационная аналитическая 3D-модель несущего каркаса здания

Ниже приводятся отдельные результаты построения архитектурных, информационных и расчетных компьютерных моделей для обоснования конструктивных решений уникального здания при подготовке выпускной магистерской квалификационной

работы¹ по направлению «Строительство» (профиль «Промышленное и гражданское строительство»).

Проектируемый строительный объект представляет собой 39-этажное жилое здание со встроенными помещениями общественного назначения. Здание имеет квадратную форму в плане с размерами в осях 33,5 x 33,71 м (рис. 1б). Общая высота надземной части здания 124,2 м. Высота 1-го этажа – 3,6 м, высота типовых этажей 3,1 м. На рис. 1а приведена архитектурная 3D-модель проектируемого здания, построенная в программном комплексе 3D MAX. Пространственная жесткость и устойчивость каркасно-монолитного здания обеспечивается по связевой системе совместной работой вертикальных монолитных железобетонных стен-диафрагм, пилонов, свайно-плитных фундаментов и горизонтальных дисков перекрытий и покрытия.

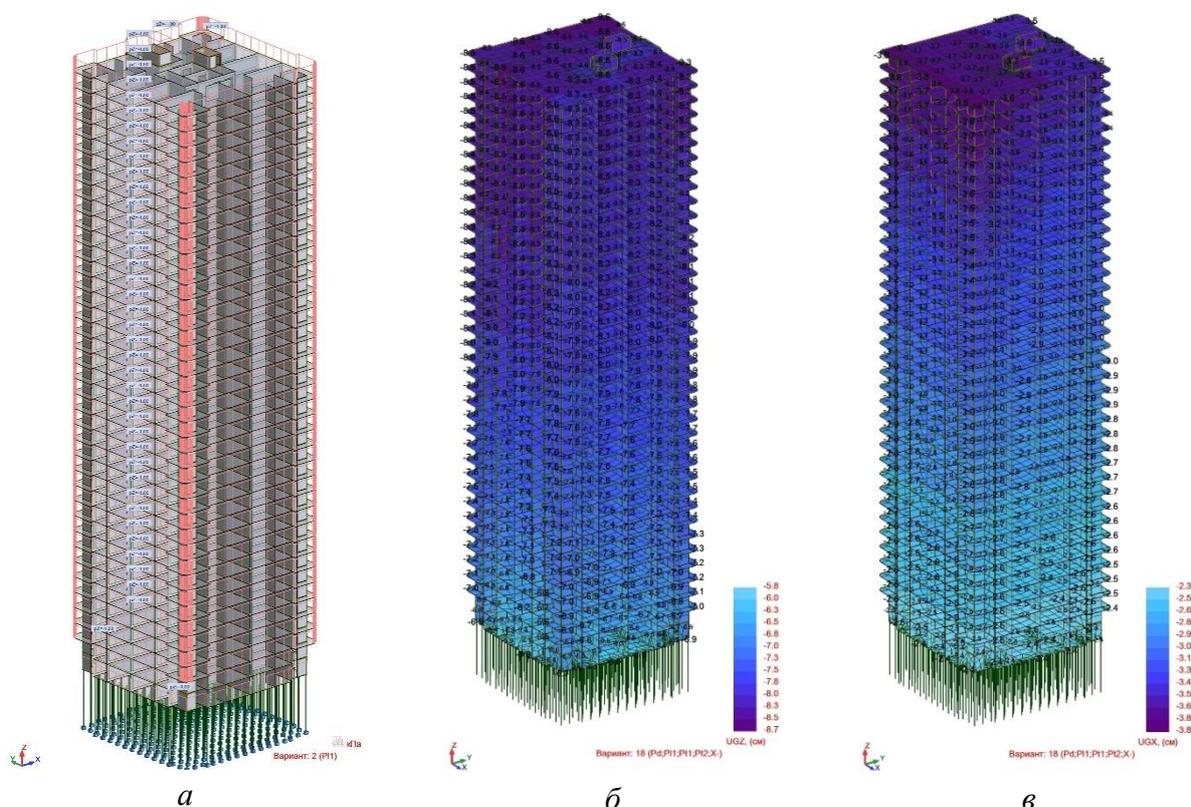


Рис. 2. Информационная модель здания в Robot Structural Analysis Professional и результаты расчетов здания:

