

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



НИЯУ
МИФИ



СБОРНИК ТРУДОВ

**VII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

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

ТОМ I

Балаково 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

СБОРНИК ТРУДОВ

**VII Международной
научно-практической конференции**

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

Том I

Балаково 2021

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

C23

Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» (23 апреля 2021 года). М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. Т. I. – 354 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий» 23 апреля 2021 года в БИТИ НИЯУ МИФИ.

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

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

Редакционная коллегия

ответственный редактор: Р.А. Кобзев

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

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

Статьи сборника издаются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7262-2811-2

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

Подписано в печать 25.06.2021. Формат 60x84 1/16

Печ. л. 22,125 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

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

СЕКЦИЯ 1:

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

ГАРИЕВСКИЙ М.В.

Исследование эффективности ПГУ при работе в переменных режимах с учетом износа оборудования..... 10

ГРИЦЮК С.Н., ТАРАНОВ А.А.

Технологическая система питательной воды II контура атомной станции..... 15

ГУБАТЕНКО М.С., КУДАШЕВА И.О.

Автоматизация расчетов амплитудно-частотных характеристик простейших систем как средство освоения профессиональных компетенций студентами высших учебных заведений направления «Машиностроение»..... 20

ЗАГОРУЙКО М.В., БУРЛАКОВ В.И.

Разработка методов придания огнезащитных свойств многослойным композитным текстильным материалам..... 27

ЗБИНЯКОВА В.Ю., МЕФЕДОВА Ю.А.

Динамические характеристики участка при регулировании расхода сжимаемой среды..... 30

ЗЕМСКОВ В.М., КРАСНОЛУДСКИЙ Н.В.

Направления развития конструкций машин для разрушения прочных грунтов с динамическим интенсификатором..... 35

КИРЕЕВА О.В., ГРИЦЮК С.Н.

Проектирование печатных плат в САПР DipTrace..... 41

КИРЕЕВА О.В., ЕФРЕМОВА Т.А.

Тепловой расчет парогенератора ПГ-28 и построение (t-Q) диаграммы..... 45

КИРЕЕВА О.В., МЕФЕДОВА Ю.А.

Исполнительные устройства систем управления на атомных станциях..... 51

КИСЕЛЕВ А.Д., КИСЕЛЕВ Д.А.	
Современные ткани отечественного производства.....	56
КИСЕЛЕВ А.Д., КИСЕЛЕВ Д.А.	
Научно-производственная фирма Орт – крупнейшая российская компания по разработке и выпуску палаток для нужд Министерства обороны Российской Федерации.....	61
КОЛЬЖЕЦОВ Д.А., МОРОЗОВА А.В., ТОКАРЕВ А.С.	
Повышение точности FDM-печати с использованием разработанного приложения....	66
КОСТИН Д.А., КОБЗЕВ Р.А.	
Особенности создания системы электроснабжения автономных объектов на базе когенерационных установок.....	72
МАРАДУДИНА Д.С., ТАРАСОВ М.И., БУБЛИКОВА И.А.	
Исследование характеристик нарушений в электроэнергетике Российской Федерации.....	78
НЕЧИТАЙЛОВ В.В., МОЛОШНАЯ Е.С., ЕРМИЛОВ И.В., КРАПИВКО Е.Н.	
Автоматика выделения на сбалансированную нагрузку (АВСН).....	83
НИКИШИН С.А., ДЕНИСОВ А.С.	
Современные тенденции тюнинга и их роль в развитии транспортного машиностроения.....	87
ПЕСТОВА Е.Д.	
Разработка концепции интерактивной системы взаимодействия производственного персонала («Ассессор»).....	94
ПРЕДКОВА А.Н., БУБЛИКОВА И.А.	
Прогноз дозовых нагрузок на население и окружающую среду при нормальной эксплуатации четырех энергоблоков Ростовской атомной станции.....	99
РАЗУВАЕВ А.В.	
Анализ системы высокотемпературного охлаждения для двигателей внутреннего сгорания.....	105
РАЩЕПКИНА С.А., ГАБАЛОВА Д.В.	
О разновидностях энергии, применяемой в различных странах.....	109
РАЩЕПКИНА С.А., ГАБАЛОВА Д.В.	
О возможности использования различных видов энергии.....	116

РОГОВА М.В., ЗНАМЦЕВ Ю.М.

Условия эффективного сопряжения источников электрической энергии с нагрузкой в системах электроснабжения..... 122

САЙДАНОВ В.О.

Имитационная динамическая модель системы автономного энергоснабжения военного городка..... 125

ФЕДОРЕНКО И.А., ТИМОФЕЕВ М.Н.

Алгоритм и система управления квадрокоптером на базе микроконтроллера STM32F103C8T6..... 133

ХАЙКОВА Я.Д., КУДАШЕВА И.О., КОЛОЯРОВ Д.Р.

Модернизация и расширение технических возможностей универсальных фрезерных станков..... 138

ШВЕЦ Д.В., ЛАПКИС А.А.

Диагностическое обследование трубопроводной арматуры реакторов ВВЭР-1000 методом статистического анализа..... 144

ЮШКОВА А.О., МЕФЕДОВА Ю.А.

Задачи автоматизации деаэратора атомной станции..... 149

СЕКЦИЯ 2:**«ИТ – ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»****ВИШТАК Н.М., ЕФРЕМОВ Р.В., БЕЛЯЕВА В.В.**

Облачные технологии хранения данных в современном образовании..... 155

ВИШТАК О.В., ВИНОГРАДОВ А.А.

Использование смарт-технологий в образовании..... 161

ВИШТАК О.В., МАМЕДОВ Р.Р.

Компьютерные игры как эффективный инструмент обучения..... 166

ВИШТАК Н.М., СМИРНОВ А.Р.

Анализ образовательных информационно-контентных систем..... 172

ДРУЖИН Д.С., ШТЫРОВА И.А.

Сравнительный анализ программного обеспечения для демонстрации экрана..... 177

ЕФИМОВ Е.И.

Оптимизация списка нуклидов в выгоревшем топливе ТВС реактора РБТ-10/2 для расчётной модели на основе прецизионного расчётного кода..... 183

КАЧКОВ М.С., ОЧКУР Г.В.

Использование цифровых двойников для оценки роста агрокультур в условиях космоса..... 190

КИРЕЕВА О.В., ЕФРЕМОВА Т.А.

Вероятностный подход как основы криптографии..... 195

КОНОВАЛОВ Э.Н., ШТЫРОВА И.А.

Методы анализа больших данных..... 202

КУЛИКОВА Е.Г., ШТЫРОВА И.А.

Использование информационных технологий в инклюзивном образовании..... 207

ЛЕБЕДЕВА Я.В., ОЧКУР Г.В.

Реорганизация Интернета как способ его усовершенствования..... 212

НАРАНОВИЧ О.И., КАЛЬКО А.И., МИХНОВЕЦ А.В.

Автоматизированная система сегментации изображения..... 217

ПАНКРАТОВ А.А., ШТЫРОВА И.А.

Преимущества применения сетевых образовательных технологий..... 223

ПЕТРОВ В.И., БАЛТАБАЕВ И.М., СИМАНОВСКИЙ М.А.

Опыт освоения онлайн-курсов химии по индивидуальной траектории..... 228

ПЕТРОВ В.И., БАЛТАБАЕВ И.М., СИМАНОВСКИЙ М.А.

Элементы химического прогнозирования для инженерно-физических специальностей..... 233

ПОДГОРНОВ А.А.

Применение KNIME при решении некоторых задач энергетики..... 237

РЯЗАНОВ С.А.

Применение программных средств визуального программирования для получения компьютерных моделей промышленных изделий..... 241

СВЕРГУН Н.Н., ОЧКУР Г.В.

Потенциал развития и популярность ИТ-сферы в России..... 245

ТЕБЕЛЕВ Л.Д.

Развитие концепции технологии цифрового двойника исследовательской ядерной установки..... 249

ФЕДЯШИНА О.И., ОЧКУР Г.В.

К вопросу проектирования программного модуля поддержки деятельности организации..... 254

ХОДАКОВА Н.П.

Анализ мобильных игровых приложений по математике..... 260

**ШЛЯХТА Д.Н., КАЧКОВ М.С., ЛЕБЕДЕВА Я.В., ШАТАЛИН А.Н.,
ОЧКУР Г.В.**

Применение современных информационных решений при адаптации сотрудников в новой компании..... 263

ЮФЕРЕВ Д.М., НАГОВИЦЫНА О.А.

Социально-психологические особенности субъект-субъектного взаимодействия в условиях современной системы образования..... 269

СЕКЦИЯ 3:

«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

АНДРЕЕВА Н.В., ДВОРЯДКИНА Д.А.

Реконструкция зданий методом торкретирования..... 273

АНДРЕЕВА Н.В., МАРУСИК А.К.

Использование различных технологий строительства в условиях низких температур 276

ГОЛОВА Т.А., АНДРЕЕВА Н.В.

Торкретирование как метод изготовления строительных конструкций..... 280

ГОЛОВА Т.А., ГОРЮНОВ В.Д.

Основы формирования макетов храмовой архитектуры..... 286

ГОЛОВА Т.А., ЖУКОВ А.Д.

Конструктивные решения элементов зданий с использованием углеволокна..... 290

ГОЛОВА Т.А., МАГЕРРАМОВА И.А.

Особенности изготовления легких бетонов с использованием отходов производств.. 294

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

Инновационные направления развития инженерного образования в России и за рубежом..... 299

**ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ЗЕМЛЯНСКИЙ К.А., ДУБНОВ С.А., КУБКО Д.Д.,
ЗОТОВ Л.Д.**

Инновационный датчик для оценки напряжённого состояния грунтового основания..... 306

МАГЕРРАМОВА И.А., ДВОРЯДКИНА П.А.

Влияние заполнителей на физико-механические свойства легких бетонов..... 315

ПАНИЦКОВА Г.В., ЗОТОВ Л.Д.

Расчёт балок с учётом физической нелинейности в полных функциях методом Ритца-Тимошенко..... 319

ПОПОВА Н.А.

Архитектурно-художественное убранство в наследии усадебных ансамблей XIX века в Балаково..... 324

ПОПОВА Н.А., СЕНАТАЕВА А.Ф.

Мониторинг 2020 состояния памятника архитектуры и градостроительства усадьбы Анисима Мальцева. Архитектурный анализ состояния жилых строений..... 333

ПОПОВА Н.А., ШИЛОВ В.А.

Мониторинг 2020 состояния памятника архитектуры усадьбы Анисима Мальцева. Архитектура производственно-хозяйственного назначения..... 337

РЕДКОВ В.И.

Оценка влияния свайных фундаментов проектируемого здания на деформации основания существующего производственного корпуса, расположенного в зоне влияния нового строительства..... 341

САЕНКОВ А.С.

Оптимизация проектирования фундаментов..... 349

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

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

УДК 621.311

Исследование эффективности ПГУ при работе в переменных режимах с учетом износа оборудования

Гариевский Михаил Васильевич, научный сотрудник

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

Исследовано влияние переменных режимов парогазовых установок на рабочий ресурс основного оборудования (паровой и газовых турбин). Выполнен расчет сравнительной эффективности ПГУ-450Т с учетом ресурсных и экономических показателей. Установлено, что при минимальных прогнозных ценах на природный газ ПГУ является наиболее эффективной электростанцией среди рассмотренных.

Перспективное направление развития энергетических систем связано со строительством парогазовых установок (ПГУ) с котлами-утилизаторами, которые отличаются высокой экономичностью и маневренностью.

Изначально ПГУ предназначались для эксплуатации в базовой части графика нагрузки с ограниченным числом пусков-остановов (порядка 30 пусков в год при сроке службы 30 лет). Благодаря техническому совершенствованию ПГУ появились возможности использования их и в полупиковых режимах. Технические требования к маневренности современных ПГУ допускают число пусков до 300 в год. По сути, возможна ежесуточная остановка ПГУ [1]. Высокая экономичность, в том числе на частичных нагрузках, и хорошие маневренные характеристики делают парогазовые установки незаменимыми для участия в устранении небалансов мощностей [2]. Несмотря на то, что парогазовые установки имеют более высокие маневренные

возможности, чем традиционные паросиловые энергоблоки, проблема износа основных узлов от циклических термомеханических нагрузок является крайне актуальной.

Значительная доля атомной генерации в общем производстве электроэнергии, рост доли возобновляемых энергоисточников (ветра, солнца и др.), неравномерные графики электропотребления и изменения цен электроэнергии на рынке приводят к необходимости стратегии эксплуатации тепловых электростанций: крайне нерегулярная и прерывистая работа необходима для удовлетворения потребительского спроса и производства энергии главным образом в часы, когда цена на электроэнергию выше для максимизации прибыли [3]. Эта стратегия работы, как правило, требуется для всех электростанций, не только тех, которые традиционно предназначены для регулирования нагрузки, но и тех, которые первоначально предназначены для покрытия базовой нагрузки. Как следствие, в краткосрочной перспективе обеспечивается большой доход электростанций, но в результате малоцикловой усталости металла произойдет сокращение срока службы основного оборудования. Это приведет к дополнительным затратам в планово-предупредительные и аварийно-восстановительные ремонты, а также к недоотпуску электроэнергии при авариях. Таким образом, необходимы оптимизации использования основного оборудования электростанций в течение всего срока службы [4, 5].

В данной работе поставлена задача исследовать экономическую эффективность парогазовых установок на примере ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ при работе в переменных режимах с учетом износа основного оборудования. В состав ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ входит следующее основное тепломеханическое оборудование: две газотурбинные установки типа ГТЭ-160 (V94.2); два котла-утилизатора П-90; одна паровая турбинная установка с турбиной типа Т-150-7,7 [6, 7].

Для оценки влияния переменных режимов на износ основного оборудования ПГУ и сокращения срока службы наиболее критических элементов из-за ползучести и малоцикловой усталости металла использован принцип эквивалентного времени работы (эквивалентной наработки). Согласно этому принципу каждому эксплуатационному событию (пуску, останову, изменению нагрузки) и работе на каждом уровне нагрузки (при различных температурных режимах) ставится в соответствие определенное число часов работы при базовой нагрузке [8, 9].

С учетом особенностей работы ПГУ определены коэффициенты эквивалентной выработки ресурса основного оборудования ПГУ-450Т (паровой и газовых турбин). На рис. 1 приведены зависимости эквивалентных часов работы газовой турбины ГТЭ-160

(V94.2) и паровой турбины Т-150-7,7 за цикл изменения мощности (разгрузка в часы провала нагрузки со 100 % до N , затем нагружение до 100 %).

Из рис. 1б видно, что значительная выработка ресурса паровой турбины происходит только при цикле изменения мощности с глубокой разгрузкой и высокой скоростью изменения мощности. Снижение срока службы ротора турбины из-за малоциклового усталости зависит от температурных напряжений, определяемых диапазоном и скоростью изменения температуры пара в проточной части турбины, которые в свою очередь зависят от диапазона и скорости изменения мощности. Поэтому, задаваясь графиком изменения нагрузки, можно управлять ресурсом паровой турбины.

На основе разработанной методики оценки экономических показателей работы ПГУ с котлами-утилизаторами в переменных режимах [10], учитывающей износ оборудования, увеличение затрат на топливо, на ремонтное обслуживание и амортизационные отчисления на полное восстановление – реновацию основных фондов в зависимости от режима работы энергоблока.

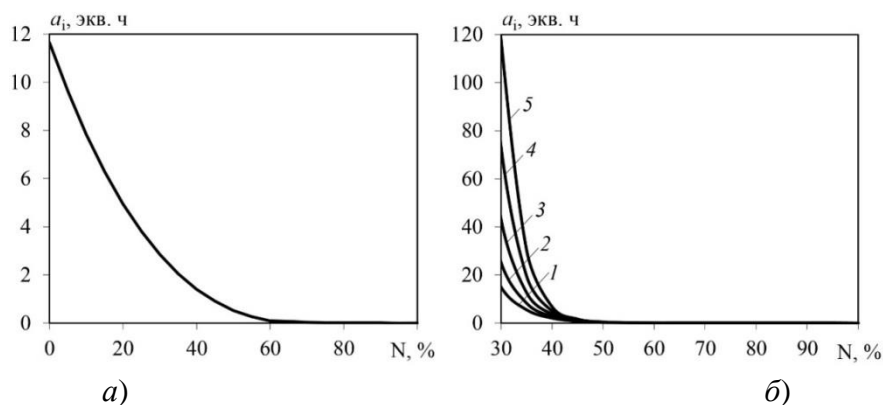


Рис. 1. Зависимость эквивалентных часов работы газовой турбины ГТЭ-160 (V94.2) (а) и паровой турбины Т-150-7,7 (б) за цикл изменения мощности (со 100 % до N , затем нагружение до 100 %) при различных скоростях изменения мощности:
 1 – 0,85 %/мин, 2 – 0,9 %/мин, 3 – 0,95 %/мин, 4 – 1 %/мин, 5 – 1,05 %/мин

В табл. 1 приведены результаты расчетов технико-экономических показателей ПГУ-450Т при переменных режимах.

Для оценки сравнительной эффективности ПГУ к рассмотрению приняты наиболее совершенные и относительно хорошо освоенные генерирующие источники: ПГУ 450 МВт с двумя газовыми турбинами ГТЭ-160 (V94.2) и одной паровой турбиной Т-150-7,7; энергоблок КЭС 300 МВт с турбиной К-300-240; энергоблок КЭС 800 МВт с турбиной К-800-240; энергоблок АЭС 1000 МВт с ВВЭР-1000.

Таблица 1

Результаты расчетов технико-экономических показателей ПГУ-450Т при переменных режимах (работе на мощности 100 % и разгрузке на 8 часов ночью до мощности N)

Мощность ПГУ при разгрузке N		Выработка ресурса газовой турбины		Увеличение затрат на ремонт ПГУ, %	Увеличение себестоимости электроэнергии, %
МВт	%	за цикл изменения мощности, экв. ч.	за час работы на мощности N		
425	94,4	0,003	0,990	1,8	0,9
400	88,9	0,005	0,980	3,7	1,9
375	83,3	0,008	0,971	5,7	2,8
350	77,8	0,015	0,962	7,7	3,8
325	72,2	0,030	0,952	9,9	4,9
300	66,7	0,055	0,943	12,1	6,0
275	61,1	0,091	0,938	14,5	7,2
250	55,6	0,241	0,913	16,9	8,3
225	50,0	0,526	0,889	19,7	9,5

На рис. 2 показаны результаты расчетов сравнительной эффективности ПГУ при работе в переменном режиме в зависимости от степени их привлечения к регулированию нагрузки (т. е. для различных уровней ночной разгрузки N и соответственно различных часов использования установленной мощности). Видно, что для принятых исходных данных при минимальных прогнозных ценах на природный газ наиболее эффективной электростанцией (среди рассмотренных) является парогазовая установка ПГУ-450Т, обеспечивающая наименьшую себестоимость электроэнергии (среднюю за расчетный период) при работе в базовом режиме (4,12 и 5,16 цент/кВт·ч при минимальных и максимальных прогнозных ценах на природный газ, соответственно) и наименьшее увеличение себестоимости электроэнергии при работе в переменном режиме (9,5 % при разгрузке ночью на 8 часов до 50 % $N_{\text{ном}}$).

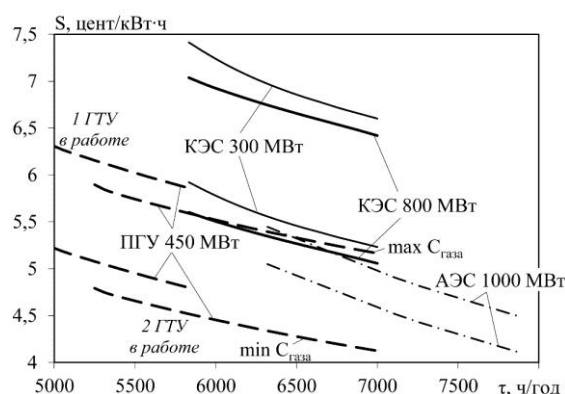


Рис. 2. Себестоимость электроэнергии (средняя за расчетный период) энергоблоков в зависимости от степени их привлечения к регулированию нагрузки

С учетом выработки ресурса основного оборудования ПГУ снижение нагрузки дубль-блочной ПГУ-450Т целесообразно осуществлять за счет разгрузки двух газовых турбин (и соответственно, разгрузки паровой турбины), без останова газовой турбины (рис. 2).

Выводы. Исследовано влияние переменных режимов парогазовых установок на ресурс наиболее термонапряженных элементов основного оборудования парогазовой установки ПГУ-450Т (паровой, газовой турбин). Выполнен расчет сравнительной эффективности использования оборудования тепловых и атомных станций (ПГУ-450Т, КЭС 300 МВт с турбиной К-300-240, КЭС 800 МВт с турбиной К-800-240, АЭС 1000 МВт с ВВЭР-1000) на перспективу с учетом ресурсных и экономических показателей. Установлено, что при минимальных прогнозных ценах на природный газ наиболее эффективной электростанцией (среди рассмотренных) является ПГУ-450Т, обеспечивающая наименьшую себестоимость электроэнергии при работе в базовом режиме (средняя себестоимость за расчетный период составляет 4,12 цент/кВт·ч) и наименьшее увеличение себестоимости электроэнергии при работе в переменном режиме (9,5 % при разгрузке ночью на 8 часов до 50 % $N_{ном}$).

Литература

1. Филиппов, С. П. Возобновляемая энергетика: системные эффекты / С. П. Филиппов, М. Д. Дильман // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): материалы двенадцатой международной конференции – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 558-567.
2. Шкрет, А. Ф. Эффективность использования теплофикационных ПГУ для регулирования переменных электрических нагрузок / А. Ф. Шкрет, М. В. Гариевский // Труды Академэнерго. – 2017. – № 3. – С. 32-42.
3. On the operation strategy of steam power plants working at variable load: Technical and economic issues / A. Stoppato [et al.] // Energy. – 2012. – Vol. 37. – № 1. – Pp. 228-236.
4. Optimal dynamic operation of natural gas combined cycles accounting for stresses in thick-walled components / J. Rúa [et al.] // Applied Thermal Engineering. – 2020. – Vol. 170. – Pp. 114858.
5. Parhizkar, T. Aging based optimal scheduling framework for power plants using equivalent operating hour approach / T. Parhizkar, A. Mosleh, R. Roshandel // Applied Energy. – 2017. – Vol. 205. – Pp. 1345-1363.
6. Создание и освоение отечественной теплофикационной парогазовой установки / П. А. Березинец [и др.] // Теплоэнергетика. – 2011. – № 6. – С. 4-11.

7. Радин, Ю. А. Опыт освоения парогазовых энергоблоков ПГУ-450Т / Ю. А. Радин, А. В. Давыдов // Электрические станции. – 2009. – № 9. – С. 22-26.

8. Аминов, Р. З. Расчет эквивалентной выработки ресурса энергоблоков ТЭС / Р. З. Аминов, А. Ф. Шкрет, М. В. Гариевский // Электрические станции. – 2014. – № 8. – С. 16-18.

9. Аминов, Р. З. Оценка ресурсных и экономических показателей работы паротурбинных энергоблоков ТЭС при переменных режимах / Р. З. Аминов, А. Ф. Шкрет, М. В. Гариевский // Теплоэнергетика. – 2016. – № 8. – С. 25-31.

10. Аминов, Р. З. Эффективность работы парогазовых ТЭЦ при переменных электрических нагрузках с учетом износа оборудования / Р. З. Аминов, М. В. Гариевский // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2018. – Т. 20. – № 7-8. – С. 10-22.

УДК 621.039

Технологическая система питательной воды II контура атомной станции

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Атомная энергетика»;

Таранов Андрей Александрович, студент направления

«Управление в технических системах»

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

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

В статье дана общая характеристика технологической системы питательной воды II контура атомной станции. Рассмотрена технологическая схема энергоблока с водо-водяным энергетическим реактором, вопросы повышения надежности и безопасности системы питательной воды парогенератора в различных режимах работы энергоблока.

Тенденция развития мировой атомной энергетики предусматривает строительство промышленных атомных электростанций с реакторными энергетическими установками различных типов. В настоящее время наибольшее распространение получили реакторные энергетические установки с водяным теплоносителем. Преимуществами реакторов ВВЭР являются их компактность, наличие гермооболочки, простые коммуникации.

Реакторная установка с ВВЭР-1000 включает в себя главный циркуляционный контур, систему компенсации давления и пассивный узел системы аварийного охлаждения зоны. Технологическая схема энергоблока (ВВЭР) представлена на рис. 1.

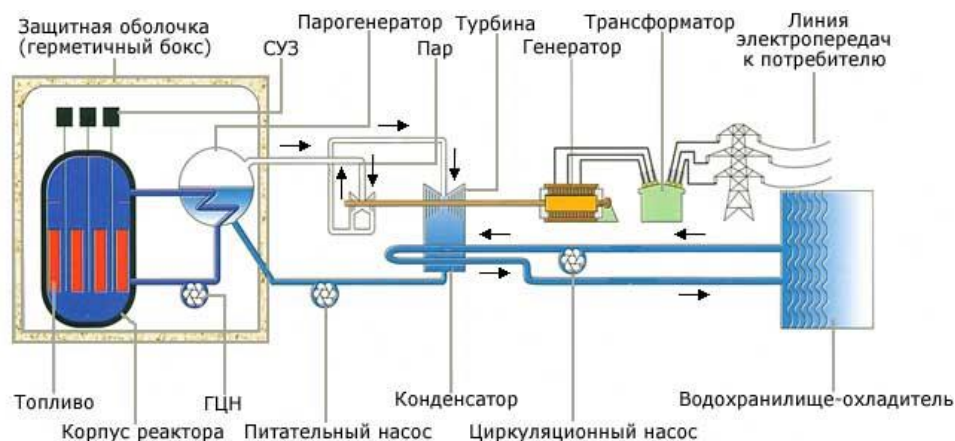


Рис. 1. Технологическая схема энергоблока

В состав главного циркуляционного контура входят реактор и четыре циркуляционные петли, каждая из которых включает парогенератор, главный циркуляционный насос (ГЦН) и главный циркуляционный трубопровод с условным диаметром 850 мм, соединяющий оборудование петли с реактором.

К одной из циркуляционных петель первого контура подсоединен компенсатор давления, с помощью которого в контуре поддерживается заданное давление воды. Энергия деления ядерного топлива в активной зоне реактора отводится теплоносителем, прокачиваемым через нее главными циркуляционными насосами. Из реактора «горячий» теплоноситель по главным циркуляционным трубопроводам поступает в парогенераторы, где отдает тепло котловой воде второго контура, и затем главными циркуляционными насосами возвращается в реактор. Вырабатываемый во втором контуре парогенераторов сухой насыщенный пар поступает на турбины турбогенератора. Технологическая схема энергоблоков с реактором ВВЭР – двухконтурная.

Первый контур предназначен для отвода тепла, выделяющегося в реакторе, и передачи его в парогенераторе во второй контур, теплоносителем и замедлителем является обессоленная вода. Парогенератор является общим оборудованием первого и второго контуров атомной электростанции и предназначен для выработки сухого насыщенного пара для турбины. Одной из основных систем второго контура является система питательной воды в парогенераторе. Поддержание заданного уровня питательной воды в парогенераторе в различных режимах работы энергоблока осуществляется системой цифрового автоматического регулирования (СЦАР) производительности турбопитательных насосов и питания парогенератора (ПГ). До

реализации взаимосвязанных алгоритмов работы СЦАР производительности турбопитательных насосов и питания ПГ нарушения в работе системы подачи питательной воды часто являлись причинами разгрузений и остановов энергоблоков.

Одним из направлений по повышению надежности и безопасности системы питательной воды ПГ является постоянное совершенствование алгоритмов управления системы цифрового автоматического регулирования производительности турбопитательных насосов и питания парогенераторов. Для подачи питательной воды из деаэраторов турбины в парогенераторы через подогреватели высокого давления предназначены два турбопитательных насоса (ТПН), работающих на общий коллектор, из которого питательная вода раздается через узлы питания на четыре ПГ.

Для энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 резервирование питательных насосов не предусмотрено, что связано с выбором для них турбопривода, который требует прогрева перед пуском. В этом случае ТПН не может использоваться как резервный. Снижение производительности ТПН приводит к снижению уровня питательной воды в ПГ, что представляет угрозу нарушения баланса энергии, подводимой к первому контуру и отводимой от него через ПГ. При выходе из строя или отключении одного из ТПН происходит весьма быстрое снижение уровней в ПГ, которое может приводить к отключениям соответствующих главных циркуляционных насосов.

С целью избегания достижения уставок аварийной защиты по фактору снижения уровня в ПГ производится автоматическая разгрузка реакторной установки.

Так как оба ТПН параллельно работают на общий коллектор, то для обеспечения эффективности их работы должна обеспечиваться равномерная (синхронная) нагруженность ТПН. Для равномерного нагружения обоих ТПН в регуляторах производительности ТПН предусмотрено: одновременная выдача команд на оба ТПН; общее задание и один и тот же регулируемый параметр. После снятия команд регуляторов частота вращения ТПН на достигнутом уровне поддерживается гидравлической системой регулирования турбопитательного насоса.

В процессе эксплуатации системы питательной воды ПГ выясняется, что из-за различий в настройке гидравлических систем регулирования ТПН происходит рассогласование расходов питательной воды за ТПН, что особенно проявляется при возникновении динамических процессов на энергоблоке, приводящих к значительным отклонениям расходов. На энергоблоках атомной станции для обеспечения равномерности нагружения турбопитательного насоса предусмотрен режим параллельной синхронизации расходов питательной воды ТПН. Режим параллельной

синхронизации расходов питательной воды блокирует выдачу команд регуляторов на «Прибавить» («Убавить») на ТПН с большим (меньшим) расходом, тем самым выравнивая расходы за ТПН.

Однако в процессе эксплуатации выявлены существенные недостатки такого режима. Возникают динамические ситуации на энергоблоке, требующие нагружения турбопитательного насоса, при которых алгоритм параллельной синхронизации расходов выдает команды на неисправный турбопитательный насос с меньшим расходом и в то же время блокирует необходимое нагружение исправного турбопитательного насоса. Для предотвращения случаев разгрузки и остановов энергоблоков из-за неадекватной работы режима параллельной синхронизации расходов питательной воды и режима максимального расхода турбопитательного насоса необходимо выполнить оптимизацию алгоритмов, обеспечивающую работоспособность в динамических режимах работы энергоблока.

В СЦАР возможен контроль исправности регулирующих клапанов методом сравнения реального положения клапана с его математической моделью – расчетным положением клапана, определенным по результатам его прокрутки на остановленном оборудовании в зависимости от длительности команды регулятора.

Однако на практике положения регулирующих клапанов турбопитательных насосов отличаются от математических моделей по различным причинам и в результате этого могут формироваться ложные сигналы о неисправности этих клапанов.

Для своевременного выявления нарушений в работе турбопитательного насоса необходимо доработать алгоритм, обеспечивающий контроль адекватной реакции регулирующих клапанов турбопитательного насоса на выдаваемые регуляторами команды. Для исключения отказов регуляторов производительности ТПН и питания ПГ взамен физически устаревшей аппаратуры предложен вариант реализации в современном программно-техническом комплексе типа ТСА (ПТК ТСА). Под эффективностью ПТК ТСА, как сложной управляющей системы, понимается свойство, характеризующее степень соответствия ее целевому предназначению.

Надёжность ПТК ТСА обеспечивается за счёт:

- резервирования управляющих контроллеров, сетей обмена данными и потоков информации;
- контроля выполнения программ до уровня локальных микроконтроллерных модулей с выполнением ограниченных функций управления при отказе управляющих контроллеров;

- работы ПО в защищенном режиме памяти;
- невозможности вмешательства в работу программ.

Показатель долговечности (средний срок службы ПТК) – не менее 30 лет с учётом замены отказавших элементов. Структура ПТК позволяет сохранить работоспособность при отказе любого числа элементов в одном канале или при отказе разных элементов в разных каналах. Для технического диагностирования производится автоматическая проверка состояния ПТК после включения электропитания и постоянно в процессе работы. После включения контролируется работоспособность составных частей, исправность внутренних и внешних линий связи, правильность передачи данных по цифровым линиям связи.

В процессе работы осуществляется непрерывный контроль электропитания, температуры, задымлённости и сопротивления изоляции внутри шкафов ПТК, отсутствие зависания программ, достоверности входных сигналов и цифровых данных.

Реализация программ непрерывного автоматического контроля, технического диагностирования и самоконтроля не влияет на выполнение программ основных информационных и управляющих функций и не приводит к ухудшению их характеристик выше допустимых пределов. Основной формой интерфейса является отображение информации о параметрах технологического процесса и состоянии оборудования на мониторах рабочих мест и компьютерных станций с применением многооконной графики и разветвлённой системы меню.

Для операторов блочного щита управления предусмотрено применение сенсорных панелей, имитирующих пульта управления, что облегчает адаптацию персонала к новым условиям работы и уменьшает время реакции персонала на событие.

Внедрение оборудования нового программно-технического комплекса ТСА с использованием современной элементной базы позволит повысить надёжность работы технологического оборудования за счёт:

- повышения надёжности технических средств авторегулирования и логического управления;
- контроля состояния каналов получения информации и управления исполнительными механизмами;
- наличия диагностики входной информации и схем управления;
- резервирования всех элементов, отказ которых может привести к отказу системы или ее части;
- применения современной элементной базы с высокой степенью интеграции;

- улучшения метрологических характеристик измерительных каналов;
- обработки информации с последующим её предоставлением на дисплеях, табло, печатающих устройствах, а также длительного архивирования параметров.

Литература

1. Бесекерский, В. А. Руководство по проектированию систем автоматического управления / В. А. Бесекерский. – М.: Высшая школа, 1983. – 293 с.
2. Григорьев, В. А. Тепловые и атомные электрические станции / В. А. Григорьев, В. М. Зорин. – М: Энергоиздат, 1982. – 605 с.
3. Овчинников, Ф. Я. Эксплуатационные режимы ВВЭР / Ф. Я. Овчинников, В. В. Семенов. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 182 с.

УДК 621.01

Автоматизация расчетов амплитудно-частотных характеристик простейших систем как средство освоения профессиональных компетенций студентами высших учебных заведений направления «Машиностроение»

Губатенко Марк Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Атомная энергетика»;

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»

Рассматривается задача автоматизированного расчета амплитудно-частотной характеристики одиночной балки, системы балка-точечная масса, решение которой студентами высших учебных заведений направления «Машиностроение» позволит частично сформировать профессиональные компетенции и использовать полученные знания, умения и навыки в научной деятельности.

В настоящее время существует множество систем автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих решать разнообразные задачи, связанные с расчетом на прочность элементов конструкций, анализом и моделированием тепловых процессов, расчетом гидравлических систем, сложных конструкций и механизмов и т.

д. Ряд САПР с целью более наглядного представления результатов расчета поддерживает трехмерные модели рассматриваемых объектов.

В дальнейшем, с целью рассмотрения обозначенной темы, речь будет вестись о возможностях расчета амплитудно-частотных характеристик простейших систем в САПР MSC Patran, как одной из наиболее передовых CAE систем. MSC Patran обеспечивает интеграцию систем геометрического и конечно-элементного моделирования, анализа и обработки результатов расчета и предназначен для углубленных исследований работоспособности и оптимизаций изделий на стадиях проектирования, производства и эксплуатации. С помощью настраиваемого графического интерфейса и интерактивной справочной системы предоставляет эффективные возможности по импорту геометрических моделей из CAD систем, созданию и редактированию геометрии, генерации конечно-элементных сеток, подготовке и настройке расчетных моделей и обработке результатов расчета [1]. Использование таких САПР позволяет частично сформировать профессиональные компетенции обучающихся и успешно применять полученные знания, умения и навыки при подготовке выпускной квалификационной работы, и, впоследствии, в профессиональной деятельности [3].

В качестве примера рассматривается следующая учебная задача: дана балка квадратного сечения длиной $l=500$ мм, которая опирается на неподвижную и подвижную опоры (рис. 1). В середине балки подвешена масса $m=4$ кг на упруго-диссипативном элементе. Коэффициент жесткости элемента $3 \cdot 10^6$ Н/м, коэффициент демпфирования $c = 0.02 \cdot 2\sqrt{mk}$.

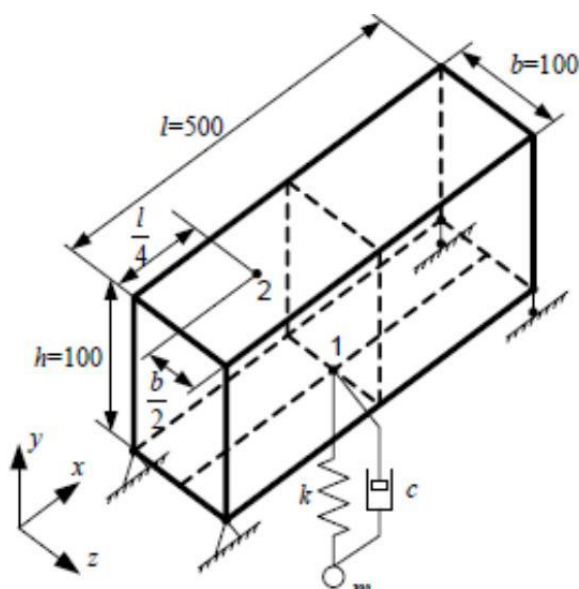


Рис. 1. Исходные данные рассматриваемой задачи расчета амплитудно-частотных характеристик простейших систем

Материал балки – сталь с $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Н/м², плотность $\rho = 7.8 \cdot 10^3$ кг/м³, момент инерции сечения относительно горизонтальной оси симметрии:

$$J = \frac{bh^3}{12} \quad (1)$$

Собственная частота колебаний балки без груза определяется как:

$$f = n^2 \cdot \frac{\pi}{2l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ \cdot l}{M}} \quad (2)$$

где n – номер формы колебаний балки; M – масса балки.

Для данных размеров балки собственная частота первой формы колебаний, вычисленная по формуле (2), для f равна 941,1 Гц.

Требуется определить и рассмотреть:

1. Собственные частоты колебаний одиночной балки.
2. Амплитудно-частотную характеристику от точки 1 (вход) до точки 2 (выход).
3. Собственные частоты системы при подвешенной к балке массе M с помощью упругого и демпфирующего элемента.
4. Амплитудно-частотную характеристику системы.
5. Коэффициент жесткости K так, чтобы колебания по первой форме были близки к нулю.

Прежде чем приступить к основным расчетам, обучающемуся необходимо провести ряд подготовительных мероприятий:

1. Создается база данных, где будут храниться параметры модели: материал, нагрузки, граничные условия.
2. Осуществляется импортирование в новую базу данных САД геометрии рассматриваемой балки, заранее подготовленной в САД-системе (в данном случае в САПР UGS NX 6), т. е. добавляется 3D-модель балки (рис. 2).

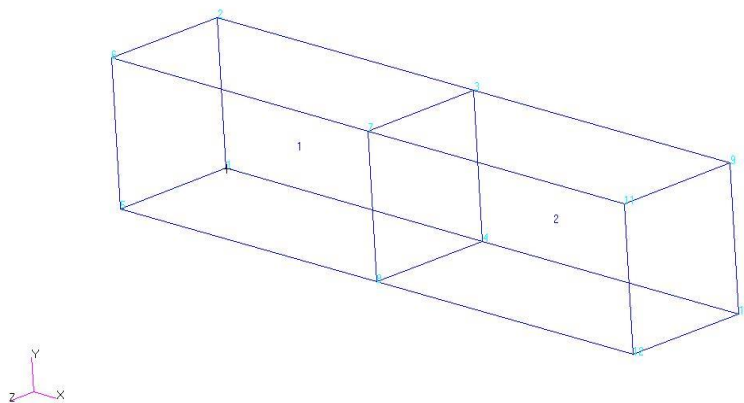


Рис. 2. Трехмерная модель балки

Модель балки состоит из 2 частей, это необходимо для того, чтобы получить плоскость, в которой будет подвешен груз.

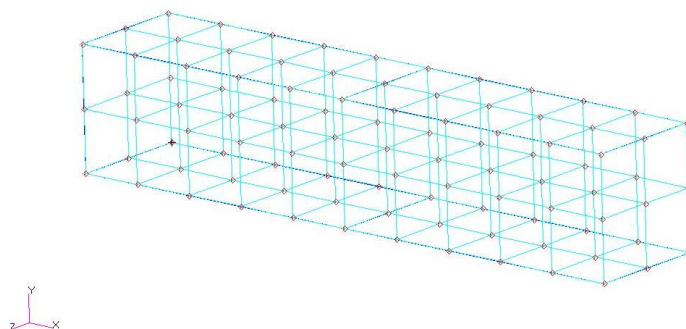
3. Строится, конечно, элементная модель (рис. 3а, б).

В решении данной задачи в качестве конечного элемента используется восьмиузловой прямоугольный элемент. В программе можно менять размеры конечного элемента, если требуется большая точность решения, но в рассматриваемом случае в качестве оптимального варианта достаточно рассмотреть модель со 109 узлами [3].

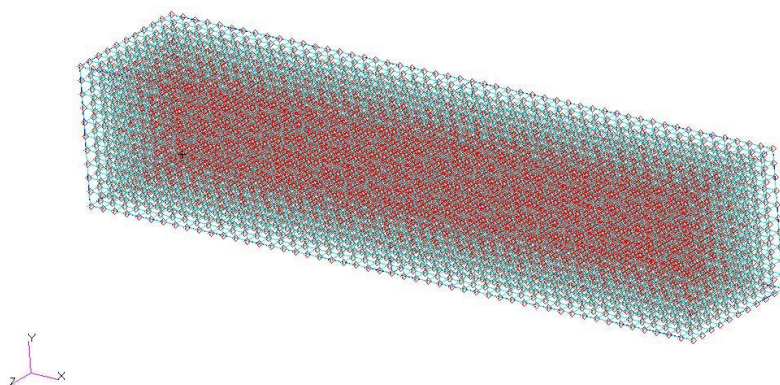
4. Проводится оптимизация матрицы жесткости, т. е. объединяются конечные элементы первой и второй части конструкции.

В результате этого этапа удастся установить лишние узлы сетки (для данной конкретной задачи число таких узлов – 9).

5. Выбирается для данной модели материал из сопутствующей библиотеки, задаются силы и накладываются ограничения по перемещениям. Выбирается тип анализа (расчет собственных частот и форм колебаний), передается база данных на обработку предпроцессом.



а) конечно-элементная модель объекта, содержащая 109 узлов

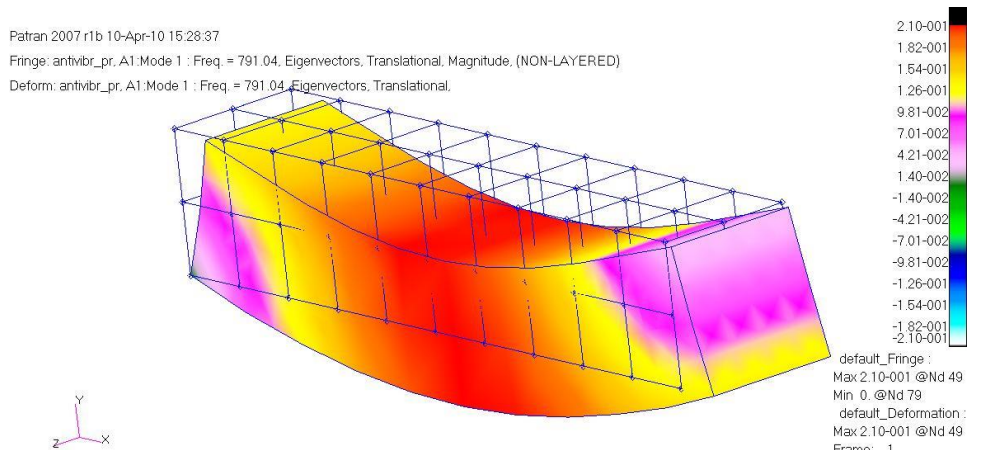


б) конечно-элементная модель объекта, содержащая 8056 узлов

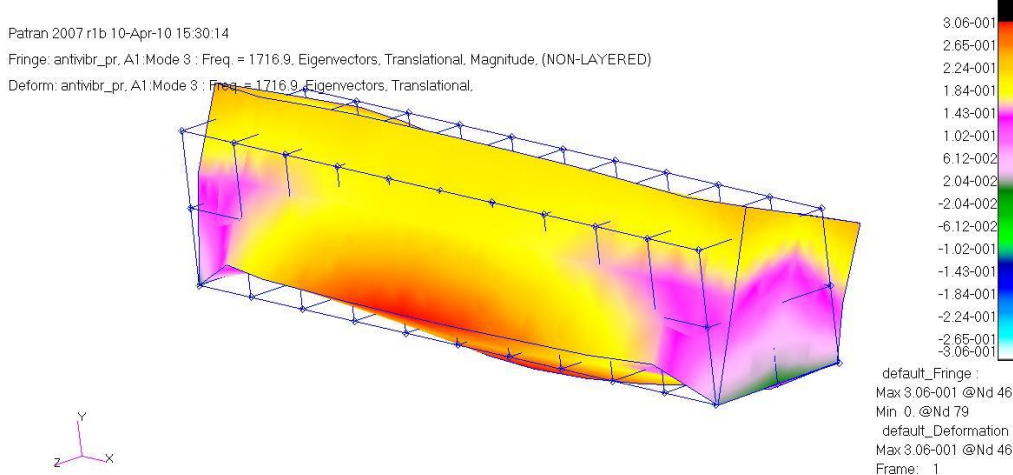
Рис. 3. Конечно-элементные модели рассматриваемого объекта с различным числом узлов

В результате расчетов, выполненных САПР MSC Patran, выдаются 3D-модели колебаний, и деформаций балки при десяти различных частотах (рис. 4а, б, в).

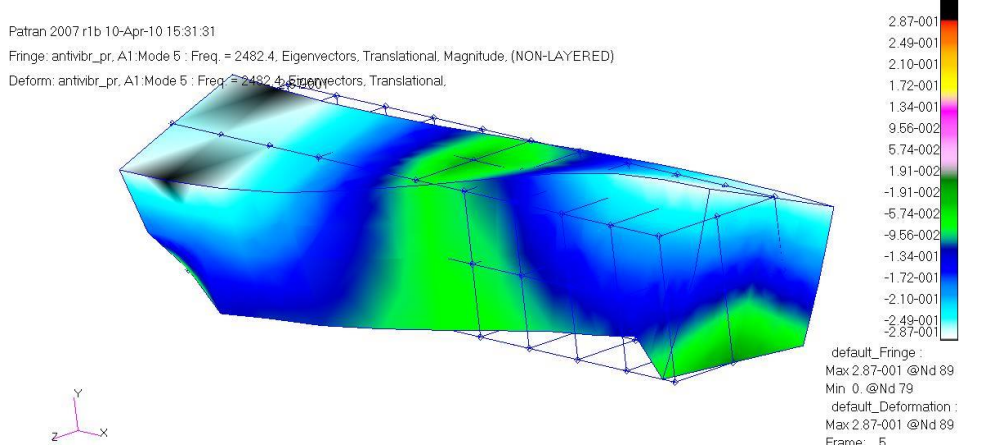
Затем для решения поставленных задач обучающемуся необходимо провести анализ амплитудно-частотной характеристики от точки 1 до точки 2 балки по ускорениям (рис. 5). Результаты анализа такой характеристики для одиночной балки позволяют сделать вывод, что она имеет два резонансных пика в области 800 и 1800 Гц.



а) колебания балки при частоте 791,04 Гц



б) колебания балки при частоте 1719,9 Гц



в) колебания балки при частоте 2482,4 Гц

Рис. 4. Колебания и деформации балки при различных частотах

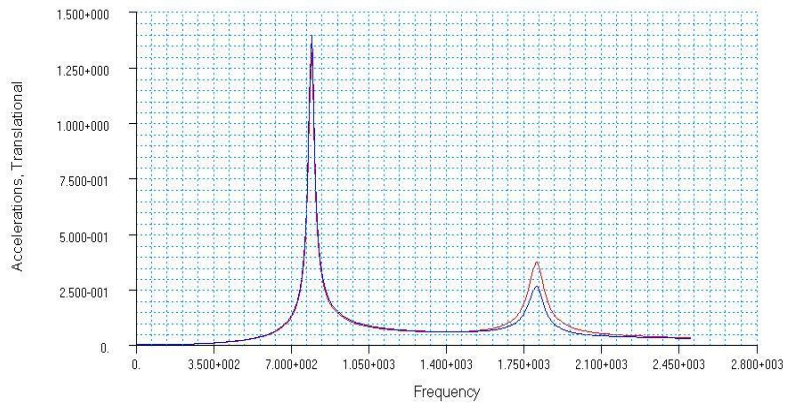


Рис. 5. График амплитудно-частотной характеристики одиночной балки

Далее проводится доработка модели, согласно заданию, путем закрепления точечной массы на упругом и демпфирующем элементе в центре балки (рис. 6). С целью удобства построения системы «пружина – масса» необходимо переместить узел в точке 1 на 0,05 м в отрицательном направлении по оси y .

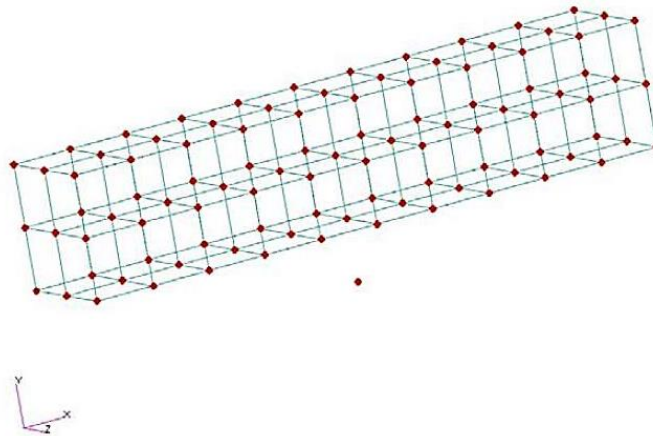


Рис. 6. Конечно-элементная модель балки с точечной массой на упругом и демпфирующем элементе в центре балки

Анализ колебаний рассматриваемой простейшей системы, принимая во внимание только первую форму колебаний по оси y , представлен на рис. 7.

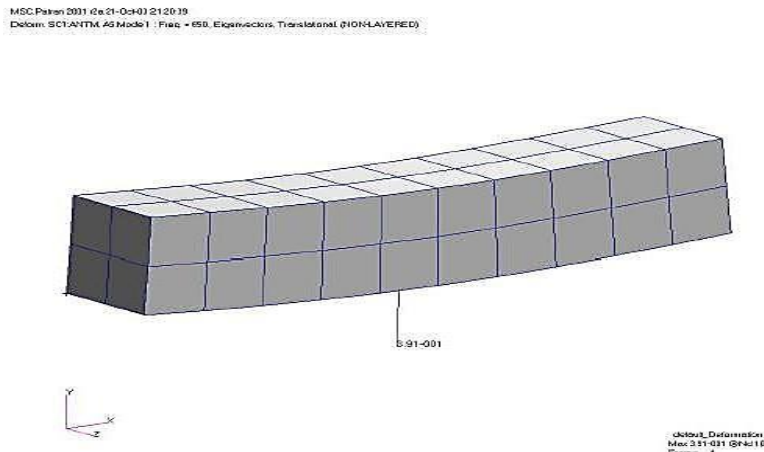


Рис. 7. Колебания балки с точечной массой на упругом и демпфирующем элементе в ее центре при частоте 640.5 Гц

Затем проводится анализ амплитудно-частотной характеристики от точки 1 до точки 2 балки по ускорениям (рис. 8).

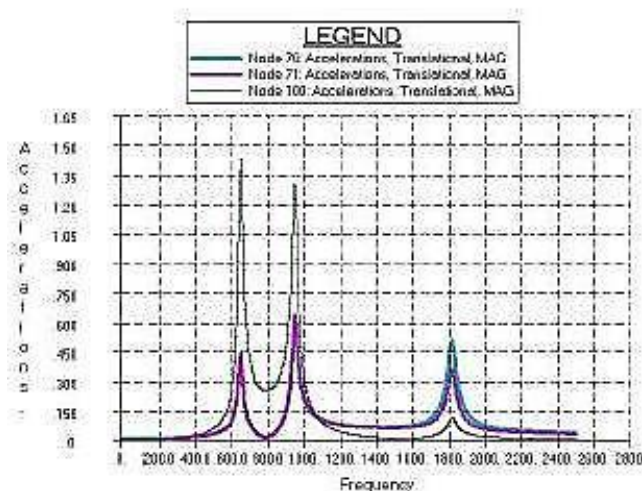


Рис. 8. График амплитудно-частотной характеристики балки с точечной массой на упругом и демпфирующем элементе в ее центре

Результаты анализа графика амплитудно-частотной характеристики балки с точечной массой на упругом и демпфирующем элементе в ее центре показывают, что колебаний на частоте 790 Гц не возникает. Присутствующие колебания на частотах 650 Гц и 948 Гц имеют амплитуды почти в 2 раза меньше, чем у балки без подвешенной точечной массы.