а – экспортированная 3D-модель с нагрузками на перекрытия; б – изополя перемещений по оси Z (см) от сочетаний нагрузок ($P_d, P_{11}, P_{1I}, P_{12}, X$); в – изополя перемещения по оси X (см), от сочетаний нагрузок ($P_d, P_{11}, P_{1I}, P_{12}, X$)

На основе архитектурной модели в программном комплексе Autodesk Revit, работающем на основе технологии информационного моделирования, построена

¹ ВКР на тему: «Компьютерное моделирование напряжённо-деформированного состояния основания свайно-плитных фундаментов высотных зданий» выполнена магистрантом по направлению «Строительство» Шубцовым Д.В. Руководитель: доц. кафедры СМКТ института УРБАС СГТУ Редков В.И.

информационная аналитическая модель высотного здания (рис. 1в). Данная технология информационного моделирования обладает большими возможностями в области архитектурного проектирования, дизайна, проектирования строительных конструкций, инженерных систем здания, позволяет построить в виртуальном пространстве модель здания и выполнять системный анализ работы строительных объектов на всех этапах их жизненного цикла зданий.

Компьютерная модель несущего каркаса проектируемого объекта, созданная в Autodesk Revit, является неотъемлемой частью информационной модели строительного объекта. В Revit Structure она дополняется заданием основных геометрических параметров конструктивных элементов, связей, материалов и нагрузок. С помощью многочисленных фильтров в Autodesk Revit единую информационную модель здания можно представлять в различных видах, которые в зависимости от решаемых задач представляют собой архитектурную, конструктивную или аналитическую модели. Все расчеты пространственного каркаса и строительных конструкций здания осуществляются в расчетных программных комплексах.

Одним из важнейших этапов компьютерного проектирования уникальных зданий и сооружений является проведения прочностных и деформационных расчетов пространственного каркаса и строительных конструкций, которые реализуются в специализированных программных комплексах.

Концепция технологии информационного моделирования, проектирования пространственного каркаса и строительных конструкций 39-этажного здания была реализована в связке Autodesk Revit и Robot Structural Analysis Professional. Информационная модель проектируемого здания из Autodesk Revit экспортировалась в программный комплекс Robot Structural Analysis Professional со всеми геометрическими параметрами, жесткостными параметрами конструкций, степенями свободы и граничными условиями (рис. 2а). Достоинством данной технологии является то, что между Autodesk Revit и Robot Structural Analysis Professional существует двусторонняя связь. И если в результате численных расчетов изменяются параметры конструктивных элементов или материалы конструкций, то информационная модель в Autodesk Revit обновляется автоматически с учетом корректировок расчетной модели.

Расчеты модели высотного здания выполнены на следующие виды нагрузок и их сочетаний:

- P_d – постоянная нагрузка от собственного веса конструкций;
- P_{11} – временная длительная нагрузка от веса перегородок и покрытий;
- P_{11} – кратковременная нагрузка от людей, оборудования в жилых помещениях;

- P_2 – кратковременная нагрузка от снега;
- $X-, X+, Y-, Y+, X-Y-, X+Y+, X-Y+, X+Y-$ – ветровая нагрузка (с направлениями ветра в системе координат XYZ);
- $P_d, P_{11}, P_{11}, P_{12}$ – первые основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных;
- $P_d, P_{11}, P_{11}, P_{12}, (X-, X+, Y-, Y+, X-Y-, X+Y+, X-Y+, X+Y-)$ – вторые основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных, включая ветровые.

Тестирование пространственной модели системы, включающей грунтовое основание, свайно-плитный фундамент, надземное строение здания, и анализ результатов расчетов показали, что программный комплекс «Robot Structural Analysis Professional» может быть использован для исследования напряженно-деформированного состояния 39-этажного каркасно-монолитного высотного здания при различных видах нагружения. Отдельные результаты расчетов напряженно-деформированного состояния элементов каркаса здания приведены на рис. 2, 3.