Выводы:

1. Решение поставленной задачи обучающимися по направлению «Машиностроение» позволяет частично формировать следующие основные профессиональные компетенции [2]:

ПК-8. Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования;

ПК-9. Способен учитывать технологические и эксплуатационные характеристики деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании, осуществлять выбор оптимальных проектных решений;

ПК-10. Способен проектировать и выбирать технологическую и инструментальную оснастку для машиностроительных производств.

2. Возможно применение полученных знаний, умений и навыков по результатам решения представленной задачи в рассмотрении ряда научно-исследовательских задач и представления результатов на научных мероприятиях различного уровня.

Литература

1. Patran. Интегрирующая среда для систем анализа, моделирования и проектирования на основе универсального графического пользовательского интерфейса: сайт. – URL: <http://www.mscsoftware.ru/products/patran> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.

2. Образовательный стандарт ВО НИЯУ МИФИ «15.03.01 Машиностроение»: издание официальное: актуализировано Ученым советом университета. Протокол № 20/08 от 22.09.2020 г. – М., 2020.

3. Кудашева, И. О. Особенности применения метода конечных элементов для расчета напряженного состояния корпуса распылителя форсунки топливного насоса высокого давления / И. О. Кудашева, Д. В. Синчурин // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации». – Курск: Юго-Зап. Гос. ун-т, 2014. – С. 272-2784.

УДК 614.841.1 81.92.31

Разработка методов придания огнезащитных свойств многослойным композиционным текстильным материалам

Загоруйко Марина Владимировна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры
«Технология и товароведение одежды и обуви»;

Бурлаков Владимир Иванович, кандидат военных наук, доцент, профессор кафедры
«Технология и товароведение одежды и обуви»

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

В статье изложены результаты исследования эффекта огнезащиты композиционных текстильных материалов, полученного после придания им огнестойкости различными способами. Данный эффект предлагается использовать при разработке огнестойких материалов для специальной одежды и других изделий.

Текстильная промышленность постоянно обновляет ассортимент полотен для швейных изделий. К новому перспективному ассортименту материалов относятся и многослойные композиционные текстильные материалы (КТМ), получаемые клеевой технологией соединения двух и более слоев текстильных полотен разного

волокнутого состава, структуры и свойств. Такие материалы характеризуются высокими физико-механическими, гигиеническими и эксплуатационными свойствами, однако обладают повышенной горючестью, что сдерживает их применение в производстве спецодежды и других изделий бытового и технического назначения. Поэтому придание огнезащитных свойств композиционным текстильным материалам является актуальной проблемой.

В качестве модификатора использовали 30 % раствор полифосфата аммония EXFLAM APP-201 с добавлением метазина из расчета 60 г/л [1]. Модификацию проводили при температуре модифицирующего раствора 40 ± 5 °С, модуле ванны 1:10, продолжительности пропитки 20-30 с., с последующим отжимом и сушкой при температуре 100 ± 5 °С до постоянной массы пробы.

Огнезащитные свойства композиционным текстильным материалам, полученным по клеевой технологии, придавали двумя способами: первый способ – огнезащитной модификации подвергали композиционные текстильные материалы (ОЗКТМ); по второму способу – сначала огнезащитной модификации подвергали ткани (ОЗТ), составляющие композиционный материал, а затем соединяли их неогнезащищенным адгезивом.

Состав и способ придания огнезащитных свойств композиционным текстильным материалам представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и способ огнезащитной обработки композиционных текстильных материалов

Обозначение состава образца	Способ огнезащитной обработки	Состав композиционного материала
КТМ-101	1 способ - ОЗКТМ	КТМ (Ткань арт. 82038, Н005РА, фланель арт. 1630) + 18,9 % EXFLAMAPP-201
	2 способ - ОЗТ	(Ткань арт. 82038, 16 % APP-1) + (фланель арт. 1630, 20 % EXFLAM APP-201) + Н005РА
КТМ-102	1 способ - ОЗКТМ	КТМ (Ткань арт. 82038, ПЭВД, фланель арт. 1630) + 19,0 % EXFLAMAPP-201
	2 способ - ОЗТ	(Ткань арт. 82038, 16% APP-1) + (фланель арт. 1630, 20 % EXFLAM APP-201) + ПЭВД
КТМ-103	1 способ - ОЗКТМ	КТМ (Ткань арт. 82038, ПВБ, фланель арт. 1630) + 18,8 % EXFLAMAPP-201
	2 способ - ОЗТ	(Ткань арт. 82038, 16 % APP-1) + (фланель арт. 1630, 20 % EXFLAM APP-201) + ПВБ
КТМ-104	1 способ - ОЗКТМ	КТМ (Ткань арт. 82038, АКР-622, фланель арт. 1630) + 18,9 % EXFLAM APP-201
	2 способ - ОЗТ	(Ткань арт. 82038, 16 % APP-1) + (фланель арт. 1630, 20 % EXFLAM APP-201) + АКР-622

Примечание: полимерные адгезивы – платамида марки Н005РА; акриловый сополимер АКР-622; полиэтилен ПЭВД и поливинилбутираль ПВБ

Установили, что содержание АРР-201 в структуре ОЗКТМ не зависит от типа адгезива и способа огнезащиты и составляет 16-22 %. ОЗКТМ характеризуются высокими значениями кислородного индекса 28,5-30 %, не поддерживают горение на воздухе, потери массы не превышают допустимые 20 % (табл. 2) [2].

Таблица 2

Показатели горючести огнезащищенных КТМ

Обозначение состава образца	Способ огнезащитной обработки	КИ, % об.	При поджигании на воздухе	
			$t_{\text{сам. горения}}, \text{ с}$	$\Delta m, \%$
КТМ-101	1 способ - ОЗКТМ	30	8	2,5
	2 способ - ОЗТ	30	10	2,7
	исходный	19,5	125	96
КТМ-102	1 способ - ОЗКТМ	30	9	2,2
	2 способ - ОЗТ	29,5	10	2,1
	исходный	19,5	120	96,8
КТМ-103	1 способ - ОЗКТМ	29,0	12	7,2
	2 способ - ОЗТ	28,5	15	7,8
	исходный	18,5	105	96,4
КТМ-104	1 способ - ОЗКТМ	29,0	11	6,1
	2 способ - ОЗТ	28,5	13	6,3
	исходный	18,5	108	97,2

Примечание: $t_{\text{сам}}$ – время самостоятельного горения образца, после удаления источника горения; Δm – потери массы; КИ – кислородный индекс

Таким образом, высокий эффект огнезащиты достигается как при модификации КТМ, так и при соединении огнезащищенных полотен неогнезащищенным адгезивом. Это объясняется тем, что, как было доказано с помощью растровой микроскопии с элементным анализом, фосфор распределяется по всему объему нити ткани с преобладанием в граничных слоях и распространяется в структуру адгезива на расстояние 30-38 мк [3]. Учитывая, что толщина клеевой прослойки между слоями материалов не превышает 15-25 мк, можно заключить, что фосфор диффундирует в адгезив, защищая его от горения. Следовательно, ОЗКТМ можно получать как по первому, так и по второму способу.

Огнезащитная обработка раствором АРР-201 незначительно на 8-10 % снижает прочность клеевого соединения слоев КТМ с сополиамидным и акриловым адгезивом, за счет недостаточной их устойчивости к действию воды. Тем не менее, ОЗКТМ характеризуются высокой прочностью клеевого соединения 8-10 Н/см, разрывной нагрузкой 111-223 даН и устойчивостью к истиранию по плоскости 10012-18144 циклов.

Таким образом, разработан способ придания огнезащитных свойств композиционным текстильным материалам, при котором формируется структура, обеспечивающая высокие физико-механические свойства и прочность клеевого соединения структуры ОЗКТМ. Материалы не поддерживают горение на воздухе и по показателям горючести их можно отнести к трудносгораемым материалам.

Литература

1. Бешапошникова, В. И. Огнезащищенные композиционные текстильные материалы для спецодежды и изделий технического назначения / В. И. Бешапошникова, Т. В. Куликова, М. В. Загоруйко // Пятый Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. – Ч. 1. – С. 16-17. – ISBN 978-5-7433-2205-3.

2. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

3. Придание огнезащитных свойств композиционным текстильным материалам для швейных изделий / В. И. Бешапошникова, М. В. Загоруйко, Т. В. Куликова, О. А. Гришина // Дизайн и технологии. – 2009. – № 14(55). – С. 109-114.

УДК 62-531.3

Динамические характеристики участка при регулировании расхода сжимаемой среды

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

Рассмотрены варианты схем регулирования расхода сжимаемой среды, основные уравнения, используемые при выводе математической модели участков. Для участка подачи газа в котел, регулирование расхода на котором осуществляется путем дросселирования основного потока, получены передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям.

В энергетических установках часто возникает необходимость регулировать расход или давление в системе, по которой протекает газ или пар. Структурная схема участка в этом случае отличается от участка с несжимаемой средой лишь тем, что вместо насоса устанавливается машина сжатия (компрессор, вентилятор, дымосос) или расширения (паровая машина или паровая турбина).

Варианты схем регулирования расхода (давления) (рис. 1) аналогичны случаю несжимаемой жидкости:

- а), б) – дросселирование основного потока;
- г) – дросселирование ответвляемого потока;
- в) – регулирование путем воздействия на компрессор (изменение скорости его вращения или положения лопаток).

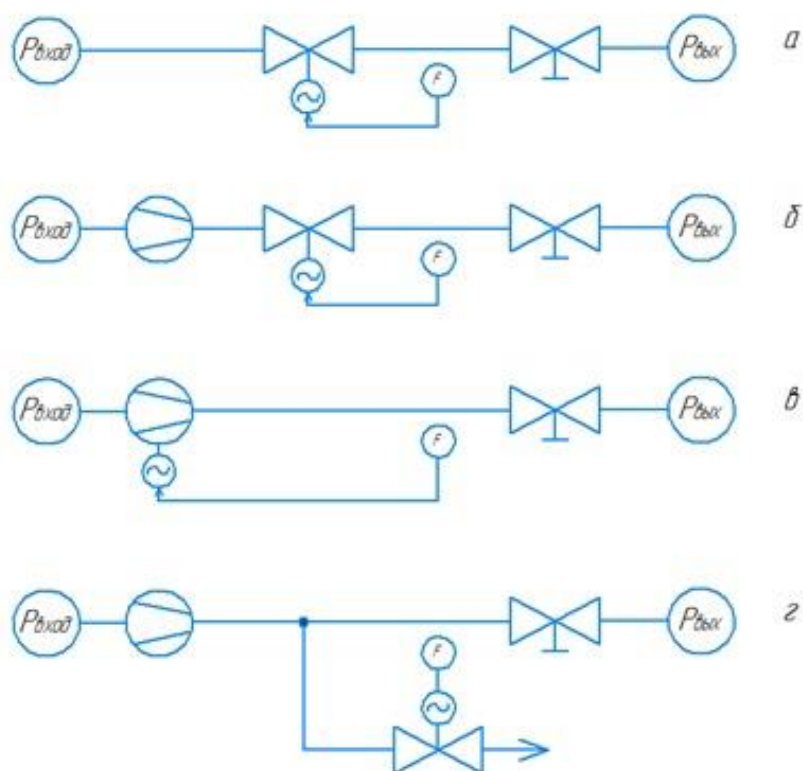


Рис. 1. Схемы регулирования расхода

Особенностью участка является то, что расход среды в каждом сечении может быть различным из-за сжимаемости среды. Изменение давления приводит к изменению плотности среды и ее массы. Эффект аккумуляции среды проявляется не только в больших емкостях, но и в самом трубопроводе. Зависимость между давлением и плотностью описывается уравнениями термодинамического состояния. Вводят допущение, что изменение давления обусловлены трением в трубопроводах, дросселированием в клапанах, а также сжатием и расширением в машинах.

При вводе уравнения элемента используют:

- уравнение сохранения массы (баланс рабочего вещества);
- уравнения, учитывающие изменения состояния (при хорошем теплообмене процессы протекают изотермически, при плохом – адиабатически, чаще – усредняют значение);
- уравнение сохранения количества движения (баланс механической энергии).

Для системы, по которой протекает сжимаемая среда, нельзя получить в общем виде аналитическое выражение передаточной функции, учитывающей все возможные способы регулирования. Необходимо в каждом конкретном случае записать уравнения отдельных элементов и исключить промежуточные параметры [2].

Рассмотрим на примере участка подачи газа в котел, регулирование расхода на котором осуществляется путем дросселирования основного потока. Модель такого участка представлена на рис. 2а, а принципиальная схема – рис. 2б [1].

Расход газа с помощью датчика измеряется в определенном сечении газопровода и сравнивается с его заданным значением. Формируемый в результате этого управления сигнал воздействует на регулирующий клапан РК. Газ поступает из коллектора К, в котором поддерживается постоянное давление P_1 , и через регулирующий клапан, трубопровод, запорный клапан и горелку Г подается во второй аккумулятор (топку), где поддерживается постоянное давление P_2 . Примем, что регулирующий клапан расположен вблизи коллектора, возмущающий клапана – непосредственно у горелки. Таким образом, отрезок трубопровода, который нужно учитывать при расчетах, заключен между РК и ВК.

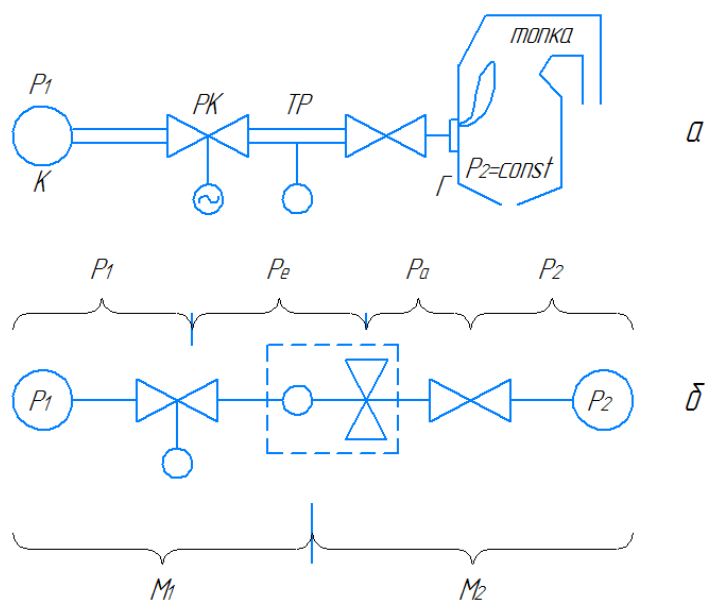


Рис. 2. Участок регулирования подачи газа в котел

Коэффициенты, характеризующие потери в линии и клапанах:

$$K_{л} = \frac{\xi}{2\rho S_{л}^2}; K_{BK} = \frac{\xi_{BK}}{2\rho}; K_{PK} = \frac{\xi_{PK}}{2\rho}, \quad (1)$$

где ξ – местные сопротивления в линии и клапанах, S – площадь поперечного сечения, ρ – плотность вещества.

Плотность сжимаемой среды является функцией давления и математически описывается уравнениями термодинамического состояния. Для изотермического процесса:

$$\rho = \frac{P}{K}. \quad (2)$$

Для адиабатического процесса в выражении появляется параметр χ , который для определенных сред принимает следующие значения: для газа $\chi = 1,4$; для перегретого пара $\chi = 1,3$; для насыщенного или влажного пара $\chi = 1,14$:

$$\rho = \left(\frac{P}{K}\right)^{\frac{1}{\chi}}. \quad (3)$$

Коэффициент линии рассчитывается согласно выражению:

$$a_{л} = 2K_{л}\overline{M}, \quad (4)$$

где \overline{M} – расход в установившемся режиме.

Для сжимаемой среды возможны два вида истечения: докритическое и закритическое. В зависимости от этого коэффициенты клапанов рассчитываются:

- для докритического истечения:

$$\begin{aligned} a_{BK} &= \frac{2K_{BK}\overline{M}}{S_{BK}^{-2}}; \theta_{BK} = \frac{2K_{BK}\overline{M}^2}{S_{BK}^{-3}}; \\ a_{PK} &= \frac{2K_{PK}\overline{M}}{S_{PK}^{-2}}; \theta_{PK} = \frac{2K_{PK}\overline{M}^2}{S_{PK}^{-3}}; \end{aligned} \quad (5)$$

- для закритического истечения:

$$\begin{aligned} a_{BK} &= \frac{K_{BK}}{S_{BK}}; \theta_{BK} = -\frac{K_{BK}\overline{M}}{S_{BK}^{-2}}; \\ a_{PK} &= \frac{K_{PK}}{S_{PK}}; \theta_{PK} = -\frac{K_{PK}\overline{M}}{S_{PK}^{-2}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициент, учитывающий среднее состояние (адиабатическое и изотермическое):

$$T_{г} = \alpha \frac{m}{M}; \quad (7)$$

где $\alpha = 0,85$ для газа; $\alpha = 0,9$ для перегретого пара; $\alpha = 0,95$ для насыщенного или влажного пара.

Среднее давление в системе и коэффициент c :

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5(P_E + P_A); \\ c &= \frac{\bar{M}}{2P} T_r.\end{aligned}\quad (8)$$

Описанные выше коэффициенты используются для определения параметров передаточных функций участка регулирования расхода по управляющему и возмущающему воздействиям.

Передаточная функция участка регулирования расхода по управляющему воздействию – площади поперечного сечения регулирующего клапана:

$$W_3(p) = \frac{\Delta M_2}{\Delta S_{PK}} = \frac{b_1 p + b_0}{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}, \quad (9)$$

где коэффициенты рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned}b_0 &= \epsilon_{PK}; \\ b_1 &= a_L \epsilon_{PK} c; \\ a_0 &= a_{PK} + a_{BK} + a_L; \\ a_1 &= 2a_{PK} a_L + 2a_{PK} a_{BK} + 2a_{BK} a_L + a_L^2; \\ a_2 &= (a_{PK} a_L (a_L + 2a_{BK})) c^2.\end{aligned}\quad (10)$$

Передаточная функция участка регулирования расхода по возмущающему воздействию – площади поперечного сечения возмущающего клапана:

$$W_3(p) = \frac{\Delta M_2}{\Delta S_{BK}} = \frac{c_2 p^2 + c_1 p + c_0}{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}, \quad (11)$$

где коэффициенты рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned}c_0 &= \epsilon_{BK}; \\ c_1 &= 2(a_{PK} + a_L) \epsilon_{BK} c; \\ c_2 &= 2\epsilon_{BK} a_{PK} a_L c^2.\end{aligned}\quad (12)$$

Передаточные функции участка регулирования расхода несжимаемой среды в отличие от участка регулирования сжимаемых сред, имеющих аperiодический характер, имеют более сложный вид, порядок уравнений возрастает до двух. Приведенные зависимости позволяют осуществить расчет численных значений всех коэффициентов и оценить динамику участка при выборе определенных исходных данных.

Литература

1. Демченко, В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭЦ / В. А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 305 с.

2. Ещенко, А. А. Структурные модели типовых участков (объектов) регулирования расхода и давления рабочей среды / А. А. Ещенко. – Иркутск: ИрГТУ, 2003. – Вып. 5 – С. 93-99.

УДК 69.002.5

Направления развития конструкций машин для разрушения прочных грунтов с динамическим интенсификатором

Земсков Владимир Михайлович, доктор технических наук, доцент;

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

В работе рассмотрены новые принципиальные решения по совершенствованию устройств для рыхления прочных и мерзлых грунтов, направленные на повышение надежности составных элементов, эффективности воздействия на разрабатываемую среду и снижение массы оборудования.

Развитие сети автомобильных дорог осуществляется согласно транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г., Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010-2020 гг.) и проекту государственной программы «Развитие транспортной системы».

Автомобильные дороги являются важнейшей составляющей транспортной инфраструктуры. От их качества и протяженности зависит скорость перемещения грузов, как на внутреннем российском рынке, так и на трансконтинентальных маршрутах, соединяющих Европу и Азию.

Не случайно в последние десятилетия государство уделяет особое внимание развитию автомобильных дорог, т. к. от этого напрямую зависит развитие экономики России и благосостояние граждан.

При строительстве автомобильных дорог одним из трудоемких этапов является проведение земляных работ. Российская Федерация страна, в целом, северная – более

10,5 млн км² нашей страны занимают вечномёрзлые грунты [1]. При проведении земляных работ существует необходимость разрушения верхнего слоя прочных и мёрзлых грунтов, что весьма трудоемко.

Снижение энергоёмкости процесса разрушения прочных и мёрзлых грунтов, следовательно, и возможность повышения производительности машин для земляных работ является одной из важных задач при разработке новых конструкций машин. Анализ применения новых образцов высокопроизводительной техники в дорожном строительстве показывает, что ежегодно производительность выполнения земляных работ на объектах увеличивается в среднем на 10 %.

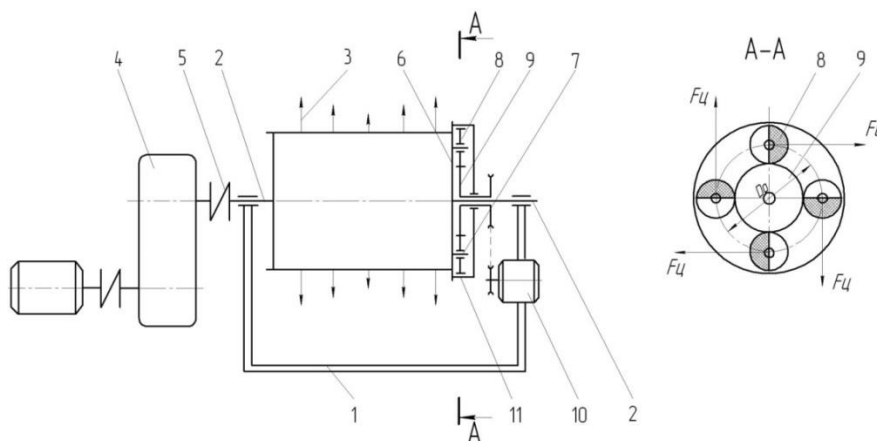
В настоящее время создано большое количество машин и механизмов для разработки прочных и мёрзлых грунтов в различных областях строительства. Перспективным направлением повышения производительности и энергонасыщенности рабочего оборудования машин для разработки прочных и мёрзлых грунтов без увеличения тяги базовых машин является интенсификация их рабочих процессов. Преимуществом этого класса машин является возможность реализации сравнительно больших, по отношению к мощности привода, усилий непосредственно на рабочем органе.

Основными недостатками традиционных конструкций машин для разрушения прочных и мёрзлых грунтов [2] являются значительные нагрузки на режущие зубья и большая энергоёмкость процесса рыхления. Поэтому на протяжении многих лет коллективом авторов ведется работа по разработке принципиально новых конструкций машин для разрушения прочных и мёрзлых грунтов, в рабочем процессе которых используется динамический фактор [3].

Общей конструктивной особенностью разработанных устройств является наличие зубчатых колес с дебалансами, что обеспечивает возникновение динамического момента и интенсифицирует рабочий процесс разрушения прочных и мерзлых грунтов.

Для повышения эффективности работы таких машин была первоначально разработана и запатентована следующая принципиальная схема (рис. 1) [3].

В рассматриваемой конструкции машины для рыхления грунта рама навешивается на базовый трактор с возможностью обеспечения нужного контакта с разрабатываемым прочным грунтом, включается привод вала и привод зубчатого колеса, после чего базовая машина начинает движение.



*Рис. 1. Конструкция машины с зубчатыми колесами с дебалансами:
 1 – рама; 2 – вал; 3 – зубья, 4 – привод, 5 – упругая муфта, 6 – кривошейны;
 7 – оси, 8 – зубчатые колеса с дебалансами; 9 – зубчатое колесо; 10 – привод
 зубчатого колеса 9; 11 – кожух*

Зубья, вращаясь с валом, поочередно входят в контакт с разрабатываемой средой. Зубчатое колесо приводит во вращение колеса-дебалансы, которые создают центробежную силу $F_{ц}$, направленную в сторону фрезерования. Под действием этой возмущающей силы возникают крутильные колебания вала вместе с закрепленными на нем зубьями. Следовательно, в момент взаимодействия зуба с грунтом, который осуществляется основным приводом, добавляется момент от крутильных колебаний $T_{дин}$. Так как $T_{дин}$ изменяется по гармоническому закону то зуб при резании совершит гармонические колебания, т. е. вибрирует, в результате чего на ножах снижается его трение о грунт, а режущие кромки взаимодействуют с грунтом в частотно-ударном режиме, в результате чего особенно хрупкие грунты разрушаются значительно легче, чем при статическом разрушении. Упругая муфта служит для предохранения привода от дополнительных динамических нагрузок. Кожух защищает зубчатые колеса от попадания пыли.

Недостатком известного устройства является жесткая кинематическая связь между элементами привода и вала с зубьями, что приводит к значительным динамическим нагрузкам на привод устройства и к снижению эффективности процесса рыхления прочных грунтов.

Для исключения данного явления была предложена следующая принципиальная схема машины для разрушения прочных и мёрзлых грунтов (рис. 2) [4].

Для достижения поставленной задачи привод вращения вала включает зубчатую пару, ведущее колесо которой соединено с ведущим валом привода через предохранительную муфту, а ведомое зубчатое колесо соединено с валом с закрепленными к нему зубьями посредством обгонной фрикционной муфты.

В этом случае при работе устройства, момент от двигателя 10 привода барабана 3 не противодействует свободным крутильным колебаниям барабана 3 с зубьями 4. В результате чего при прочих равных условиях увеличивается динамическая составляющая на разрушение среды, а сам привод устройства не испытывает дополнительных динамических нагрузок при колебаниях барабана с зубьями против его вращения.

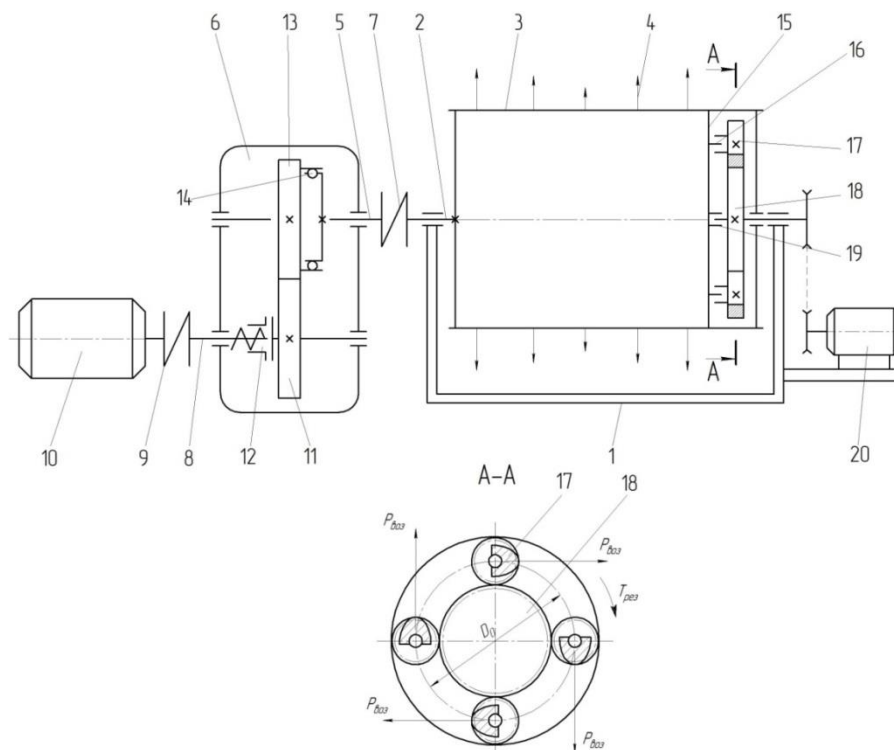


Рис. 2. Конструкция машины с обгонной фрикционной и предохранительной муфты: 1 – рама; 2 – вал привода; 3 – барабан; 4 – зуб; 5 – ведомый вал; 6 – одноступенчатый цилиндрический редуктор; 7 – муфта; 8 – ведущий вал; 9 – муфта; 10 – двигатель; 11 – ведущее зубчатое колесо; 12 – предохранительная муфта; 13 – ведомое зубчатое колесо; 14 – обгонная фрикционная муфта; 15 – кронштейн; 16 – ось; 17 – зубчатое колесо с дебалансом; 18 – зубчатое колесо; 19 – опора вращения; 20 – привод зубчатого колеса 18

Проведенный анализ ранее рассмотренных устройств показал, что при выборе вибрационного фрезерного рабочего органа не последнее значение имеют его габаритные размеры, масса и стоимость.

Для уменьшения габаритов и металлоемкости устройств, для рыхления прочных грунтов авторами была предложена принципиальная схема, в которой исключается двигатель привода зубчатого колеса и тем самым изменяется кинематическая схема (рис. 3) [5].

Предложенная компоновка составных элементов устройства позволит осуществлять привод вала с жестко закрепленными на нем зубьями и зубчатого колеса

привода зубчатых колес с дебалансами от одного электродвигателя за счет установки ременной передачи и изменения конструкции приводного вала, который предлагается выполнить полым.

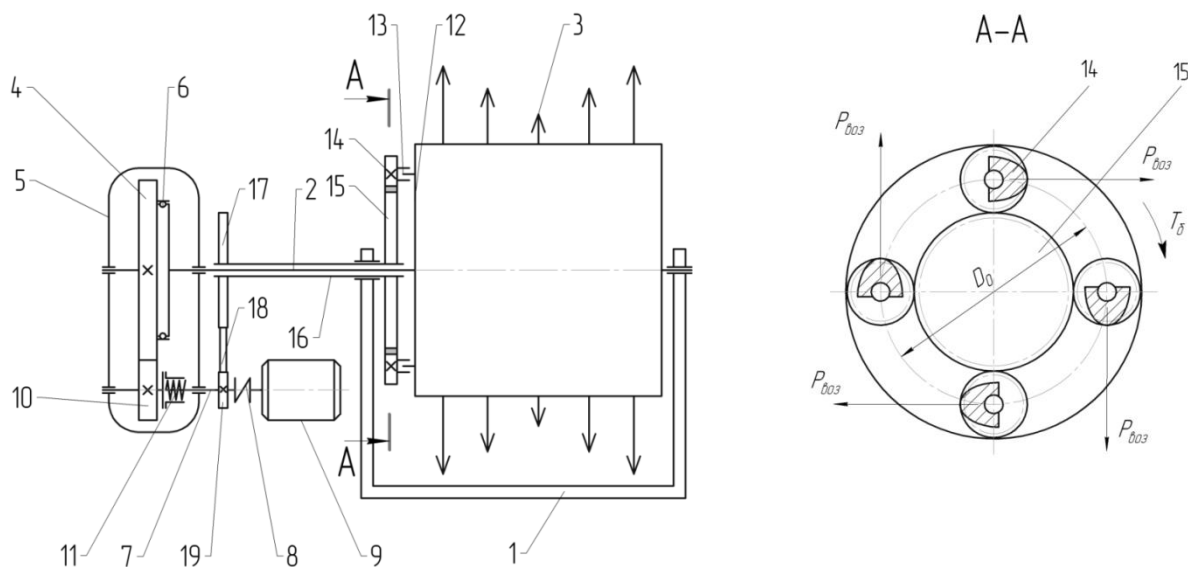


Рис. 3. Устройство для рыхления прочных грунтов

1 – рама; 2 – вал; 3 – зубья, 4 – ведомое зубчатое колесо; 5 – одноступенчатый редуктор; 6 – обгонная фрикционная муфта; 7 – ведущий вал; 8 – муфта; 9 – двигатель привода; 10 – ведущее зубчатое колесо; 11 – предохранительная муфта с неразрушающим элементом; 12 – кронштейн; 13 – оси; 14 – зубчатые колеса с дебалансами; 15 – зубчатое колесо; 16 – полый вал; 17 – ведомый шкив; 18 – ременная передача; 19 – ведущий шкив

При динамическом воздействии зубьев на грунт или другую разрабатываемую среду элементы устройства также испытывают на себе, в той или иной мере, воздействие крутильных колебаний, что приводит к снижению надежности оборудования при его работе.

Для повышения надежности и долговечности элементов привода устройств для рыхления прочных грунтов была предложена следующая принципиальная схема (рис. 4) [6].

Наибольший эффект воздействия на грунт будет, когда частота вращения дебалансов будет равна собственной частоте крутильных колебаний барабана с зубьями, то есть наступит явление резонанса. В результате чего при прочих равных условиях возрастает амплитуда колебаний зубьев, а следовательно, и динамический эффект их воздействия на грунт. При резонансном режиме работы фрезы значительно снижаются затраты энергии на единицу объема разрушаемого грунта. Передача крутящего момента от вала к обечайке барабана с зубьями через упругие рессоры

снижает динамическое воздействие на элементы привода, что повышает надежность и долговечность работы устройства.

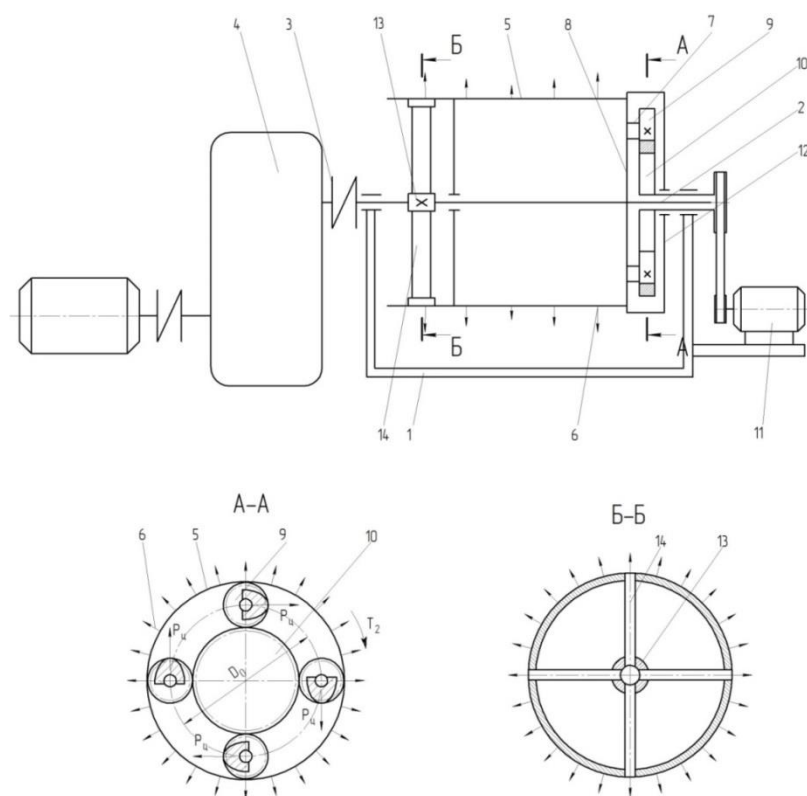


Рис. 4. Устройство для рыхления прочных грунтов

1 – рама; 2 – вал; 3 – муфта; 4 – привод; 5 – барабан; 6 – зубья; 7 – оси; 8 – ступица-кронштейн; 9 – зубчатые колеса-дебалансы; 10 – зубчатое колесо; 11 – привод зубчатого колеса; 12 – кожух; 13 – ступица; 14 – упругие рессоры

В настоящее время работа по созданию и совершенствованию машин для рыхления прочных и мерзлых грунтов направлена на создание опытных образцов и проведение экспериментальных исследований в натуральных условиях.

Литература

1. Зеленин, А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
2. Бородачев, И. В. Справочник конструктора дорожных машин / И. В. Бородачев – М.: Машиностроение, 1965. – 725 с.
3. Патент № 2224848 Российская федерация, МПК E02F 5/30. Устройство для рыхления прочных грунтов: заявл. 02.07.2001; опубл. 27.02.2004 / Ромакин Н. Е., Земсков В. М., Краснолудский Н. В.

4. Патент № 2521021 Российская федерация, МПК E02F 5/30. Устройство для рыхления прочных грунтов: № 2012117679/03/ заявл. 27.04.2012; опубл. 10.11.2013 / Земсков В. М., Краснолудский Н. В.

5. Патент № 191475 Российская федерация, МПК E02F 5/30. Устройство для рыхления прочных грунтов: № 2019109542: заявл. 01.04.2019; опубл. 07.08.2019 / Земсков В. М., Бондарев И. Э., Калинин О. В., Арушанян Г. С., Тарасов В. Г., Ряшев Д. С., Корчагин А. В.

6. Патент № 2258785 Российская федерация, МПК E02F 5/30. Устройство для рыхления прочных грунтов: заявл. 22.04.2004; опубл. 20.08.2005 / Ромакин Н. Е., Земсков В. М., Тепляков А. В.

УДК 621.3.049.75

Проектирование печатных плат в САПР DipTrace

Киреева Ольга Владимировна, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

В статье рассмотрены вопросы проектирования печатных плат с помощью специализированного программного обеспечения – систем автоматизированного проектирования. Представлена структура САПР DipTrace, рассмотрено назначение модулей программы, возможности DipTrace и преимущества перед другими САПР печатных плат.

Проектирование печатных плат является одним из важнейших и самым сложным этапом разработки электронной аппаратуры, на котором учитываются технологические особенности проектируемого устройства. Современные компьютерные технологии позволяют осуществлять проектирование печатных плат с помощью специализированного программного обеспечения – систем автоматизированного проектирования (САПР). Такие программы значительно ускоряют процесс разработки топологии печатной платы, а также имеют минимальную

вероятность допущения ошибки. Каждое программное решение имеет свои преимущества для конкретной разработки.

Современные САПР позволяют решать задачи компоновки элементов на печатной плате, трассировки печатных проводников согласно схеме электрической принципиальной, моделирования работы проектируемого устройства и другие.

Среди многообразия САПР для проектирования печатных плат можно выделить Altium Designer, Cadence, DipTrace, XPADS, KiCad, Delta Design, Orcad, P-CAD.

САПР имеют ряд преимуществ, влияющих на повышение производительности труда разработчиков электронных устройств:

- сквозное проектирование, обеспечивающее полный цикл проектирования электронных устройств;
- наличие оптимизированной библиотеки;
- интеллектуальный схемотехнический редактор, позволяющий автоматическое прокладывание цепей электрической схемы;
- поддержка ЕСКД;
- инновационные инструменты моделирования;
- возможность интерактивной и автоматической трассировки;
- удобный интуитивно-понятный интерфейс и другие.

На рис. 1 представлена обобщенная структура САПР электронных устройств.



Рис. 1. Обобщенная структура САПР электронных устройств

Рассмотрена система автоматизированного проектирования DipTrace. На рис. 2 представлено модальное окно выбора программы.

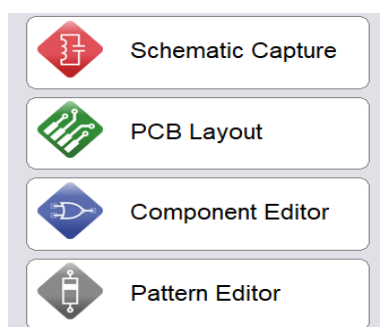


Рис. 2. Модальное окно выбора программы

САПР DipTrace содержит четыре модуля:

- Schematic (схемотехника) – создание электрических принципиальных схем, в том числе многолистовых многоуровневых;
- PCB Layout – разработка печатных плат с помощью ручной или автоматической трассировки и систем оптимизации расположения компонентов, определение размеров печатных плат;
- ComEdit (редактор корпусов) – создание и редактирование корпусов элементов;
- SchemEdit (редактор компонентов) – создание символов схемотехники и их взаимосвязь с корпусами элементов.

Структура САПР DipTrace приведена на рис. 3. Одним из основных достоинств программы является возможность создания библиотек.

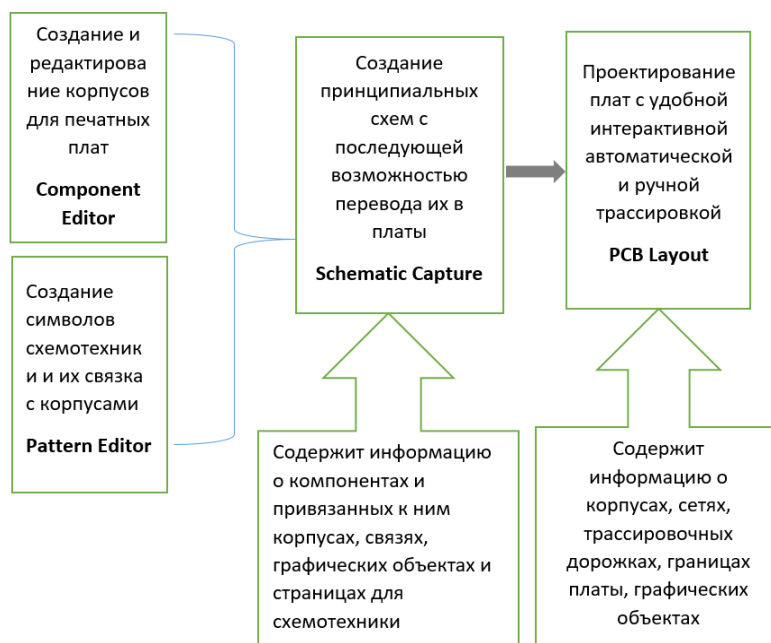


Рис. 3. Обобщенная структура САПР DipTrace

Рассмотрены ключевые функции, доступные в DipTrace.

DRC with constraint manager: новая платформа DipTrace имеет возможность проверки правил проектирования, поддерживает правила разработки электрических схем; позволяет настраивать и создавать ограничения для дополнительных модулей, обнаруживая несоединенные контакты, короткие замыкания, одиночные контактные сети и многое другое.

Редактор компонентов: DipTrace предлагает интуитивно понятное рабочее пространство для редактирования компонентов. Существует возможность создания одно- и многозначных компонентов с помощью шаблонов, определяя размеры, электрические и визуальные факторы контактов, иницируя модель SPICE и комбинируя шаблон с 3D-моделью.

Расширенные возможности схемы: для работы со сложными схемами DipTrace включает в себя многолистовые и многоуровневые иерархические инструменты. Есть возможность кросс-модульного управления, которое позволяет преобразовывать основные схемы в платы и имеет поддержку форматов из других списков EDA, CAD и netlists.

Управление библиотекой: пользователи получают кросс-модульную LMS (Library Management System), которая позволяет импортировать компоненты и шаблоны из внешних источников. Компоненты можно создавать с помощью готовых шаблонов в среде интеллектуальной библиотеки.

Расширенная автоматическая маршрутизация: DipTrace имеет современный механизм маршрутизации с интеллектуальной ручной и автоматической маршрутизацией.

Модуль Редактора узоров: с помощью этой функции можно рисовать узоры различных форм и стилей, создавать следы и многое другое.

3D-функциональность: благодаря широкому спектру 3D-функций DipTrace интегрирует 3D-модуль в Редакторы макетов и шаблонов для более быстрой генерации моделей. Есть возможность создания, редактирования, просмотра и ориентации модели. Кроме того, поддерживаются такие опции экспорта, как CAD (STEP, VRML) и 3DS и IGES, которые также могут быть открыты в других приложениях CAD. Библиотека содержит более 11 тысяч моделей с 3D-совместимостью.

Таким образом, можно выделить ряд достоинств САПР DipTrace по сравнению с другими программами проектирования печатных плат:

- САПР DipTrace может быть запущена на большинстве современных операционных систем, таких как Windows, macOS и Linux;

- возможности высокоскоростного проектирования и интерактивной маршрутизации делают программу хорошим вариантом для работы над проектами высокого уровня;

- благодаря разнообразию вариантов ценообразования базовые версии очень доступны по цене и могут быть расширены в зависимости от требований.

Использование систем автоматизированного проектирования приводит к сокращению сроков разработки изделия, проверки и выпуска в производство, снижению производственных затрат, уменьшает риск неэффективного проектирования.

Литература

1. Жигалова, Е. Ф. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования: учебное пособие / Е. Ф. Жигалова. – М: ТУСУР, 2016. – 152 с.

2. Проектирование функциональных узлов и модулей радиоэлектронных средств: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов. – СПб: Лань, 2018. – 212 с.

3. Яковлева, Е. М. Автоматизированное проектирование средств и систем управления: учебное пособие / Е. М. Яковлева. – Томск: ТПУ, 2016. – 200 с.

УДК 621.1

Тепловой расчет парогенератора ПГ-28 и построение (t-Q) диаграммы

Киреева Ольга Владимировна, 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 рассмотрен реактор типа КЛТ-40С с модифицированным парогенератором (ПГ) ПГ-28, для которого был выполнен тепловой расчет и построена (t-Q) диаграмма насыщенного пара.

Любой из энергоблоков плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) с реакторной установкой (РУ) типа КЛТ-40С содержит ядерную, паротурбинную и

электроэнергетическую установку. Выработка и получение энергии осуществляются согласно классической и отработанной в судовой и стационарной атомной энергетике схеме: ядерная установка – турбина – генератор – линия электропередачи. Для отвода тепла предусматриваются необходимое тепломеханическое оборудование и тепловые сети, связывающие его с потребителем. При нормальной эксплуатации станция работает в базисном режиме, обеспечивая через линии связи с берегом выдачу потребителям электрической (тепловой) энергии в пределах эксплуатационного диапазона мощности. При этом в работе находятся две РУ, работающие каждая на свою паротурбинную установку, укомплектованную главными турбогенераторами, обеспечивающими выработку тока напряжением 10,5 кВ и, при необходимости, тепломеханическим оборудованием для выработки и передачи тепла [1].

Реакторная установка КЛТ-40С имеет два контура с водо-водяным реактором, который соединен системой патрубков «труба в трубе» с 4 парогенераторами змеевикового типа и 4 циркуляционными насосами первого контура.

Парогенератор (ПГ) представляет собой прямоточный теплообменник змеевикового типа с генерацией пара внутри трубок. Трубная система ПГ выполнена из титанового сплава в виде цилиндрических спиральных змеевиков. Корпус парогенератора изготовлен из низколегированной стали с антикоррозионной наплавкой.

В ядерных энергетических установках (ЯЭУ) КЛТ-40С используется парогенератор типа ПГ-28, который предназначен для отвода тепла от теплоносителя 1 контура и генерации перегретого пара. Корпус ПГ изготовлен из низколегированной стали с антикоррозионной наплавкой.

Схема размещения оборудования реакторной установки с КЛТ-40 представлена на рис. 1.

РУ КЛТ-40С имеет следующие конструкционные особенности:

- малый масштаб разгерметизации контура при обрыве трубопроводов вспомогательных систем 1 контура полным сечением;
- наличие сужающих вставок в патрубках вспомогательных систем 1 контура;
- прямоточный парогенератор змеевикового типа;
- блочная компоновка с соединением ПГ и ГЦН через короткие патрубки, наличие U-образных участков в контуре циркуляции;
- высокотеплопроводное дисперсионное топливо с низким значением средней температуры топлива при работе на мощности, определяющей незначительное

количество тепла, аккумулированное в ТВЭЛах активной зоны, при работе на номинальной мощности;

- плотное размещение ТВЭЛов в ТВС, малый гидравлический диаметр пучка ТВЭЛов;
- наличие растворенного газа в теплоносителе первого контура.

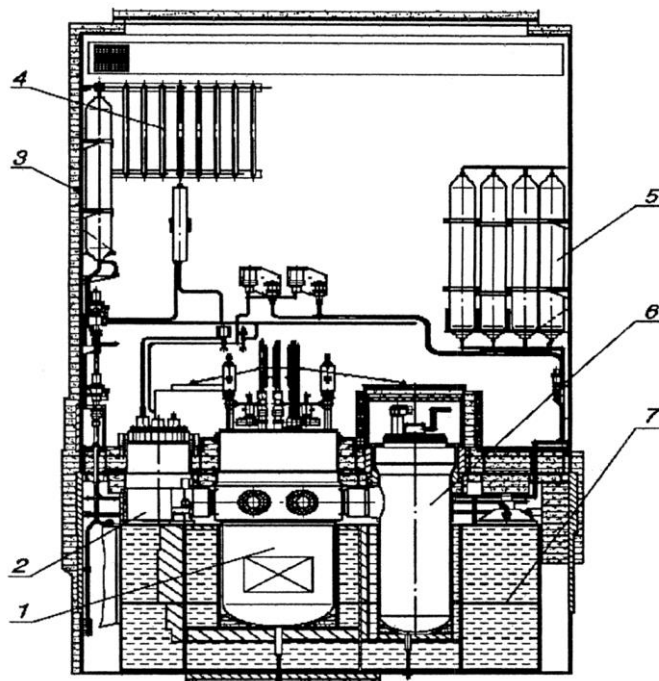


Рис. 1. Схема размещения оборудования реакторной установки с КЛТ-40С:
 1 – корпус реактора; 2 – ГЦН; 3 – защитный кожух; 4 – система аварийного понижения давления; 5 – баллоны со сжатым газом; 6 – парогенераторы; 7 – биологическая защита (строительные конструкции и баки с водой)

Технические характеристики парогенератора представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики парогенератора ПГ-28 при работе на номинальном уровне мощности

КПД парогенератора $\eta_{ПГ}$, %	90
Давление 1 контура P_1 , Мпа	12,7
Давление 2 контура P_2 , Мпа	3,72
Тепловая мощность $Q_{ПГ}$, МВт	150
Температура теплоносителя на входе в парогенератор $t_1^{ВХ}$, °С	316
Температура теплоносителя на выходе из парогенератора $t_1^{ВЫХ}$, °С	285
Температура перегретого пара $t_{пп}$, °С	290
Температура питательной воды $t_{пв}$, °С	170
Температура насыщения t_s , °С	270
Замедлитель	H ₂ O
Теплоноситель	H ₂ O

По контуру осуществляется многократная естественная циркуляция (рис. 2). Рабочее тело – в межтрубном пространстве, теплоноситель – в трубках.

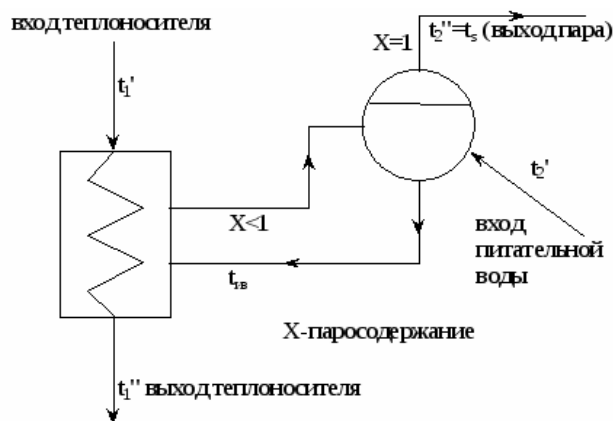


Рис. 2. Тепловая схема ПГ с водным теплоносителем

Основной задачей теплового расчета является расчет мощности нагревателя, экономайзера и испарителя парогенератора, которая зависит от температуры, давления и расхода теплоносителя. Параметры рабочего тела в каждом элементе известны и представлены в табл. 1.

Первым этапом определяется уравнение теплового баланса [2]:

$$Q_{\text{ПГ}} = Q_{\text{ПП}} + Q_{\text{Э}} + Q_{\text{И}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ПП}}$ – тепловая мощность подогревателя; $Q_{\text{Э}}$ – тепловая мощность экономайзера; $Q_{\text{И}}$ – тепловая мощность испарителя.

Для решения уравнений теплового баланса необходимо на основе рассмотрения материального баланса определить расход теплоносителя. Для этого по значениям давления теплоносителя в первом контуре и его входной и выходной температуре определяется энтальпия пара на выходе из промежуточного пароперегревателя и на выходе в него с помощью паровых таблиц [3]:

$$i_{\text{ex}} = 1434 \text{ кДж/кг}$$

$$i_{\text{ex}} = 1260 \text{ кДж/кг}$$

$$G = \frac{Q_{\text{ПГ}}}{(i_{\text{ex}} - i_{\text{ex}}) \cdot \eta_{\text{ПГ}}} = \frac{150 \cdot 10^6}{(1434 - 1260) \cdot 10^3 \cdot 0.90} = 957,85 \text{ кг/с} \quad (2)$$

Продувка ПГ для проведения теплового режима принимается ориентировочно в пределах до 1 % от паропроизводительности, следовательно, расход на продувку парогенератора составит: $D_{\text{ПР}} = 1,01D$.