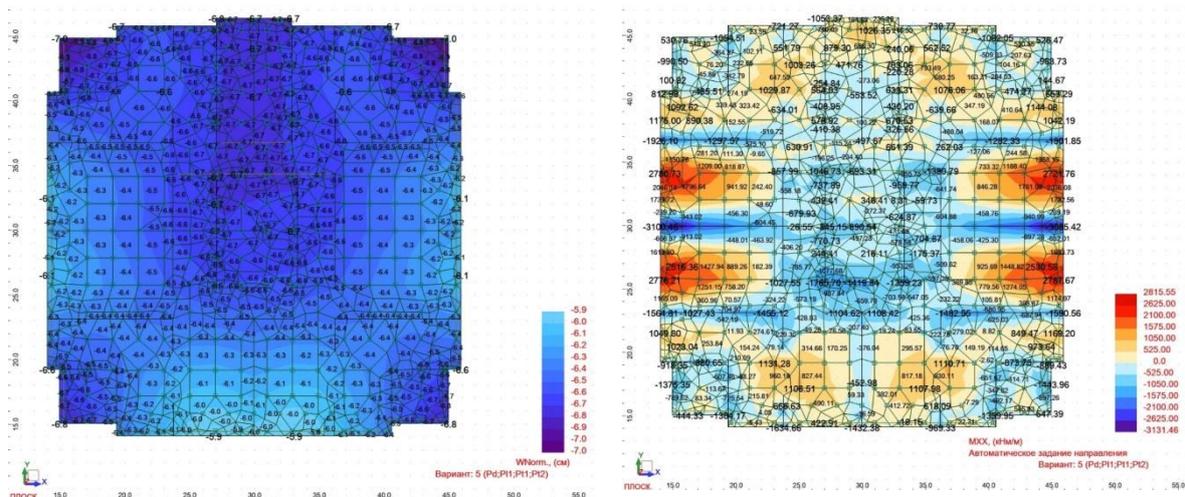


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние ростверка свайно-плитного фундамента:

а – изополя перемещений по оси Z (см) плиты ростверка от первых основных сочетаний нагрузок ($P_d, P_{11}, P_{11}, P_{12}$); б – изополя изгибающих моментов по оси X (кН/м) в плите ростверка от первых основных сочетаний нагрузок ($P_d, P_{11}, P_{11}, P_{12}$)

Рассмотрение результатов расчетов, выполненных методом конечных элементов показало, что в рассмотренных инженерно-геологических условиях 39-этажное каркасно-монолитное здание имеет сложный характер вертикальных и горизонтальных деформаций. Конструкция свайно-плитного фундамента позволяет существенно снизить неравномерности деформаций основания и несущих конструкций здания. Максимальные расчетные перемещения по оси Z при основном сочетании нагрузок ($P_d, P_{11}, P_{11}, P_{12}$) составляют 8,7 см

(рис. 3а), а максимальные расчетные горизонтальные перемещения по оси X – 3,8 см. Расчетами установлено, что конструктивное решение каркаса и свайно-плитных фундаментов в реальных инженерно-геологических условиях обеспечивает выполнения требований Строительных Норм [4] по предельным деформациям основания высотного сооружения.

Изгибающие моменты M_x в плитном ростверке свайно-плитного фундамента изменяются от -3100 до $+2787$ кНм/м, изгибающие моменты M_y от -4502 до $+2803$ кНм/м, а изгибающие моменты M_{xy} от -1498 до $+1517$ кНм/м. Характер распределения изгибающих моментов указывает на необходимость выполнения общего и местного армирования плитного ростверка в двух уровнях (верхнем и нижнем).

Результаты выполненных расчетов и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов здания и свайно-плитного фундамента каркасно-монолитного здания могут быть использованы при проектировании высотных зданий в инженерно-геологических условиях Саратовской области и других регионов Российской Федерации.

Литература

1. Иноземцев, В. К. Строительные конструкции и компьютерные модели зданий и сооружений: учебное пособие / В. К. Иноземцев, В. И. Редков. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2016. – 406 с.
2. Иноземцев, В. К. Конструктивные решения и компьютерные модели уникальных зданий и сооружений в дипломном проектировании: учебное пособие / В. К. Иноземцев, В. И. Редков. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2018. – 309 с.
3. Иноземцев, В. К. Основания фундаментов и элементы теории устойчивости сооружений: учебное пособие / В. К. Иноземцев, В. И. Редков. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2019. – 328 с.
4. СП 22.13330-2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-83*. – Москва, 2016. – 220 с.
5. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. – Москва, 2020. – 219 с.