По заданным температурам, используя паровые таблицы, определяются [3]:

- энтальпия питательной воды $i_{не} = 720 \text{ кДж/кг}$;

- энтальпия воды при температуре насыщения $i' = 1076 \text{ кДж/кг}$;

- энтальпия насыщенного пара $i'' = 2884 \text{ кДж/кг}$;

- энтальпия перегретого пара $i_{пп} = 2943 \text{ кДж/кг}$.

Проведем расчет расхода пара в парогенераторе [2]:

$$D = \frac{Q_{пг}}{1.01 \cdot (i' - i_{не}) + (i'' - i')} = \frac{150 \cdot 10^6}{(1.01 \cdot (1076 - 720) + (2884 - 1076)) \cdot 10^3} = 69,202 \text{ кг/с} \quad (3)$$

Для расчета энтальпии необходимо использовать уравнение теплового баланса при смешивании питательной воды с водой из контура с естественной циркуляцией [2]:

$$G_u \cdot i_u = D \cdot i_{не} + (G - D) \cdot i', \quad (4)$$

где G_u – расход воды в отпускном участке (или расход котловой воды).

Кратность циркуляции $K_u = \frac{G_u}{G_{не}} = \frac{G_u}{D}$, следовательно $G_u = K_u \cdot D$.

Примем кратность циркуляции $K_u = 6$, тогда получим следующее уравнение:

$$K_u \cdot i_u = i_{не} + (K_u - 1) \cdot i' \quad (5)$$

$$i_u = \frac{i_{не} + (K_u - 1) \cdot i'}{K_u} = \frac{720 + (6 - 1) \cdot 1076}{6} = 1017 \text{ кДж/кг} \quad (6)$$

По рассчитанному значению энтальпии определяем температуру циркуляции по справочным данным $t_u = 236^\circ\text{C}$ и проведем расчет тепловой мощности установки.

Тепловая мощность пароперегревателя:

$$Q_{пп} = D \cdot (i_{пп} - i'') = 69,202 \cdot (2943 - 2884) \cdot 10^3 = 3,67 \text{ МВт} \quad (7)$$

Тепловая мощность экономайзера:

$$Q_e = 1,01D \cdot (i' - i_{не}) = 1,01 \cdot 69,202 \cdot (1076 - 720) \cdot 10^3 = 24,88 \text{ МВт} \quad (8)$$

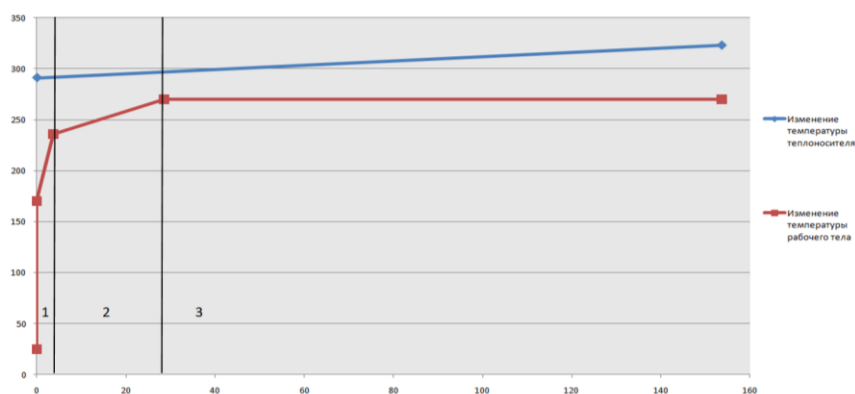
Тепловая мощность испарителя:

$$Q_u = D \cdot (i'' - i') = 69,202 \cdot (2884 - 1076) \cdot 10^3 = 125,1 \text{ МВт} \quad (9)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2, на их основе построена t-Q диаграмма (рис. 3).

Результаты расчетов уравнения теплового баланса

		Температура, °С	Тепловая мощность, МВт
Рабочее тело	Подогреватель	170	3,67
	Экономайзер	236	24,88
	Испаритель	270	125,1
Теплоноситель		291-323	0-153,65

Рис. 3. Тепловая (t - Q) диаграмма ПГ насыщенного пара

На рис. 3 график показывает зависимость температур греющего и нагреваемого теплоносителя от количества переданной теплоты. t - Q диаграмма представляет собой несколько участков. На участке 1 показаны изменения температуры и мощности нагревателя. Питательная вода с температурой 25 °С подогревается в первом теплообменнике энергией замедления нейтронов. На этом участке довольно большой температурный напор – 145 °С, что повлияло на уменьшение площади теплообмена. Из подогревателя питательная вода направляется в экономайзерный участок 2, где нагревается до температуры насыщения 236 °С. Затем в испарительной части парогенератора рабочее тело превращается в пар и нагретый до 270 градусов пар поступает на пароперегреватель. Проведенный расчет параметров парогенератора в дальнейшем будет использован для проектирования турбины для реакторной установки КЛС-40С.

Литература

1. Киреева, О. В. Задачи, проблемы и перспективы распространения на мировом уровне атомных станций малых мощностей / О. В. Киреева, Т. А. Ефремова // Материалы III международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 81-87.

2. Рассохин, Н. Г. Парогенераторные установки АЭС / Н. Г. Рассохин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 271.

3. Паровые таблицы: сайт. – URL: <https://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx?lang=ru> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

4. Саркисов, А. А. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов / А. А. Саркисов, Л. Б. Гусев, Р. И. Калинин; под общ. ред. акад. РАН А. А. Саркисова. – М.: Наука, 2008. – 397 с.

УДК 681.58

Исполнительные устройства систем управления на атомных станциях

Киреева Ольга Владимировна, студентка специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Атомная энергетика»

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

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

В статье рассмотрены назначение и состав исполнительных устройств систем управления, разновидности регулирующих органов и исполнительных механизмов. Применительно к системам автоматического управления и регулирования на атомных станциях проанализирована трубопроводная арматура и особенности электрических исполнительных механизмов, их производители, условия эксплуатации.

Ни один промышленный процесс не обходится без автоматизации, ни одна автоматизация не обходится без приводов – или наоборот: приводы являются главными составляющими – их надежность имеет решающее значение для безопасности и экономической эффективности целых промышленных предприятий.

Для обеспечения надежной и безопасной работы атомных станций все основные технологические процессы оснащены системами автоматического управления и контроля. При этом эффективность работы оборудования обеспечивается системой управления за счет оптимизации переходных режимов, точности в установившихся режимах, структурном резервировании, устойчивости к отказам, что учитывается на стадии проектирования СУ.

Помимо объекта управления обязательным элементом любой системы автоматического управления является исполнительное устройство. Исполнительные устройства систем управления – это силовое устройство, предназначенное для изменения регулирующего воздействия на объект управления в соответствии с сигналом управления, поступающим на его вход от командного устройства. Исполнительное устройство (ИУ) в общем случае состоит из двух основных частей: исполнительного механизма (пневматические, гидравлические, электрические) и регулирующего органа (РО).

По виду воздействия на объект РО можно подразделить на два основных типа: дросселирующие и дозирующие. Дросселирующие РО изменяют сопротивление (гидравлическое, аэродинамическое) в системе путем изменения своего проходного сечения, воздействуя на расход вещества. Примерами таких РО являются заслонки, диафрагмы, задвижки, краны, клапаны. Дозирующие РО выполняют заданное дозирование поступающего вещества или энергии за счет изменения производительности определенных агрегатов: дозаторов, насосов, компрессоров, питателей, электрических усилителей мощности.

Рассмотрим особенности использования исполнительных устройств применительно к системам управления и автоматического регулирования (САР) технологических параметров атомных станций. САР предназначена для контроля и автоматического регулирования тепломеханических параметров технологических систем турбинного и реакторного отделения энергоблока во всех режимах эксплуатации путем формирования по определенному закону управляющих воздействий на исполнительные механизмы, представляющие собой электроприводы с постоянной скоростью перемещения регулирующих клапанов, а также для логического управления запорной и регулирующей арматурой по заданной программе либо при достижении технологическими параметрами уставок срабатывания блокировок.

Различают следующие виды арматуры:

- быстродействующая – арматура со временем срабатывания не более 10 с;
- запорная – арматура, предназначенная для перекрытия потока рабочей среды со степенью герметичности, определяемой в соответствии с требованиями нормативной документации;
- запорно-регулирующая – арматура регулирующая, допускающая ее использование в качестве запорной;
- запорно-дроссельная – арматура, предназначенная для снижения давления рабочей среды и допускающая ее использование в качестве запорной;

- обратная – защитная арматура, предназначенная для автоматического предотвращения обратного потока рабочей среды;
- отсечная – запорная защитная арматура с автоматическим управлением;
- предохранительная – арматура защитная, предназначенная для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимого превышения давления путем сброса рабочей среды;
- регулирующая – арматура, предназначенная для изменения параметров рабочей среды путем изменения ее расхода;
- сильфонная (арматура с сильфонным уплотнением) – арматура, в которой для герметизации подвижных деталей (штока, шпинделя) относительно внешней среды используется сильфон.

Требования к устройству, изготовлению, испытаниям, транспортированию, хранению, монтажу и эксплуатации трубопроводной арматуры для атомных станций устанавливает соответствующий документ [2].

Исполнительные механизмы для атомных станций в подавляющем большинстве электрические, которые по принципу действия подразделяются на электродвигательные (электромашинные) и электромагнитные. Наиболее распространены на АС следующие электродвигательные ИМ:

- механизмы электрические однооборотные (МЭО);
- механизмы однооборотные фланцевые (МЭОФ);
- механизмы электрические многооборотные (МЭМ);
- механизмы электрические прямоходные (МЭП).

ИМ предназначены для перемещения регулирующих органов в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств. По способу сочленения с арматурой электроприводы подразделяются на группы:

- электроприводы, связанные с арматурой посредством тяг и рычагов (МЭО);
- ЭП, устанавливаемые непосредственно на арматуру (МЭОФ, МЭМ).

Отличить номенклатуру ИМ, изготовленных для АЭС, можно по соответствующему условному обозначению в окончании типоразмера: АС – для атомных станций, АСО – для атомных станций под оболочку ядерного реактора. Например, МЭО-100/15-0,25АС – механизм электрический однооборотный с номинальным крутящим моментом 125 Н·м, номинальным временем полного хода вала 15 с, величиной полного хода 0,25 оборота для АЭС. Механизмы для АЭС имеют:

- класс безопасности – 2Н, 3Н;
- категорию сейсмостойкости – 1 по ПНАЭ-Г-5-006-87;

- группу исполнения IV по устойчивости к помехам, критерий качества функционирования А по ГОСТ 50746-2000;

- степень защиты IP65, для выносного блока питания – IP54 по ГОСТ 14254-96;

- климатическое исполнение – УЗ.1 (от минус 10 °С до +50 °С).

Все электромеханизмы имеют концевые, путевые и моментные выключатели, двусторонние устройства ограничения предельного момента, визуальный указатель положения и ручной дублер, а также пристроенный на корпусе МЭО токовый датчик положения – преобразователь сигналов (ПС). Электромеханизм МЭО-1600АС имеет встроенный токовый датчик положения. Блок питания токового датчика (БПТД) располагается вне МЭО. Питание МЭО – от трехфазной сети 380В 50Гц с заземленной нейтралью. Питание БПТД осуществляется напряжением 220В 50Гц.

В настоящее время на рынке имеется большой выбор российских и зарубежных производителей исполнительных механизмов, специализирующихся, в частности, на электроприводах для атомных станций. Некоторые из них представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исполнительные механизмы для АС

Производитель	Тип привода	Номенклатура	Особенность
AUMA (Германия)	Многооборотный	SAI 6–100; SARI 6–100; SAI 07.1–35.1; SARI 07.1–30.1	Предназначены для применения «под оболочкой». Высокий ценовой диапазон
		SAN 07.1–25.1; SARN 07.1–25.1; SA 07.1–35.1; SAR 07.1–30.1 + AC01.1/AM01.1	Предназначены для применения «вне оболочки».
	Однооборотный	SQ 05.2–14.2, SG 05.1–12.1; SGR 05.1–12.1	Малые массогабаритные характеристики. Малое энергопотребление. Возможно рычажное исполнение SGF
«Тулаэлектропривод» (Россия)	Многооборотный	серия ЭП4	Повышенный уровень защиты от проникновения пыли и влаги по ГОСТ 14254–96: IP67 (IP68), срок службы не менее 30 лет, наличие исполнений с микропроцессорным интеллектуальным модулем управления и встроенной пусковой аппаратурой.
«АБС Электро» (Россия)	Многооборотный	ПЭМ-А100-12-ЦА4-12-АП У2 с цифровым блоком сигнализации положения; ПЭМ-А100-12-М40-12-АП У2 с механическим блоком сигнализации положения	Компактны, большой запас прочности, стоимость ниже аналогов, повышенный уровень защиты от пыли и влаги IP67 (IP68), срок службы не менее 40 лет, модульно-блочная структура компоновки и возможность настройки без вскрытия с цифровым блоком.

ООО «УралКомплектЭнергоМаш» (Россия)	Многооборотный	Серия Atom	Приводы повышенной безопасности для управления трубопроводной арматурой (задвижки, шиберы, заслонки) для атомной энергетики. Степень защиты оболочек механизмов IP54, а категория оболочки 2
ZPA Pеску (Чехия)	Однооборотные	<u>KP MINI, МОК, МОКР Ех, МОКА, КР МІDІ, МОКЕD, МОКРЕD Еех</u>	Планетарная коробка передач, высокая точность настройки, возможность электронного оборудования, высокий срок службы (до 40 лет), модульная конструкция, снижение веса с использованием алюминиевых деталей, замена масла смазкой.
	Многооборотный	<u>Modact control, МОН, МОР, МОНЕD, МО ЕЕх, МОН, МОНЕD, МОРЕD, МОЕD ЕЕх</u>	
«Сплав» (Россия)	Многооборотный	ЭПАС, ЭПАС-О	Широкий диапазон крутящих моментов от 10 Н·м до 5040 Н·м; мелкая градация частоты вращения выходного вала от 11 до 180 об/мин; присоединение к арматуре по ISO 5210; высококачественная защита от коррозии, уровень шума не превышает 80 Дб, степень защиты ЭПАС – IP67, ЭПАС-О – IP65/67, срок службы – 40 лет.
«Авиаавтоматика» им. Тарасова (Россия)	Однооборотный	МЭО-100/15-0,25АС; МЭО-125/15-0,25АС; МЭО-250/15-0,25АС; МЭО-500/25-0,25АС и др.	Имеют меньшую массу по сравнению с аналогами, более высокие показатели сейсмостойкости арматуры.

На рис. 1 представлен внешний вид некоторых современных электроприводов.



Рис. 1. Электроприводы АУМА, эксплуатирующиеся «под оболочкой» и «вне оболочки»

Исполнительные устройства являются важным звеном в системах управления. Динамические свойства исполнительного механизма, как правило, описываются интегрирующим звеном, а регулирующего органом – пропорциональным. Для обеспечения требуемой точности и быстродействия с определенным характером переходного процесса производят выбор и настройку определенного закона ПИД-регулирования.

Отдельную группу составляют приводы системы управления и защиты (СУЗ) реактора. Они являются составной частью исполнительного механизма СУЗ – устройства, состоящего из привода, рабочих органов и соединительных элементов, предназначенного для изменения реактивности активной зоны реактора, и имеют свои особенности [1].

Литература

1. Приводы СУЗ реакторов ВВЭР для атомных электростанций / В. П. Никитюк, А. Г. Казахмедов, А. С. Ваулин [и др.]. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 325 с.
2. Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. НП-068-05 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – М. 2005. – 10 с.

УДК 677

Современные ткани отечественного производства

Киселев Александр Дмитриевич, кандидат военных наук, доцент кафедры

«Технология и товароведение одежды и обуви»;

Киселев Дмитрий Александрович, адъюнкт кафедры

«Материальное обеспечение»

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

В работе подробно рассмотрен широкий ассортимент современных тканей, предназначенных для военной одежды. Проведен спектральный анализ образцов. Доказано, что образцы ткани обладают кровеотталкивающими свойствами, что снижает риск контактного инфицирования.

В последнее время Министерство обороны РФ уделяет пристальное внимание обеспечению военнослужащих современной форменной и специальной одеждой с качественно новыми эксплуатационными свойствами, разработанной не только с учетом эстетических требований, но и физиологических и психологических особенностей военной службы.

Для обеспечения специальных, функциональных, защитных свойств большое значение имеет не только конструкция военной одежды, но и используемый материал ткани (смесовый состав, структура ткани и т. д.).

На отечественном рынке представлен широкий ассортимент современных тканей, предназначенных для военной одежды. Ведущие отечественные компании продолжают расширять, совершенствовать ассортимент таких тканей, создавать новые ткани со специальными свойствами для определенных категорий военнослужащих с учетом их «узкой» специальности. Какие же отечественные комиссии разрабатывают и производят специальные ткани для военной одежды?

Популярная компания «Чайковский текстиль», являясь членом Ассоциации СНЗ, уже 40 лет занимается производством тканей для форменной и специальной одежды военнослужащих.

Одним из приоритетных направлений в деятельности комиссии «Чайковский текстиль» является выпуск тканей для костюмов полевых, рубашек форменных, санитарной одежды. Характеристика тканей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика тканей для форменной одежды военнослужащих МО РФ

№ п/п	Наименование	Артикул	Состав, %	Плотность г/м ³	Ширина, см	Отделка	Назначение
1.	Защита	1211-4	хлопок – 80 лавсан – 20	270	150	НО	Костюм летний полевой
2.	Защита	3211-4	лавсан – 67 вискоза – 33	240	105	ВО	Костюм зимний полевой
3.	Александр	3221-4	лавсан – 67 вискоза – 33	180	95	НО	Рубашка форменная
4.	Панацея	87001	лавсан – 67 вискоза – 33	160	145	МО	Халат, колпак медицинские; халат, колпак, бахилы, костюм для оперирующих бригад

Виды отделок: НО – несминаемая отделка обеспечивает тканям способность распрямляться после снятия нагрузки; ВО – водоотталкивающая отделка препятствует

проникновению влаги, не снижая паропроницаемость материала (ткань пропускает пары пота); МО – мягкая отделка придает тканям особое свойство – улучшенный гриф; МУ – базовая отделка для всех тканей компании «Чайковский текстиль», благодаря которой изменения размеров тканей после мокрой обработки по основе и утку не превышает 3 %.

Все ткани выполнены из смесовой пряжи (полиэфирно-хлопковой или полиэфирно-вискозной), что обеспечивает тканям высокие прочностные характеристики и хорошие гигиенические свойства.

Спектральные коэффициенты отражения тканей «Защита» соответствуют принятым эталонам МО РФ и показаны на рис. 1.



Рис. 1. Значения спектрального коэффициента отражения тканей

Ткани «Панацея» по своим характеристикам и внешнему виду приближены к гражданским материалам, их отличает гладкая поверхность и шелковистый гриф. Эти ткани обладают кровееоталкивающими свойствами, что снижает риск контактного инфицирования. Тесты ткани «Панацея» были проведены в Испытательном центре института хирургии им. А.В. Вишневского РАМН. Специалисты отмечают, что радиационная и паровая стерилизация не оказывают существенного влияния на вышеуказанные свойства и внешний вид изделий.

Компания «Чайковский текстиль» уделяет особое внимание созданию тканей с высокими прочностными характеристиками. Комиссия рекомендует использовать ткани с вложением армированных нитей, прочностные характеристики которых значительно превышают аналогичные показатели смесовой пряжи и в несколько раз

превышают показатели хлопковой пряжи той же линейной плотности. Выпускается две группы тканей с армированными нитями, характеристика которых приведена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика тканей с армированными нитями

№ п/п	Наименование	Артикул	Состав, %	Плотность, г/м ³	Ширина, см	Отделка	Назначение
1.	Рип-стоп-защита-220	80303	Лавсан – 100	215	150	ВО	Одежда для спецподразделений
2.	Рип-стоп-защита-230	18305	Хлопок – 57 Лавсан – 43	230	150	ВО, МУ	
3.	Рип-стоп-защита-250	18306	Хлопок – 60 Лавсан – 40	240	150	МУ	
4.	Суперзащита 200 (Вихрь)	18435	Хлопок – 70 Лавсан – 30	214	150	МУ	
5.	Суперзащита 230 (Вихрь)	1212-4 (18431)	Хлопок – 70 Лавсан – 30	230	150	МУ	
6.	Суперзащита 280 (Вихрь)	18434	Хлопок – 70 Лавсан – 30	288	150	МУ	

В структуру ткани «Рип-стоп» через каждые 7-8 мм встроены армированные нити, образующие «каркас», который значительно повышает прочностные характеристики, позволяя не увеличивать вес материала.

В случае механического повреждения ткани (образовании пореза, разрыва) армированный «каркас» предотвращает увеличение области повреждения. За счет применения полотняного переплетения ткань не только хорошо дышит, но и очень быстро сохнет, что немаловажно при эксплуатации костюма в экстремальных условиях. Кроме того, костюм из ткани рип-стоп-защита сохраняет свой внешний вид на протяжении всего срока эксплуатации изделий. Структура ткани показана на рис. 2.



Рис. 2. Структура ткани

Ткань Рип-стоп-защита 220 (состав ткани – 200 % ПЭ) применяется для изготовления одежды спецучреждений в условиях жаркого (тропического) климата.

Обладая воздухопроницаемостью, соизмеримой с тканями из 100 % хлопка, ткань Рип-стоп-защита 220, в отличие от хлопкосодержащих аналогов, не подвержена гниению.

Ткани группы Суперзащита («Вихрь») полностью состоят из армированных нитей. Обладают уникальной способностью сопротивляться разрывным нагрузкам и не имеют аналогов в российской текстильной промышленности.

При производстве ткани Суперзащита 230 («Вихрь») используется специальное «трикотажное» переплетение (более известное как переплетение 43-го года), которое не только делает ткань более мягкой, пластичной и воздухопроницаемой, но и значительно увеличивает сопротивляемость к истиранию.

Таким образом, компания «Чайковский текстиль» является одним из основных поставщиков МО РФ, которая модернизирует и расширяет ассортимент современных тканей для военной одежды. Об этом свидетельствует освоение технологий производства специальных тканей с популярными названиями «Защита», «Александр», «Панацея», «Рип-стоп-защита», «Суперзащита» («Вихрь») и т. д.

Литература

1. Решение Военно-научного комитета Центрального вещевого управления Министерства обороны Российской Федерации 2008 года № 1 по вопросу: артикулов тканей, кожевенных и прикладных материалов военного назначения и внесения изменений и дополнений в их перечень. – М.: ЦВУ, 2008. – 24 с.

2. Фомченкова, Л. Н. Современные ткани отечественного производства для корпоративной одежды / Л. Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. – 2007. – № 3. – С. 80.

3. ТУ 885-5497-2000 «Ткани хлопкополиэфирные с камуфлирующей окраской для летней полевой одежды военнослужащих. Технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 6 с.

4. ТУ 858-5505-2000 «Ткани полиэфирно-вискозные с камуфлирующей окраской для зимней полевой одежды военнослужащих. Технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 6 с.

**Научно-производственная фирма Орт – крупнейшая российская компания по
разработке и выпуску палаток для нужд Министерства обороны
Российской Федерации**

Киселев Александр Дмитриевич, кандидат военных наук, доцент кафедры

«Технология и товароведение одежды и обуви»;

Киселев Дмитрий Александрович, адъюнкт кафедры

«Материальное обеспечение»

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева»

Министерства обороны Российской Федерации в г. Вольске

В данной статье рассмотрены основные виды палаток, выпускаемых научно-производственной фирмой ОРТ для нужд Министерства обороны Российской Федерации.

Научно-производственная фирма ОРТ – крупнейшая российская компания, разрабатывающая и выпускающая палатки для нужд Министерства обороны РФ. В ассортименте компании – десятки видов палаток для размещения военнослужащих, медицинских пунктов и учреждений, оперативных штабов в полевых условиях. Палатки фирмы ОРТ отличаются высоким качеством и длительным сроком службы.

История компании начинается с 1991 года, с момента ее основания в г. Санкт-Петербурге. В 2008-2010 гг. была активизирована работа по созданию и внедрению по заказу МО РФ палаток новых образцов.

В настоящее время Научно-производственная фирма ОРТ, наряду с разработкой и выпуском новых модификаций палаток для нужд Министерства обороны, совершенствует конструкции, внедряет новые технологии и материалы при производстве существующих моделей палаток. Благодаря этому увеличивается срок службы палаток, снижается их вес, упрощается процесс их установки и снятия.

Инновационные материалы, применяемые для изготовления каркасов, наружного и внутреннего наметов, обеспечивают длительный срок службы палаток при самых жестких условиях эксплуатации и надежно защищают военнослужащих от непогоды при температуре окружающей среды от -50 до +50 °С.

В 2009 году были разработаны палатки серии «Памир», одна из моделей представлена на рис. 1. Эти палатки предназначены для временного размещения

личного состава воинских подразделений, а также для организации нестационарных функциональных учреждений в полевых условиях.



Рис. 1. Палатка серии «Памир»

Каркас палаток представляет собой стальные трубчатые звенья с порошковым покрытием, которые фиксируются переходниками. Все конструктивные элементы каркаса являются унифицированными и равновеликими, т. е. все трубы имеют равную длину, а соединительные элементы-переходники выполнены в виде идентичных крестовин. Это существенно сокращает время установки и упрощает сборку палатки (данное изобретение имеет патент в РФ). Внешний намет изготовлен из тканей с ПВХ-покрытием или брезента. Внутренний намет палатки изготовлен из бязи или полотна нетканого и по форме соответствует внешнему, закрепляется на каркасе палатки при помощи ремней. Для изготовления пола используется ткань с ПВХ-покрытием или полипропилен. Окна оснащены противомоскитными сетками, ветрозащитными и светозащитными шторами. В палатках предусмотрено использование отопительной печи и подача горячего или холодного воздуха с внешней стороны [2].

Палатки М-3, М-4 предназначены для размещения экипажей танков, БМП, САУ и небольших групп военнослужащих, выполняющих боевые задачи в отрыве от основных сил (рис. 3, 4).

Палатки имеют форму вытянутой полусферы и состоят из внутреннего и внешнего наметов. Внутренний намет навешивается на трубчатый каркас, изготовленный из стекловолокна. Поверх каркаса надевается внешний намет и растягивается при помощи верёвочных оттяжек, образуя тамбур для хранения вещей. Палатки имеют два симметрично расположенных входа-выхода, застёгивающихся на молнии и защищенных москитной сеткой. Военнослужащие размещаются внутри палаток в спальнях мешках с использованием термоизоляционных ковриков [2].



Рис. 2. Палатка М-3



Рис. 3. Палатка М-4

Модернизированные каркасные палатки М-10 и М-30, предназначенные для всесезонного размещения военнослужащих ВС РФ в полевых условиях, представлены на рис. 4, 5.



Рис. 4. Палатка М-10



Рис. 5. Палатка М-30

Каркас палаток состоит из трубчатых звеньев (стяжек продольных, стяжек арочных), соединяемых между собой переходниками. Места соединений фиксируются пружинными фиксаторами на продольных стяжках и поворотными задвижками на переходниках, обеспечивающими надежность соединений. Стальной каркас выдерживает снеговую нагрузку до 140 кг/м^2 , ветровую – 48 кг/м^2 . Наружный намет выполнен в комбинированном исполнении: боковые и торцевые стенки – из «дышащей» парусины полульняной, крыша – из герметичной ткани с двойным покрытием из ПВХ. Внутренний намет изготовлен из отбеленной бязи с огнезащитной и бактерицидной пропитками. Окна имеют москитные сетки и комплектуются съемным заполнением из оргстекла. При эксплуатации палаток в зимний период предусмотрены дополнительные стенки утепления. Утепленные палатки с установленными стенками утепления выдерживают мороз до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ [1-5].

Палатка «Оперативно-модульная» (ОМ) предназначена для размещения военнослужащих, медицинских пунктов и оперативных штабов в полевых условиях в любое время года при температуре окружающей среды $\pm 40 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 6).



Рис. 6. Палатка «Оперативно-модульная»

Палатка состоит из каркаса из трубчатых звеньев, соединяемых между собой при помощи переходников, внутреннего и внешнего намета и пола из непромокаемой ткани. На торцевых стенках палатки расположены окна [2].

К достоинствам оперативно-модульной палатки можно отнести высокую прочность и надежность, компактность упаковки и малый вес комплекта, простоту конструкции и быструю сборку. Сборка производится при участии минимального количества личного состава за 7 минут и при этом не требует специального инструктажа и дополнительного оборудования.

Палатка «Штабная», предназначенная для размещения личного состава штаба в полевых условиях, представлена на рис. 7. В конструкции предусмотрены два отделения: для работы с документами и отдыха. Палатка имеет один вход (выход), застёгивающийся на молнию или клеванты, окна на торцевых и боковых стенках, оснащённые противомоскитными сетками и светозащитными шторами. Спальное отделение оснащено наметом-утеплителем, который навешивается на каркас палатки. Пол выполнен со специальными «карманами», в которые вставляются боковые стойки каркаса палатки. Предусмотрено использование отопительной печи [1, 2].



Рис. 7. Палатка «Штабная»

Модернизированные палатки «УСТ-56М» и «УСБ-56М» представлены на рис. 8, 9. Палатки предназначены для медико-санитарных и санитарно-технических целей, а также всесезонного размещения военнослужащих в полевых условиях.

В модернизированных моделях сохранены габариты палаток старого образца. Палатки устанавливаются на центральные разборные стальные стойки, на которые

навешивается наружный четырехскатный намет из светопрочного водоупорного брезента. Он растягивается при помощи веревочного каркаса (вшитыми в ребра крыши стропами) на боковые металлические стойки и фиксируется оттяжками к земле. В комплекте поставляется внутренний намет из легкой хлопчатобумажной ткани и навесные стенки отепления. Окна палаток из прозрачного пластика ПВХ оснащены противомоскитными сетками, ветрозащитными и светозащитными брезентовыми шторками, что значительно уменьшает вес палаток, облегчает их установку и транспортировку. Палатки оборудованы двумя входными тамбурами, а также дымоходными отверстиями для установки печей. Предусмотрены рукава для подвода воздуха от тепловой пушки и подключения коммуникаций [1, 2, 3, 6, 7].



Рис. 8. Палатка «УСТ-56М»



Рис. 9. Палатка «УСБ-56М»

Палатка «УКТМП-36» (унифицированная каркасно-тентовая медицинская палатка) предназначена для организации медицинских комплексов в полевых условиях (рис. 10).



Рис. 10. Палатка «УКТМП-36»

Набор определенного количества палаток УКТМП-36 обеспечит функциональные решения медицинского госпиталя, в них можно разместить приемно-сортировочное, эвакуационное, операционное, перевязочное и другие отделения [2].

Таким образом, палатки фирмы «ОРТ» являются современной российской продукцией, в производстве которой использованы самые высокотехнологичные новаторские решения. Унифицированная конструкция палаток позволяет легко находить замену поврежденным элементам, а применяемые материалы увеличивают их срок службы и всесезонное размещение личного состава.

Литература

1. Палатки: учебное пособие / П. В. Егоров, А. В. Алексеев, В. И. Бурлаков [и др.]. – Вольск: ВВИМО, 2017. – 73 с.
2. Технологические сооружения: учебное пособие. Технологические сооружения вещевой службы / В. Н. Булавин, Д. Ю. Горшенин, П. В. Егоров [и др.]. – Вольск, ВВИМО, 2014. – Ч. 1. – 96 с.
3. Киселев, А. Д. Совершенствование бытового обустройства военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации в полевых условиях / А. Д. Киселев, Д. А. Киселев // Сборник военно-научных статей ВВИМО. – 2013. – № 33. – С. 33-37.
4. ТУ 858-6088-2011. Палатка каркасная М-10. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 18 с.
5. ТУ 858-6087-2011. Палатка каркасная М-30. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 19 с.
6. ТУ 8789-009-62963111-2010. Палатка УСТ-56 М. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 17 с.
7. ТУ 8789-008-62963111-2010. Палатка УСБ-56 М. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 18 с.

УДК 62-503.56

Повышение точности FDM-печати с использованием разработанного приложения

Кольжецов Дмитрий Алексеевич, студент специальности

«Проектирование технологических машин и комплексов»;

Морозова Анастасия Валерьевна, студент специальности

«Проектирование технологических машин и комплексов»;

Токарев Артём Сергеевич, старший преподаватель кафедры

«Технология машиностроения»

Трехгорный технологический институт – филиал Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», г. Трехгорный

В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования, методы, которые использовались для повышения точности процесса 3D-печати методом FDM. Метод конечных элементов был успешно использован для оценки усадки тестовой детали. Ряд проведенных исследований был использован в основе разработки приложения.

В последние годы технология 3D-печати становится всё более актуальной. Существует большое количество различных технологий печати. Одной из самых распространенных технологий является FDM-печать, она нашла широкое применение во многих сферах человеческой деятельности. Вследствие этого встает вопрос о точности напечатанных изделий.

Целью работы является изучение параметров 3D-печати, влияющих на изменение размеров напечатанных деталей и создание приложения, при помощи которого будет достигаться более точная печать.

Исследование, представленное в данной статье, было сосредоточено на повышении точности FDM-печати путем анализа и разработки программного приложения.

Требуемая точность детали на 3D-принтере зависит от точности работы 3D-принтера и параметров печати. Перед эксплуатацией принтер необходимо откалибровать и настроить, тогда работа принтера не будет влиять на точность печати.

Параметров печати большое количество, но на точность размеров влияют два параметра, это диаметр экструзии и усадка [1].

Диаметр экструзии напрямую зависит от диаметра сопла, но не равняется ему. На выходе из сопла диаметр нити увеличивается вследствие перепада давлений, так как пластик в хоттенде и сопле находится под давлением, имея высокую температуру, при выходе пластика из сопла давление становится атмосферным, и пластик начинает остывать [2]. На рис. 1 показан диаметр экструзии теоретический и фактический.

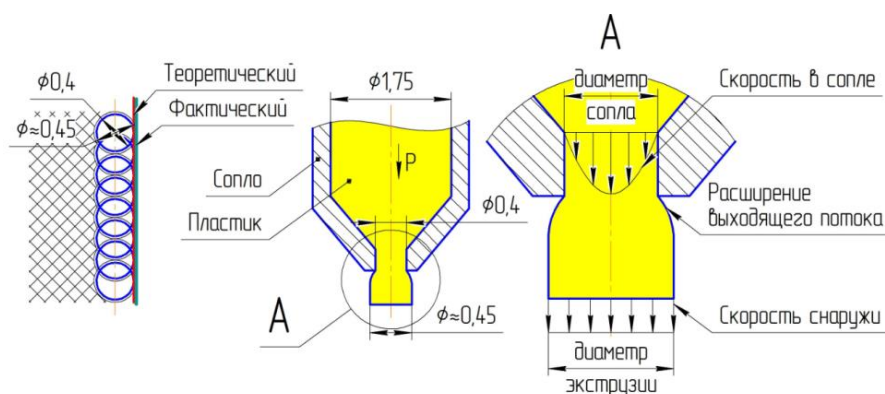


Рис. 1. Диаметр экструзии

К примеру, мы имеем стандартное сопло диаметром 0,4 мм. Диаметр экструзии будет в пределах 0,45 мм, следовательно, нельзя напечатать стенку толщиной 0,8 мм. Стенка будет равняться 0,9 мм, из-за этого произойдет увеличение наружных поверхностей и уменьшение внутренних поверхностей.

Остывание пластика может привести к большому количеству внутренних напряжений и усадке. Одним из способов определения усадки является метод конечных элементов [3].

Метод конечных элементов для оценки усадки калибрующей детали

Для проведения исследования была спроектирована тестовая деталь, имеющая различные диаметры цилиндров и отверстий, размеры которых варьируются в пределах 2-21 мм.

Для оценки усадки спроектированной модели был проведен конечно-элементный анализ в программе Inventor Nastran In-CAD. Для корректного анализа 3D-модели необходимо задать все свойства материала детали. Был внесен PLA пластик с характеристиками, соответствующими пластику, используемому при печати тестовой детали.

Для проведения анализа были наложены кинематические и технологические ограничения. В качестве внешней нагрузки использовалась разница температур между температурой пластика в сопле и температурой окружающей среды. В статическом исследовании была применена разница температур в 40 градусов [4].

По результатам анализа были сделаны следующие выводы: максимальная усадка на детали составляет 0,006 мм, а, следовательно, коэффициент термической усадки данного пластика PLA можно считать равным единице.

Печать и измерение тестовой детали

Так как целью работы является разработка универсальной программы, то все исследования необходимо проводить на разных моделях принтеров. Для этого были выбраны следующие модели принтеров:

- NEO;
- Picaso Designer PRO 250;
- Creality Ender 3.

Разные модели принтеров необходимы для анализа и сравнения результатов измерений. На рис. 4 представлены 3D-принтеры, используемые при исследовании.

В качестве материала использовался PLA пластик диаметром 1,75 мм. Температура печати 210 градусов, температура стола 60 градусов. Использовалось сопло диаметром 0,4 мм. Внутренняя структура имела сетку 45 градусов с плотностью заполнения 30 % [5].

Для измерений использовался штангенциркуль с ценой деления 0,01 мм и микрометр, также с ценой деления 0,01 мм. В табл. 1 и 2 представлены результаты

измерения цилиндрических поверхностей и отверстий тестовой детали, напечатанной на принтере Creality Ender 3.

Таблица 1

Результаты измерений цилиндрических поверхностей, мм.

Теоретический размер	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Действительный размер	2,45	3,43	4,51	5,44	6,34	7,30	8,30	9,25	10,34	11,24
Абсолютное отклонение	0,45	0,43	0,51	0,44	0,34	0,30	0,30	0,25	0,34	0,24
Теоретический размер	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Действительный размер	12,26	13,20	14,18	15,22	16,18	17,13	18,18	19,22	20,14	21,15
Абсолютное отклонение	0,26	0,20	0,18	0,22	0,18	0,13	0,18	0,22	0,14	0,15

Таблица 2

Результаты измерений отверстий, мм.

Теоретический размер	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Действительный размер	1,21	2,21	3,28	4,33	5,46	6,5	7,54	8,55	9,59	10,61
Абсолютное отклонение	0,79	0,79	0,72	0,67	0,54	0,5	0,46	0,45	0,41	0,39
Теоретический размер	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Действительный размер	11,67	12,69	13,65	14,72	15,76	16,75	17,72	18,79	19,8	20,78
Абсолютное отклонение	0,33	0,31	0,35	0,28	0,24	0,25	0,28	0,21	0,2	0,22

Результаты измерения тестовой детали, напечатанной на принтере NEO и Picaso Designer PRO 250, схожи с результатами, приведенными в таблицах выше, и также имеют прямо пропорциональную зависимость отклонений.

На основе этих данных была построена функция регрессии и посчитан коэффициент детерминации (R-квадрат), который является статистической мерой, представляющей насколько близки полученные данные к установленной линии регрессии. Чем ближе к единице коэффициент детерминации, тем лучше модель соответствует данным. Как можно увидеть на рис. 2, в обоих случаях (цилиндрические размеры и размеры отверстия) представлена линейная регрессия, также введена функция и значения R-квадрата. Все эти данные легли в основу для разработки приложения, необходимого для компенсации отклонений.

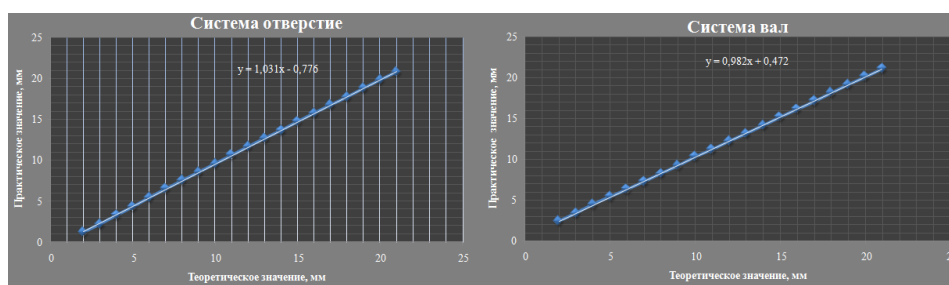


Рис. 2. Графики линейной регрессии для полученных измерений

Разработка приложения

Гипотеза, которая была рассмотрена для приложения, заключалась в том, что отклонения являются приблизительно линейными. Если, к примеру, имеется отклонение 1 мм по одной оси, то это можно исправить, но если отклонение возникает в двух направлениях, как в случае отверстия, то требуется вмешательство какого-либо приложения, которое должно корректировать САПР-модель.

Используя данные, полученные в табл. 1 и 2, была введена функция линейной регрессии, аналогичная той, которая отображена на графике, представленном на рис. 3. Математически линейное уравнение определяется следующим уравнением:

$$y = b \cdot x + a + \varepsilon \quad (1)$$

где x – независимая переменная и представляет собой значение, которое должно быть получено, мм; y – зависимая переменная, представляющая собой значение, которое должно быть введено в САПР-программу, мм; a – свободный член уравнения регрессии; b – коэффициент регрессии, представляющий собой скорость изменения y при изменении x ; ε – член случайной ошибки, представляющий собой разницу между фактическим значением зависимой переменной и ее прогнозируемым значением.

В анализируемом случае это прогнозируемое значение определяется масштабным коэффициентом термической усадки плюс глобальный масштабный коэффициент. Член случайной ошибки можно рассчитать по формуле 2:

$$\varepsilon = k + \frac{D_d - D_n}{D_n} \quad (2)$$

где k – коэффициент термической усадки, $k = 1$; D_d – действительный диаметр, мм; D_n – номинальный диаметр, мм.

На основе полученных уравнений были рассчитаны размеры, которые необходимо откорректировать в САПР-модели для того, чтобы после печати размеры детали были максимально приближены к номинальным. По итогам печати и измерения контрольных деталей появились значительные улучшения в плане отклонений размеров.

Все формулы были сформированы в приложении, рассчитывающем размеры элементов деталей, которые необходимо ввести в САПР-модель. На рис. 3 представлено приложение.

При первом использовании приложения необходимо распечатать тестовую деталь и измерить все диаметры, после чего внести полученные размеры в настройки приложения. На основе полученных данных приложение составит функцию регрессии и рассчитает член случайной ошибки для данного принтера.

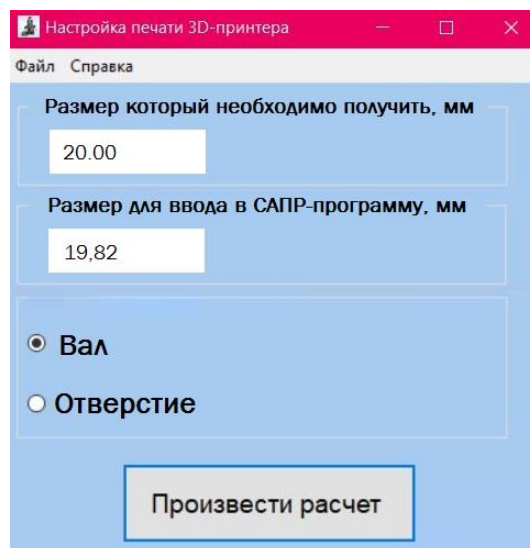


Рис. 3. Приложение

Вывод.

Для улучшения процесса 3D-печати была разработана тестовая деталь. Для оценки термической усадки, возникающей в процессе 3D-печати, был проведен конечно-элементный анализ. Результаты были в дальнейшем использованы для создания программного приложения, позволяющего производить калибровку 3D-модели. Одной из главных особенностей данного приложения является его универсальность.

Измерения, которые были произведены после использования приложения и калибровки детали, доказали, что появились значительные улучшения в точности печати.

Литература

1. Валетов, В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие / В. А. Валетов. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.
2. Нарисава, И. В. Прочность полимерных материалов / И. В. Нарисава. – М.: Химия, 1987. – 400 с.
3. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович. – СПб: Издательство политехнического университета, 2013. – 222 с.
4. Шкуро, А. Е. Технологии и материалы 3D-печати / А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 98 с.
5. Процент заполнения в 3D-печати: сайт / Центр аддитивного производства. – URL: <https://www.st3d.ru/5-zapolnenie/> (дата обращения: 20.02.2021). – Текст: электронный.

**Особенности создания системы электроснабжения автономных объектов
на базе когенерационных установок**

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

Кобзев Роман Анатольевич, доктор технических наук, заместитель руководителя
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» г. Балаково

В статье рассматриваются особенности создания системы электроснабжения автономных объектов с применением когенерационных установок на базе газопоршневых двигателей внутреннего сгорания. Авторы обосновывают оптимальное количество газопоршневых агрегатов в составе энергоустановки, надежность электроснабжения, обеспечиваемую за счет применения резервных агрегатов, а также зависимость эффективности их применения от средней электрической мощности объекта.

Под системой энергоснабжения объекта понимается совокупность сетей и устройств преобразования, передачи и распределения электрической энергии. Особенностью проектирования таких систем является обязательный учет технических условий на подключение, лимитов допустимой нагрузки и мощности сетей и приемников электроэнергии.

Система энергоснабжения жилых, общественных и производственных объектов не включает конечных потребителей, так как предназначена для получения, преобразования и распределения тока от источника (энергоснабжающей организации или генератора). Без системы энергоснабжения не может функционировать ни одно здание, так как все бытовые, торговые, промышленные, общественные и иные потребности напрямую связаны с электротехническим оборудованием.

Одним из вариантов обеспечения автономного функционирования объектов является использование средств малой энергетики, таких как когенерационные установки (мини-ТЭЦ). Данный тип энергоустановок осуществляет совместное производство электрической и тепловой энергии. В качестве источника энергии в мини-ТЭЦ используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС): дизельные, газовые и газотурбинные. Энергия, выделившаяся при сгорании топлива в ДВС, производит механическую работу и теплоту. Механическая работа на валу двигателя используется для выработки электроэнергии генератором электрического тока. Тепло отработавших

газов и системы охлаждения двигателя служит для получения горячей воды или пара в системе утилизации [1]. В данной статье рассмотрим применение мини-ТЭЦ с газопоршневыми ДВС, так как они перспективны в качестве основного источника электроэнергии и теплоты на предприятиях самого широкого диапазона деятельности, в том числе и на автономных объектах.

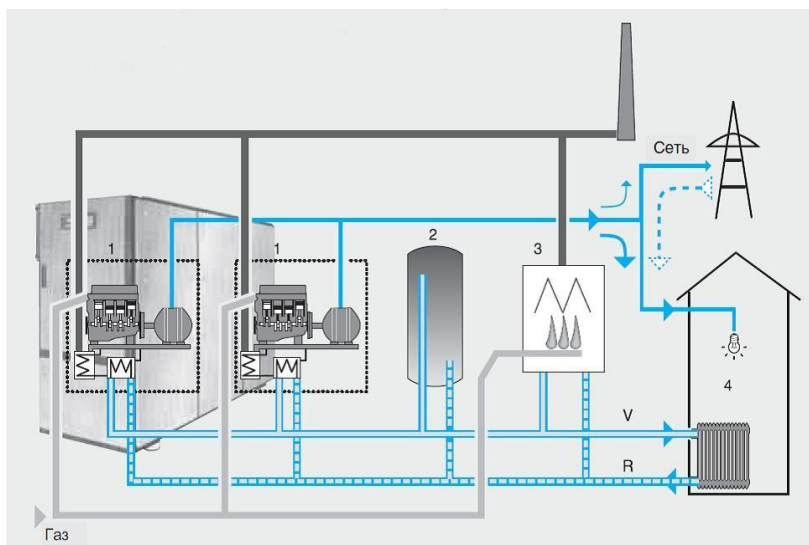


Рис. 1. Схема мини-ТЭЦ с газопоршневым двигателем:

Газ – подключение природного газа; Сеть – подключение к электросети; R – обратная линия системы отопления; V – подающая линия системы отопления; 1 – модули мини-ТЭЦ; 2 – бак-накопитель в системе отопления; 3 – пиковый котел; 4 – потребитель

При проектировании системы электроснабжения на базе когенерационных установок чаще всего выбирают вариант работы установки по электрическому графику нагрузки, когда приоритетной является потребность объектов в электроэнергии. В этом случае основным видом исходных данных является суточный график электрической нагрузки потребителей.

На рис. 2 и 3 приведены суточные графики нагрузки для жилого здания и промышленного предприятия. На графиках четко видны пики максимального электропотребления, приходящиеся на утренние и вечерние часы.

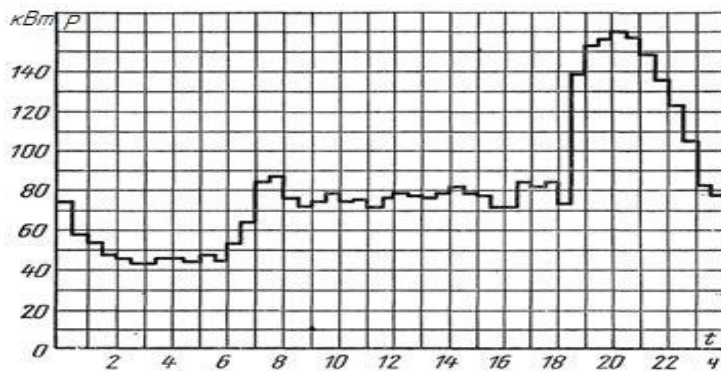


Рис. 2. Усредненный суточный график нагрузки жилого дома с газовыми плитами

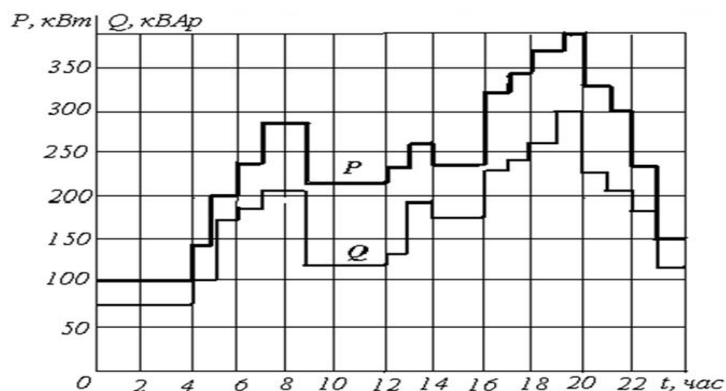


Рис. 3. Суточный график активной (P) и реактивной (Q) нагрузки группы сельскохозяйственных предприятий при трехсменной работе

На основании данных, полученных в ходе экспериментов, проводимых на ООО «Волжский дизель имени Маминых» было определено оптимальное количество газопоршневых агрегатов в составе энергоустановки. Это число равно трем. Каждый из них в отдельности будет покрывать примерно 1/3 (около 33 %) электрической мощности объекта. Иными словами, минимальная нагрузка обеспечивается работой одного агрегата, при повышении мощности с минимальной до 60... 65 % от номинальной мощности объекта включается второй агрегат с такой же мощностью и т. д. [2].

Так как каждый из агрегатов покрывает 33 % мощности, то при включении третьего агрегата нагрузка на двигатель-генератор снижается примерно до 70 %, что также способствует снижению удельного расхода топливного газа [2].

Также необходимо обеспечить и должный уровень надежности энергоснабжения. Наличие резервного агрегата значительно повышает надежность всей установки. Иными словами, в данной системе реализован скользящий метод резервирования, который заключается в том, что дублирующий элемент может заменить любой основной элемент в данной системе. В такой системе отказ произойдет только в том случае, если из n элементов системы работоспособными окажутся менее m элементов ($m < n$) или система будет работать до тех пор, пока в работе остаются любые m элементов [3].

Для оценки надежности системы используют следующие показатели [3]:

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- средняя наработка на отказ T .

В данном случае резервные элементы находятся в ненагруженном резерве,

вероятность безотказной работы за время τ системы, содержащей n рабочих и m резервных элементов, определяется как:

$$P(\tau) = e^{-n\lambda\tau} \sum_{0 \leq y \leq m} \frac{(n\lambda\tau)^y}{y!}, \quad (1)$$

где $\lambda = 1/T$ – интенсивность отказов агрегатов, ч^{-1} ; T – средняя наработка на отказ, час.; y – количество резервных агрегатов.

Если учитывать, что время эксплуатации газопоршневых агрегатов до первого текущего ремонта составляет 5 тыс. часов, а интенсивность отказов $\lambda = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$, то вероятность безотказной работы мини-ТЭЦ, состоящей из трех основных агрегатов и одного резервного, будет равна $P(\tau) = 0,97$.

Вероятность отказа такой системы: $Q(\tau) = 0,03$.

Если система будет состоять только из трех агрегатов без резервного (система «3 из 3»), то вероятность безотказной работы составит $P(\tau) = 0,78$.

Вероятность отказа системы «3 из 3» $Q(\tau) = 0,22$.

Для потребителей, относящихся к первой категории электроснабжения, возможна установка двух резервных агрегатов. Этот вариант соответствует системе «3 из 5». Вероятность безотказной работы такой системы $P(\tau) = 0,998$.

А вероятность отказа такой системы $Q(\tau) = 0,002$ [3].

Для большинства объектов структура энергоустановки будет иметь вид, представленный на рис. 4: три основных агрегата и один резервный [2].

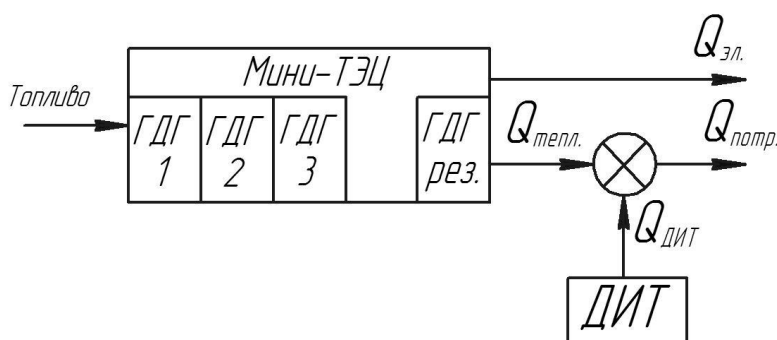


Рис. 4. Оптимальная структура энергоустановки:

ГДГ – газовый двигатель-генератор, ДИТ – дополнительный источник теплоты

Еще одной особенностью, которую нужно учитывать при создании систем электроснабжения на базе мини-ТЭЦ, является то, что эффективность работы энергоустановки зависит от средней мощности, на которой она работает. Чем выше мощность, тем ниже удельный расход топлива и связанные с ним затраты, а следовательно, выше экономическая эффективность применения мини-ТЭЦ [1].

Среднюю эксплуатационную электрическую мощность установки можно определить как [1]:

$$Pe^{cp.э.} = \frac{\sum Pe^i \cdot t^i}{\tau}, \quad (2)$$

где Pe^i – электрическая мощность установки при работе на i -том режиме, кВт; t^i – время работы установки на i -том режиме, час.; τ – суммарное годовое время работы установки, час.

Но поскольку установка работает на разных режимах, в зависимости от нагрузки потребителя, то необходимо определить такую среднюю эксплуатационную мощность мини-ТЭЦ, при которой суммарный удельный расход топлива всеми агрегатами будет минимальный, а значит работа энергоустановки наиболее эффективной [4].

Наглядно это можно проиллюстрировать на графиках расчета экономической эффективности применения мини-ТЭЦ для жилого многоквартирного дома и группы сельскохозяйственных потребителей.

Расчет проводился по методике оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. В первом случае средняя эксплуатационная мощность равна 95 кВт, во втором – 230 кВт. Результаты расчета приведены на рис. 5 и 6.

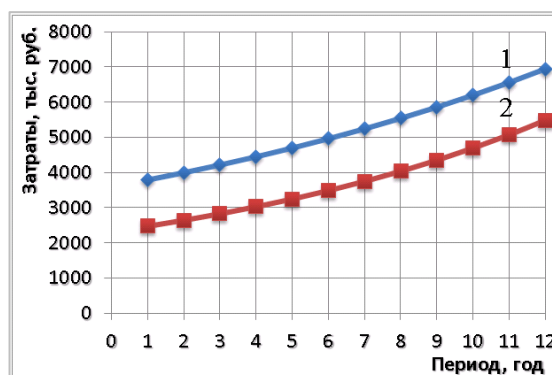


Рис. 5. Сравнительный анализ эффективности энергоснабжения жилого дома:
1 – затраты на оплату электро- и теплоснабжения при централизованной системе;
2 – прогнозные затраты на электро- и теплоснабжение при когенерации

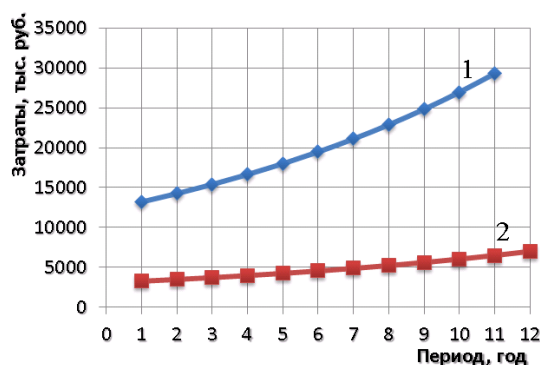


Рис. 6. Сравнительный анализ эффективности энергоснабжения группы сельскохозяйственных предприятий:
1 – затраты на оплату электро- и теплоснабжения при централизованной системе;
2 – прогнозные затраты на электро- и теплоснабжение при когенерации

Результаты расчетов наглядно показывают, что, с одной стороны, для жилого дома с максимальной суточной потребностью в электроэнергии 160 кВт применение энергетического комплекса на базе газопоршневой мини-ТЭЦ экономически неэффективно. С другой стороны, для промышленных объектов сельского хозяйства с максимальной суточной потребностью в электроэнергии 400 кВт очевидны преимущества применения мини-ТЭЦ с ГПА перед централизованной системой энергоснабжения.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы о применении когенерационных установок, в частности газопоршневых мини-ТЭЦ, при создании систем электроснабжения:

1. Газопоршневые мини-ТЭЦ перспективны в качестве основного источника электроэнергии и теплоты на предприятиях самого широкого диапазона деятельности, в том числе и на автономных объектах.

2. Использование резервных агрегатов способствует повышению надежности энергоснабжения. Оптимальной структурой для большинства объектов является три основных агрегата и один резервный.

3. Большое значение имеет мощность, на которой работает энергоустановка. Система будет экономически эффективна, если средняя эксплуатационная электрическая мощность мини-ТЭЦ будет не ниже 200 кВт.

4. Дополнительным преимуществом является также возможность получения еще и тепловой энергии за счет использования системы утилизации тепла ДВС.

Литература

1. Костин, Д. А. Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности / Д. А. Костин, А. В. Разуваев // Материалы международной научной конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения». – Саратов, 2012. – С. 329-335.

2. Костин, Д. А. Оптимизация количества газопоршневых энергоустановок в энергетическом комплексе / Д. А. Костин, А. В. Разуваев // Молодой ученый. – 2015. – № 14.2. – С. 68-70.

3. Костин, Д. А. Повышение надёжности энергоснабжения автономного объекта / А. В. Разуваев, С. В. Мурин, Д. А. Костин // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 6. – С. 23-25.

4. Костин, Д. А. Оценка экономической эффективности когенерационной установки для ВУЗа / Д. А. Костин, А. В. Разуваев, Э. Ф. Кочеваткина // ВЕСТНИК Саратовского государственного технического университета. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. – 2013. – № 4 (73). – С. 115-121.

УДК 621.31:658.5.012.7

Исследование характеристик нарушений в электроэнергетике Российской Федерации

Марадудина Диана Сергеевна, студент специальности
«Электроэнергетика и электротехника»;

Тарасов Максим Игоревич, студент специальности
«Электроэнергетика и электротехника»;

Бубликова Ирина Альбертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Атомная энергетика»

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

В работе выполнен анализ нарушений в электроэнергетики РФ за период с 2000 по 2019 годы. Он показал, что общее число нарушений снижается, оно зависит от объема проведенных проверок Ростехнадзором. Количество несчастных случаев со смертельным исходом также снижается.

Электроэнергетика является отраслью, от надежности которой зависит как нормальное функционирование предприятий, включая те, на которых обращаются опасные вещества и энергии, а также качество жизни населения. Поэтому нарушения при эксплуатации объектов экономики, а тем более аварии на них могут повлечь серьезный ущерб обществу, экономике и окружающей среде. При этом выявленное нарушение эксплуатации электроэнергетического оборудования может рассматриваться как событие, которое не закончилось аварией благодаря благоприятному стечению обстоятельств. И каждое нарушение должно обязательно расследоваться для установления его причин с разработкой корректирующих мер по недопущению повторения аналогичных случаев, в том числе и с более серьезными аварийными последствиями.

Цель работы – исследование динамики характеристик нарушений в электроэнергетики нашей страны. Результаты исследования могут быть полезны

студентам, обучающимся в атомной отрасли, для осознания вклада персонала в проявление нарушений, для улучшения качества работы и предотвращения нарушений в дальнейшей профессиональной деятельности, а также специалистам в области надзора и управления безопасностью эксплуатации электрогенерирующих предприятий.

В данной работе использовались сведения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), приведенные в годовых отчетах о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2004-2019 годах по мониторингу количества нарушений и надзорных мероприятий.

Был выполнен анализ количества нарушений (рис. 1) и количества вырабатываемой энергии (рис. 2) на электрических станциях.

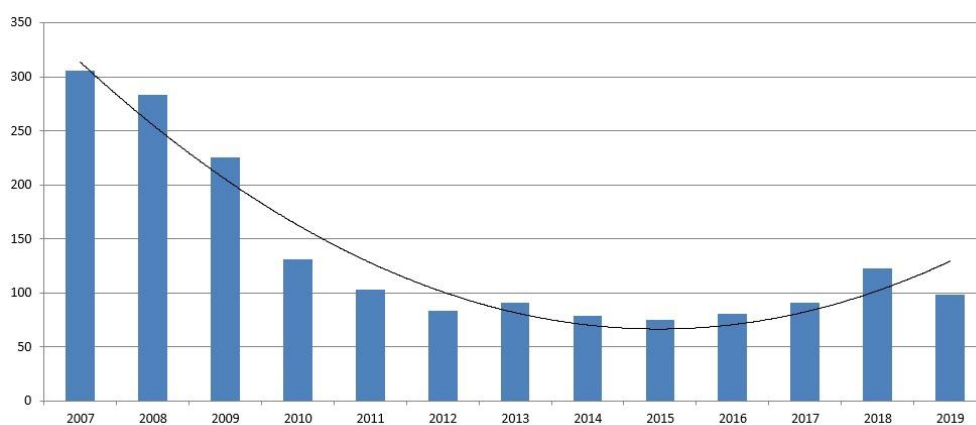
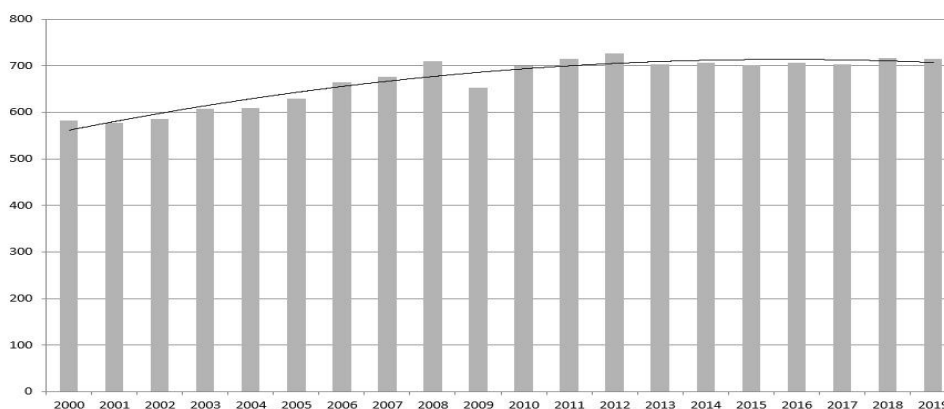


Рис. 1. Количество нарушений норм и правил безопасности при эксплуатации энергетического и теплоэнергетического оборудования, тыс.



*Рис. 2. Производство электроэнергии, млрд., кВт*ч*

Регрессионный анализ данных (рис. 3) показал, что объем производства электроэнергии слабо влияет на количество нарушений.

Для проверки гипотезы о связи численности населения и выработки электроэнергии также использовался регрессионный анализ данных (рис. 4), который показал, что динамика численности населения напрямую не влияет на динамику выработки электроэнергии (рис. 2). Следовательно, можно предположить, что выработка электроэнергии в большей степени зависит от других факторов, например, от потребностей экономики.

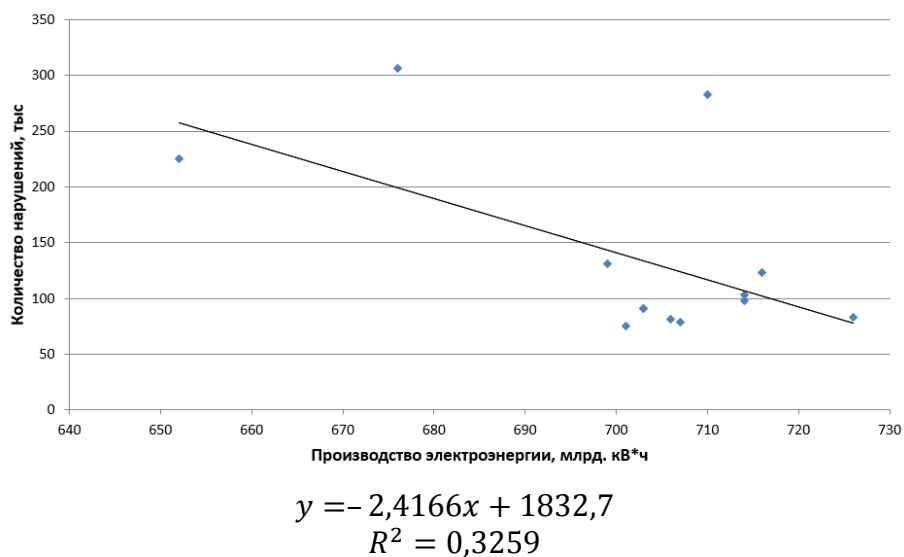


Рис. 3. Зависимость между количеством нарушений и производством электроэнергии

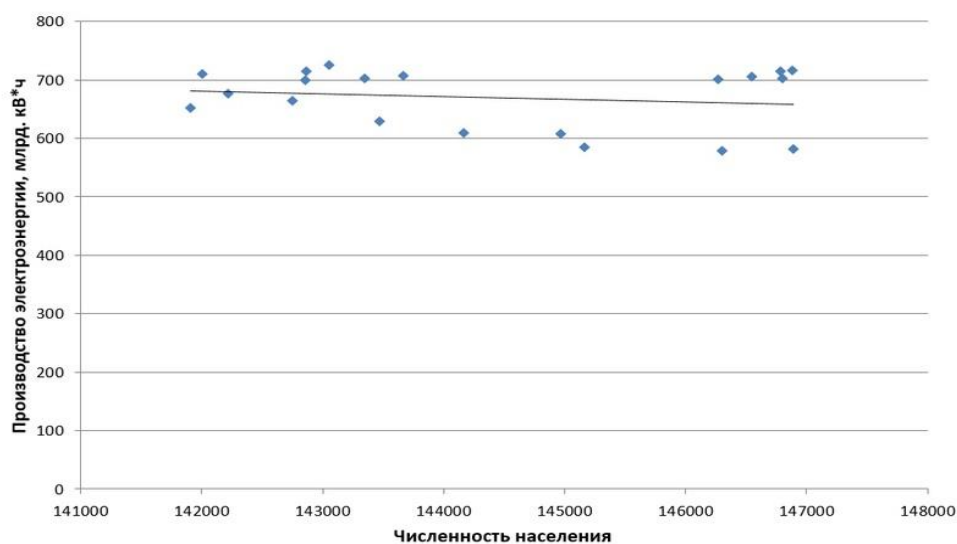


Рис. 4. Зависимость производства электроэнергии от численности населения

Попытка найти взаимосвязь (рис. 5) между выявленным количеством нарушений и количеством надзорных мероприятий показала, что связь этих параметров характеризуется как заметная, но уровень коэффициента детерминации позволяет утверждать, что есть и другие факторы, оказывающие определяющее влияние на динамику выявления нарушений.

Анализ непосредственно динамики нарушений показал, что их количество за анализируемый период снизилось и стабилизировалось, а количество несчастных случаев со смертельным исходом в электроэнергетике Российской Федерации уменьшилось, но не зафиксировано года, когда жертвы отсутствовали (рис. 6).

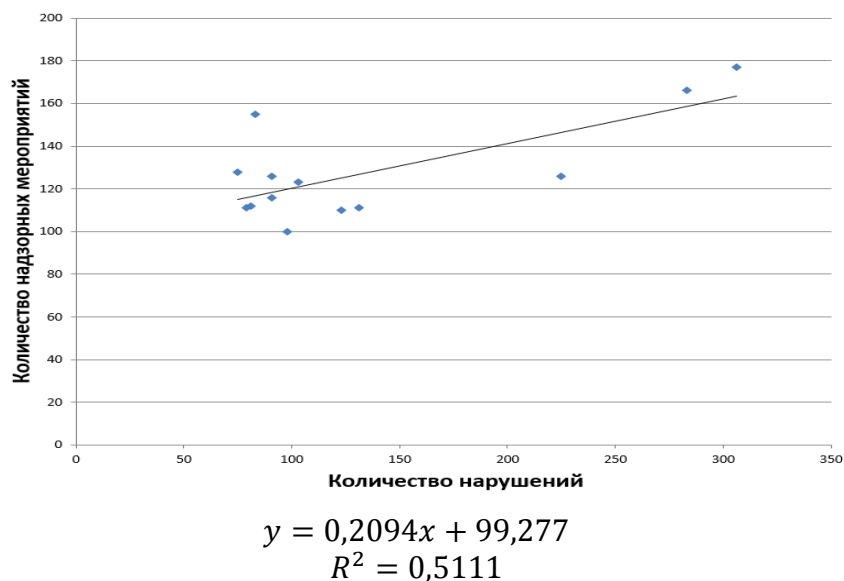


Рис. 5. Зависимость количества надзорных мероприятий от количества нарушений

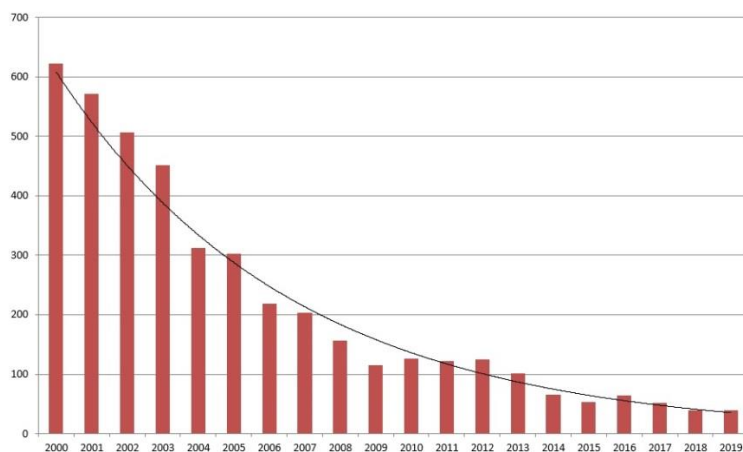


Рис. 6. Количество несчастных случаев со смертельным исходом

Значительное снижение смертельных несчастных случаев с 2000 по 2019 годы может быть связано с внедрением более современного оборудования, разработкой новых подходов к регулированию объектов электроэнергетики (совершенствование нормативного регулирования и контрольно-надзорной деятельности в отношении объектов электроэнергетики) и совершенствованием систем безопасности. Поэтому рост генерации электроэнергии сопровождается снижением смертельного травматизма (рис. 7).

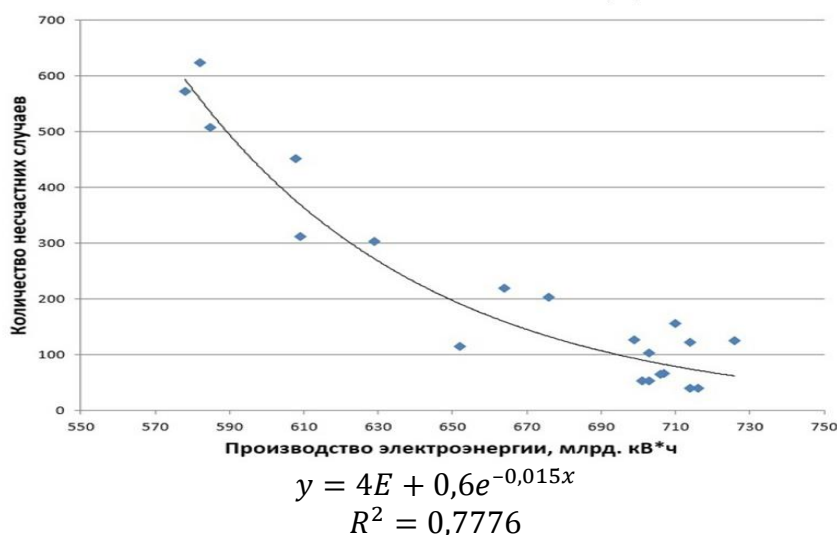


Рис. 7. Зависимость количества несчастных случаев от производства электроэнергии

Основными часто встречающимися и массовыми нарушениями обязательных требований остаются:

1. Непроведение плановых ремонтов и испытаний оборудования в установленные техническими нормами сроки (ремонт выполняется по факту выхода из строя оборудования).

2. Непроведение противоаварийных тренировок по ликвидации возможных аварийных ситуаций, характерных для работы в осенне-зимний период.

3. Непроведение технического освидетельствования электрооборудования с истекшим сроком службы с целью оценки состояния, установления сроков дальнейшей работы и условий эксплуатации.

4. Нарушение требований, касающихся заземления частей электроустановок потребителей.

Вывод. Таким образом, анализ представленных данных показал, что общее число нарушений снижается и около 50 % случаев определяется объемом проведенных проверок Ростехнадзором. Зависимость между количеством нарушений и выработкой электроэнергии не выявлена. Количество несчастных случаев со смертельным исходом снижается, несмотря на рост генерации электроэнергии.

Литература

1. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: официальный сайт. – М. – URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 18.03.2021). – Текст: электронный.

2. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – М. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 18.03.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.311-52:621.316

Автоматика выделения на сбалансированную нагрузку (АВСН)

Нечитайлов Владимир Владимирович, старший преподаватель кафедры

«Атомная энергетика»;

Молошная Елена Семеновна, старший преподаватель кафедры «Атомная энергетика»;

Ермилов Иван Викторович, студент специальности

«Электроэнергетика и электротехника»;

Крапивко Екатерина Николаевна, студент специальности

«Электроэнергетика и электротехника»

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал

Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Волгодонск

Одной из основных задач энергосистемы является надежность электроснабжения потребителей. Надежность электроснабжения обеспечивается устройствами противоаварийной автоматики, которые определяют отклонение параметров режима от нормальных (частота, напряжение, мощность).

Частотно делительная автоматика (ЧДА) является составной частью системной ПАА и запускает схему автоматики выделения на сбалансированную нагрузку (АВСН), которая осуществляет передачу команды по каналам ВЧ линий электропередач на отключение выключателей, на определенных подстанциях для обеспечения отделения выделяемого энергорайона с электростанцией от частей энергосистемы с аварийными параметрами.

Предполагается рассмотреть возможные работы ВдТЭЦ-2 с установленной мощностью 420 МВт на выделяемый частотно делительной автоматикой участок сети 110 кВ промышленного и городского района города Волгодонска с потребляемой мощностью от 40 до 80 МВт и отделением от сети 220 кВ путем отключения от АВСН выключателя 220 кВ автотрансформатора связи ЗАТ.

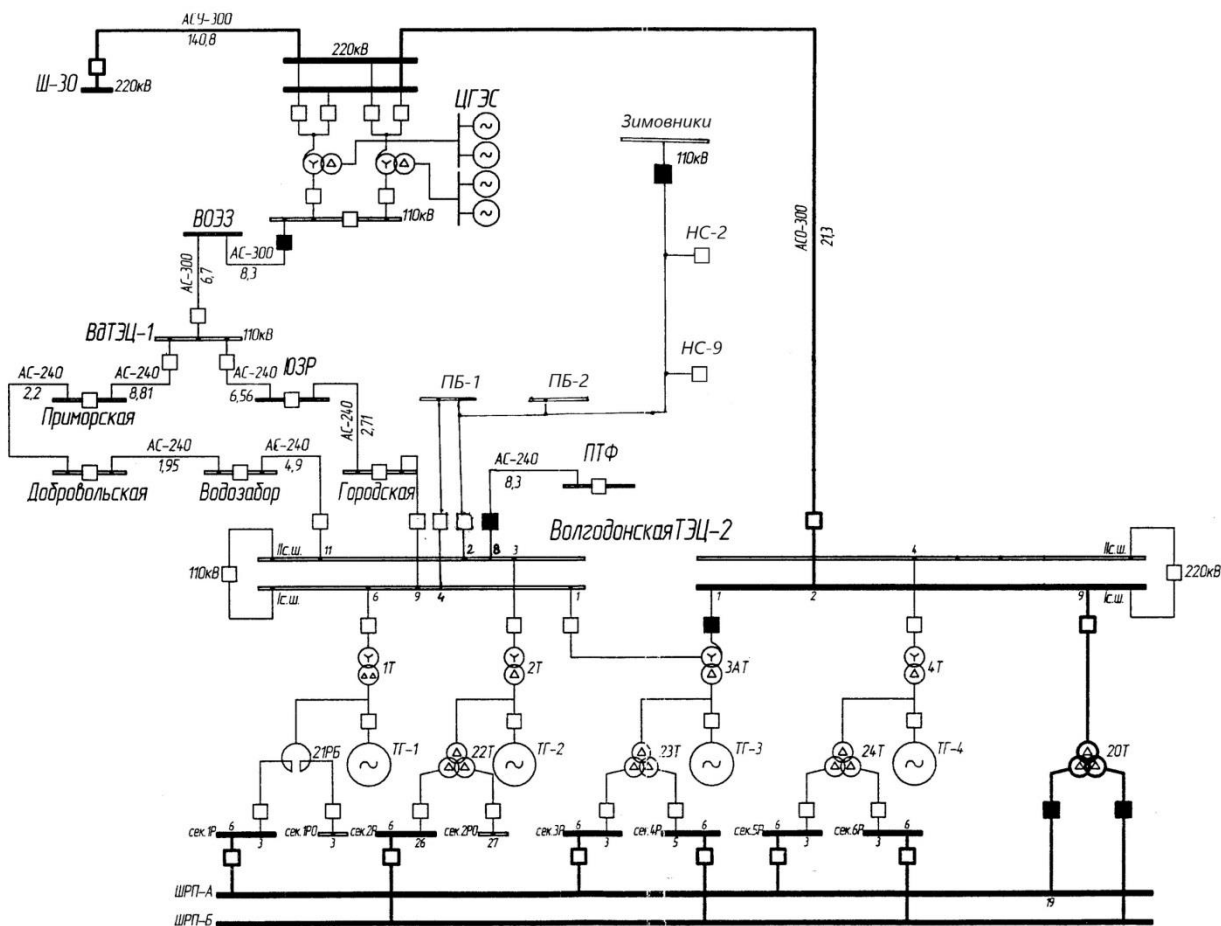


Рис. 1. Схема сети 6-220кВ проведения испытаний работы ВдТЭЦ-2 на сбалансированную нагрузку (после срабатывания АВСН)

Алгоритмом действия ЧДА (АВСН) предусмотрена работа (рис. 1) ВдТЭЦ-2 на изолированную сбалансированную нагрузку сети 110 кВ. Выделяется сеть 110 кВ между Цимлянкой ГЭС, ВдТЭЦ-2, подстанцией 110/220 кВ «Зимовники», включая ОРУ 110 кВ ВдТЭЦ-1, ОРУ 110 кВ ВдТЭЦ-2 и подстанции:

- подстанция 110 кВ «ВОЭЗ» с расчетной нагрузкой 1 МВт;
- подстанция 110 кВ «Приморская» с расчетной нагрузкой 3 МВт;
- подстанция 110 кВ «Водозабор» с расчетной нагрузкой 3,4 МВт;
- подстанция 110 кВ «ЮЗР» с расчетной нагрузкой 5,6 МВт;
- подстанция 110 кВ «Городская» с расчетной нагрузкой 14 МВт;
- подстанция 110 кВ «ПрБ-1» с расчетной нагрузкой 9 МВт;
- подстанции 110 кВ «ПрБ-2», «НС-9», «НС-2» с общей расчетной нагрузкой 3,4 МВт;
- собственные нужды ВдТЭЦ-2 с расчетной нагрузкой 13 МВт;
- собственные нужды ВдТЭЦ-1 с расчетной нагрузкой 5,5 МВт.

Суммарная средняя нагрузка выделяемого района составляет 60 МВт.

Для обеспечения данной нагрузки в выделенном энергорайоне необходима

работа двух энергоблоков на ВдТЭЦ-2, из сочетания ТГ-1, ТГ-2, ТГ-3 с общей мощностью 40-100 МВт на шины 110 кВ.

Головная часть АВСН находится на Цимлянской ГЭС. На ней автоматика, при снижении частоты сети 110 кВ до 47,5 Гц с выдержкой времени 0,5 сек. действует на отключение, с запретом автоматического повторного включения (АПВ), ВЛ 110 кВ «ВОЭЗ» в сторону ВдТЭЦ-1 и производит пуск передатчика с передачей команды № 10 по высокочастотному каналу ПАА ВЛ 220 кВ «ЦГЭС-ВдТЭЦ-2».

АВСН ВдТЭЦ-2 при получении команды № 10 реализует ее на отключение, с запретом АПВ, ВЛ 110 кВ «ПТФ» и передает эту команду при помощи аппаратуры по высокочастотному каналу ВЛ 220 кВ «ВдТЭЦ-2 - Зимовники» и по высокочастотному каналу ВЛ 220 кВ «ВдТЭЦ-2-Волгодонск-Зимовники» на подстанцию 110/220 кВ «Зимовники» для отключения на ней с запретом АПВ выключателя ВЛ 110 кВ «Зимовники-ВдТЭЦ-2».

При дальнейшем снижении частоты до 47 Гц с выдержкой времени 30 сек. или быстром снижении до 46 Гц с выдержкой времени 0,5 сек. аппаратура АВСН на ВдТЭЦ-2, с контролем получения по высокочастотным каналам ПАА команды №10, осуществляет выделение блоков по ниже описанным 1, 2 или 3 режиму с автоматическим возвратом схемы АВСН через 5 сек. в исходное состояние.

Так как автоматика АВСН на ЦГЭС, на ВдТЭЦ-2 и на подстанции 110/220кВ «Зимовники» представляет собой единую систему, то при введении в работу аппаратуры устройства АВСН на ЦГЭС, на ВдТЭЦ-2 по высокочастотному каналу ПАА передается команда № 13 «АВСН ЦГЭС введена», а при выводе аппаратуры АВСН на ЦГЭС – команда № 14 «АВСН ЦГЭС выведена».

Режимы работы и количество работающих турбогенераторов ВдТЭЦ-2 (ТГ-1 – $P_{ном}=60$ МВт, ТГ-2,3 – $P_{ном}=100$ МВт, ТГ-4 – $P_{ном}=160$ МВт) определяется в соответствии с рыночными взаимоотношениями. По команде диспетчера РРДУ для работы на сбалансированную нагрузку выделяются два любых работающих турбогенератора из трех ТГ-1,2,3 (ТГ-4 не участвует, т. к. работает на сеть 220 кВ).

Установленные технические минимумы нагрузок турбогенераторов ТГ-1=30 МВт, ТГ-2=50 МВт, ТГ-3=50 МВт определяются по условиям минимальной нагрузки котлов и обеспечения теплоснабжения потребителей, т. е. ВдТЭЦ-2 выделяется на несбалансированную нагрузку с некоторым избытком мощности.

Анализ величин возможных нагрузок выделяемого района, режимов устойчивой работы турбогенераторов на малые нагрузки, логика работы схем АВСН показали, что для обеспечения надежного энергоснабжения выделяемого энергорайона с

несбалансированной нагрузкой необходимо:

1. Установить три возможных режима работы турбогенераторов:

1 режим. Выведение блоков № 1 и № 2.

2 режим. Выведение блоков № 1 и № 3.

3 режим. Выведение блоков № 2 и № 3.

2. Учитывать, что выделяемую несбалансированную нагрузку заранее точно определить невозможно, она зависит от фактического на данный момент потребления активной нагрузки в изолированном энергорайоне и может колебаться в пределах от 40 до 100 МВт.

Возможность перехода электростанции к устойчивой работе при избытке мощности требует специальной проверки путем проведения натуральных испытаний оборудования электростанции и подстанций выделяемого энергорайона с имитацией срабатывания АВСН, [2].

Программа проведения опробования АВСН (ЧДА) ВдТЭЦ-2 предусматривает комплексную проверку работоспособности АВСН, действий персонала и фиксацию параметров переходного и установившегося режимов.

Пуск АВСН осуществляется имитацией снижения частоты от кнопки, установленной на ЦГЭС. При этом на всех подстанциях выделяемого района на время испытаний выводится АЧР (автоматическая частотная разгрузка) для исключения срабатывания и отключения потребителей при колебаниях частоты в переходном режиме

Рассматривается вариант выделения блоков № 2 и № 3.

При этом отключается МВ-220кВ ЗАТ:

- если в работе находится ТГ-4, он продолжает работать на шины 220кВ с нагрузкой, установленной диспетчерским графиком по точке генерации 220кВ до дополнительных распоряжений дежурного НСС;

- если в работе находятся ТГ-2,3, они остаются в работе на сбалансированную нагрузку Волгодонского узла. При этом БСУА необходимо разгрузить или нагрузить работающие ТГ-2,3 до суммарной активной нагрузки потребления выделенного узла. Поддерживая частоту вращения выделившихся генераторов на уровне 3000 об/мин для обеспечения установленной НТД частоты сети 50 Гц, при этом САРЧ работающих котлов переводится в ручной режим и производится регулировка производительности котлов в соответствии с установившимся расходом пара на ТГ-2,3. При срабатывании АВСН оперативному персоналу КТЦ необходимо учитывать:

1. Нагрузка и количество работающих котлов напрямую будет зависеть от: существующего режима потребления активной нагрузки, выделившегося узла и установившегося расхода пара на работающие ТГ, при котором частота вращения генераторов должна поддерживаться на уровне 3000 об/мин [1].

2. Основным критерием соответствия выдачи работающими генераторами активной нагрузки фактического потребления выделившегося узла является установившаяся частота вращения турбогенераторов на уровне 3000 об/мин, что будет соответствовать частоте сети 50 Гц.

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. – 348 с. – ISBN 978-5-98908-105-9. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/22731.html> (дата обращения: 20.03.2021).

2. Филиппова, Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем: учебник / Т. А. Филиппова. – Новосибирск: НГТУ, 2014. – 294 с. – ISBN 978-5-7782-2517-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118094> (дата обращения: 30.03.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

УДК 629.33

Современные тенденции тюнинга и их роль в развитии транспортного машиностроения

Никишин Сергей Алексеевич, студент направления

«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»;

Денисов Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры

«Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В статье рассматриваются актуальные направления тюнинга ТС, их влияние на технико-экономические показатели эксплуатации транспорта. Анализируется взаимосвязь тюнинговых новшеств, с процессом совершенствования серийных

образцов, их значение для развития автомобилестроения и совершенствования технологии производства.

Усовершенствование транспортных средств (ТС) в настоящее время происходит как в машиностроительной, так и в эксплуатационно-ремонтной сфере, оно направлено на оптимизацию эксплуатационных условий и удовлетворение возрастающих требований потребителей. Части таких усовершенствований впоследствии становятся основными элементами конструкции серийных автомобилей, например: усилители тормозов и рулевого управления, турбокомпрессор, пусковое устройство, энергоаккумулятор, маслозакачивающий насос и другие. Внезаводские усовершенствования принято относить к тюнингу – от английского «tune» – «настройка», то есть доводка или усовершенствование обычного серийного автомобиля, его конструктивных узлов и механизмов. Под тюнингом понимается: установка новых или доработка старых узлов, агрегатов, комплектующих автомобиля для улучшения технических характеристик и его эксплуатационных качеств.

Потребность в тюнинге ТС обусловлена двумя основными факторами: ограниченными возможностями заводов-изготовителей, необходимостью остро и своевременно реагировать на поступающие в процессе эксплуатации запросы потребителей и возникновением потребностей в усовершенствовании автомобилей ввиду специфичных условий эксплуатации и технических факторов, возникающих в процессе эксплуатации.

Ограниченные возможности автопроизводителей в выпуске различных модификаций, усовершенствования автомашин обусловлены тем, что в целях снижения затрат на производство, а также из-за имеющихся технических параметров производственных линий современная автомобильная промышленность выпускает автомобили для усреднённых потребителей и условий эксплуатации. Не смотря на то, что предприятия стремятся к удовлетворению спроса путем выпуска различных комплектаций одной модели, удовлетворить возникающим в процессе эксплуатации запросам им зачастую не удается.

Необходимость доработки ТС нередко вызвана изменением условий эксплуатации, возникновением новых требований к их эксплуатационным качествам. Так, освоение арктических территорий России привело к необходимости доработки серийно выпускаемых автомобилей для эксплуатации в условиях бездорожья и аномально низких температур. Использование грузовых автомобилей для массовых перевозок в условиях локальных военных конфликтов и антитеррористических операций потребовало дополнительно установки бронелистов в двери, пуленепробиваемых

стекло для защиты транспортного средства от обстрелов из стрелкового оружия.

На сегодняшний день выделяются три основных направления тюнинга:

1) внешний тюнинг; 2) внутренний тюнинг (интерьер-тюнинг); 3) функциональный тюнинг (мотор-тюнинг, чип-тюнинг и другие).

Внешний тюнинг. В условиях конкуренции и постоянного обновления модельного ряда современными автопроизводителями создание соответствующего времени и удовлетворяющего потребностям клиентов гармоничного и притягательного дизайна ТС является необходимостью для машиностроительной отрасли. Этому способствует распространение методов трёхмерного моделирования, прототипирования и визуализации для проектирования автомобилей (Autodesk Alias Automotive, CATIA, AutoCAD, Inventor).



Рис. 1. Эскизы кузовных элементов современных транспортных средств

Современное ПО существенно сокращает процесс разработки.

От внешнего вида и особенностей производства кузовных панелей зависит экономический фактор производства и эксплуатационные показатели автомобиля. Дизайн кузовных деталей, разработанный с учётом аэродинамических характеристик, положительно сказывается на топливной экономичности, скоростных и динамических характеристиках автомобиля. Особое внимание дизайну аэродинамических элементов уделяется при разработке спортивных автомобилей. Так, например, установка верхних и боковых обтекателей воздуха кабин грузовых автомобилей положительно сказывается на экономии топлива, разгонной динамике и максимальной скорости.

Модернизация и установка дополнительных световых приборов (ПТФ, ДХО, фар-искателей и т. д.) повышает безопасность эксплуатации ТС в тёмное время суток и, помимо этого, способствует индивидуализации внешнего вида автомобиля.

Поэтапное совершенствование кузовных элементов, эргономики салона, одновременно с улучшением узлов и агрегатов, на основе опыта эксплуатации,

позволяет обеспечить долгий конвейерный цикл производства путём глубокой модернизации базовой модели ТС. Примером являются автомобили классического и переднеприводных семейств – ВАЗ, ГАЗ моделей 24, 31029, 3110, 31105, ГАЗель, КамАЗ. Помимо длительного конвейерного цикла это позволяет модернизировать такие автомобили путём тюнинга – заменой деталей, узлов и агрегатов более новыми, обеспечивая общую длительность цикла их эксплуатации.

Отдельной разновидностью внешнего тюнинга можно считать дополнительное нанесение на кузов автомобиля надписей, рисунков, логотипов. Это делается в целях брендинга крупных компаний (Газпром, Роснефть и др.), индивидуализации владельца ТС, а также рекламы.



Рис. 2. Брендированный топливозаправщик компании «Газпромнефть»

Внутренний тюнинг направлен на повышение эргономических качеств (салона, органов управления, посадки, обзорности) и удобства управления транспортным средством. Применение современных технологий, постоянное увеличение электронных технических устройств также требует совершенствования пространства салона с целью эргономичного их размещения и повышения комфортности управления. Удобное расположение места для инструментов, ниш для документов и прочих полезных для водителя и особенно водителя-экспедитора вещей также имеет большую значимость для организации рабочего пространства в кабине грузового автомобиля. Эти факторы, с точки зрения инженерной психологии, положительно влияют на эффективность системы «водитель – автомобиль – дорога – среда (ВАДС)» и безопасность движения. Так, при разработке интерьера малого коммерческого автомобиля УАЗ «Профи» основной целью было создание конкурентоспособных качеств удобства эксплуатации и комфорта водителя, на уровне основного конкурента – ГАЗель «Некст».

Улучшение компоновочных решений узлов и агрегатов повышает их доступность для ремонта и обслуживания, что положительно сказывается на эффективности эксплуатации и сокращении времени простоя при ТО и ТР.

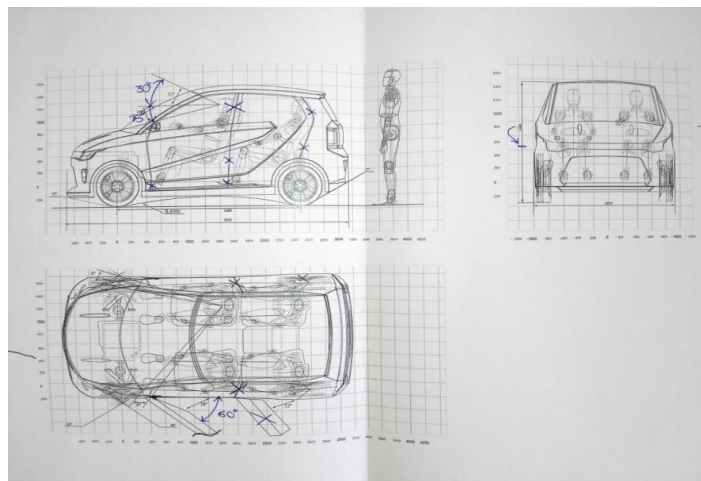


Рис. 3. Доработка внутренней эргономической компоновки городского электромобиля

Функциональный тюнинг призван улучшить функции агрегатов, узлов и элементов автомобилей, способствует совершенствованию конструкции и расширяет эксплуатационные свойства, что ведёт к снижению себестоимости и повышению производительности автомобильных перевозок. Здесь следует использовать классифицирующий признак усовершенствования следующих свойств: мощность, экономичность, надёжность, экологичность и др.

Мощность двигателя автомобиля является одним из основных факторов, определяющих его эксплуатационно-экономические характеристики. От мощности двигателя зависит грузоподъёмность и динамика ТС. Тюнинг по повышению мощности ДВС механическими путями производят изменением конструкции его деталей, изменением линейных размеров цилиндров и поршней, изменением формы кулачков распределительного вала, установкой разрезной шестерни привода распределительного вала, облегчённого коленчатого вала, изменением размеров клапанов, доработкой впускного и выпускного тракта.

Одним из наиболее эффективных и распространённых видов повышения эффективности ДВС в автомобильной промышленности является турбонаддув. Технология турбонаддува заключается в повышении давления и плотности воздуха, подаваемого в цилиндры, это позволяет получить большую отдачу мощности, в сравнении с атмосферным двигателем, аналогичным по рабочему объёму цилиндров, массе и габаритам. В настоящее время непрерывно ведётся разработка новых и улучшение существующих технологий турбонаддува путём применения изменяемой геометрии турбин, применения схем с использованием одновременно нескольких

турбокомпрессоров, совершенствованием программ блока управления турбиной, разработкой электро-турбокомпрессоров. Основным путём тюнинга с применением турбонаддува является его установка, настройка и оптимизация с параметрами газораспределительного механизма, впуска и выпуска, степени сжатия, камеры сгорания, впрыска топлива и другими факторами работы двигателя.

При применении турбокомпрессора большой мощности требуется увеличение объёма камеры сгорания, так как увеличивается максимальное давление в цилиндре и растёт нагрузка на детали КШМ, особенно на коленчатый вал и его подшипники. Однако, учитывая давление наддува, даже несмотря на уменьшение степени сжатия в цилиндре, сохраняется общая степень сжатия, а так как при увеличении камеры сгорания сжигается большее количество рабочей смеси, увеличивается степень повышения давления при сгорании топлива. Таким образом, кроме увеличения мощности растёт и экономичность. В тоже время возникает необходимость в большем времени на очистку, продувку, наполнение цилиндра. Достичь этого можно изменением фаз газораспределения, в сторону более «широких» фаз, за счёт изменения профилей кулачков распределительного вала, или применения систем изменения фаз газораспределения, например, фазовозвращателей. Поэтому установка турбокомпрессора зачастую влечёт более глубокий механический тюнинг двигателя.

Ещё одно направление тюнинга связано с применением на современных двигателях систем впрыска с электронным управлением. Такая система управляется электронным блоком управления (ЭБУ) – двигателем, считывающим параметры с множества датчиков, таких как, например: ДПКВ, ДПРВ (ДФ), ДМРВ и другими. Настройка режимов работы ЭБУ позволяет изменять параметры работы двигателя путем коррекции внутренних управляющих программ. Такая операция называется чип-тюнингом и применяется с целью увеличения мощности, снижения расхода топлива или в связи с изменением режима работы, параметров и компонентов двигателя автомобиля. Например, замена форсунок или установка турбонаддува на более производительные.

Основными критериями для разработчиков программного обеспечения (ПО) для контроллеров систем впрыска сегодня является экономичность, ресурс двигателя и токсичность выхлопа. Экологические нормы заставляют разработчиков переводить ДВС на работу с более обеднёнными смесями и жесткую систему контроля за уровнем вредных выбросов в атмосферу.

Программа работы микропроцессора хранится в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) и представляет собой собственно программу обработки данных и

одну-, двух- и трехмерные таблицы с данными калибровки. Блок управления, получая сигналы от датчиков ДВС, управляет работой исполнительных устройств для обеспечения оптимальной работы силового агрегата. Изменяя данные ПЗУ, мы можем влиять на работу практически любого исполнительного устройства, работа которого управляется электронным блоком управления (ЭБУ).

Для получения других мощностных характеристик можно изменить установку угла опережения зажигания или впрыска, величину времени впрыска, состав рабочей смеси, отключить или изменить режим работы систем, контролирующих токсичность выхлопных газов. Кроме того, можно изменить обороты холостого хода, максимально разрешённые обороты двигателя и другие параметры. В результате прирост мощности может составлять 5-8 % для атмосферных двигателей и 20-25 % для двигателей с турбонаддувом. Параметр экономичности можно улучшить на 5-15 %, а крутящий момент на 20-25 %. Чип-тюнинг также позволяет изменять значения внешней скоростной характеристики двигателя.

В ряде случаев повышение экономичности является одной из ключевых задач тюнинга. Особенно актуальна задача повышения экономичности в сфере эксплуатации коммерческой, грузовой и автотракторной техники. Актуальность повышения экономичности данной техники обусловлена тем, что себестоимость перевозок в значительной степени зависит от факторов расхода топлива и расходов, связанных с эксплуатацией ТС. Так как экономичность ДВС зависит от эффективного КПД, то для повышения его топливной эффективности используются методы тюнинга, повышающие производительность и мощность двигателя, однако так, чтобы прирост мощности получался, больше чем снижение часовой или эксплуатационной экономии топлива, за счёт чего удельный расход топлива уменьшается. Относительно грузовой техники увеличение мощности и крутящего момента, несмотря на определённое увеличение расхода топлива, позволяет значительно повысить грузоподъёмность автопоезда, что благоприятно сказывается на стоимости тоннокилометра. Примером такого повышения производительности можно считать путь модернизации двигателя КамАЗ 740.

Актуальность повышения надёжности узлов и агрегатов ТС вызвана тем, что себестоимость перевозок зависит не только от факторов расхода топлива, но и от эксплуатационных затрат. Ввиду этого повышение надёжности следует также считать задачей тюнинга. Повышение экономических показателей за счёт уменьшения затрат на техническое обслуживание (ТО), текущий ремонт (ТР) и сокращение простоев ТС. Эти показатели важны в условиях крупных автотранспортных предприятий (АТП).

Особенно учитывая, что автопроизводители стараются обеспечивать показатели надёжности, только в гарантийный период. Применение функционального тюнинга, повышающего мощность и экономичность, усложняет конструкцию агрегатов и узлов автомобиля, поэтому необходимо обеспечивать также и их надёжность.

Наряду с тюнингом двигателя часто осуществляется функциональный тюнинг других агрегатов, систем и механизмов. В том числе тюнинг трансмиссии, тормозной системы, системы рулевого управления и подвески. Необходимость таких усовершенствований обуславливается увеличением мощности двигателя.

Таким образом, автомобильный тюнинг, быстро и гибко реагируя на потребности заказчика, генерируя и используя передовые новшества во внешнем виде, эргономике, устройстве силовых агрегатов и трансмиссии ТС, предоставляет конструкторам автомобилестроительных производств дополнительные возможности по модернизации серийно выпускаемых моделей и, по сути, является дополнительным фактором развития автомобильной промышленности.

Литература

1. Денисов, А. С. Обеспечение надёжности автотракторных двигателей / А. С. Денисов, А. Т. Кулаков. – Саратов: Саратов. Гос. Техн. Ун-т, 2007.
2. Функциональный тюнинг автомобилей / А. С. Денисов, А. Н. Виноградов, Л. К. Кушалиев [и др.] – Уральск: Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, 2017.
3. Кулаков, А. Т. Тюнинг смазочных систем автотракторных двигателей / А. Т. Кулаков, А. С. Денисов, А. О. Носов. – Саратов: Саратов. Гос. Техн. Ун-т, 2019. – 200 с.

УДК 681.5

Разработка концепции интерактивной системы взаимодействия производственного персонала («Ассессор»)

Пестова Евгения Дмитриевна, инженер по наладке и ремонту систем автоматизации
«Балаковоатомэнергоремонт» – филиал АО «Атомэнергоремонт», г. Балаково

В работе представлена концепция цифровой интерактивной системы взаимодействия производственного персонала, описание процесса с использованием данной платформы, а также эффект от реализации данного проекта на предприятиях.

Цифровизация в атомной отрасли является одним из перспективных направлений, развитие которого обеспечит приоритет на мировой арене. Вывод на рынок цифровых продуктов – один из трех ключевых компонентов Единой цифровой стратегии, разработанной Госкорпорацией «Росатом» [1].

В отрасли успешно внедряются различные «внутренние» решения на базе информационных технологий, инновационных и прогрессивных идей, что позволяет улучшить качество технологического процесса в целом [2]. Интерактивная система взаимодействия производственного персонала «Ассессор» является цифровым решением, способным улучшить многие этапы жизненного цикла при производстве ремонта и эксплуатации сложнейшего оборудования атомных станций и других производств.

Проект «Интерактивная система взаимодействия производственного персонала «Ассессор» решает задачи, связанные с улучшением обратной связи между руководителем и подчиненным, внедрением интегративной формы алгоритма выполнения производственных функций, повышением безопасности при выполнении работ и улучшением адаптации командировочного и принятого персонала. Актуальность концепции заключается в повышении эффективности работы сотрудников и минимизации количества несчастных случаев на производстве. Эти составляющие являются главными аспектами успешной работы Госкорпорации «Росатом» [3]. Поэтому данная разработка имеет реальный практический характер.

Целью данной работы является проработка концепции интерактивной системы взаимодействия производственного персонала («Ассессор») для повышения работоспособности, обучаемости при выполнении производственных задач, а также анализ ключевых аспектов и преимуществ данного цифрового устройства.

Интерактивная система представляет собой сгенерированную экспертную систему для руководителей и специализированный планшет с разработанным приложением для производителей работ.

Описание этапов производственного процесса с применением цифровой платформы:

1. Непосредственный руководитель вносит сменное задание и все данные (рабочие программы, проектные материалы, схемы, инструкции, целевой инструктаж), для выполнения производственных задач. Сменное задание состоит из позиций технологического оборудования и краткого описания задачи.

Руководитель работ отслеживает, на какой конкретной позиции находится его подчинённый персонал. По завершении переключений выдаёт новые задания (рис. 1).

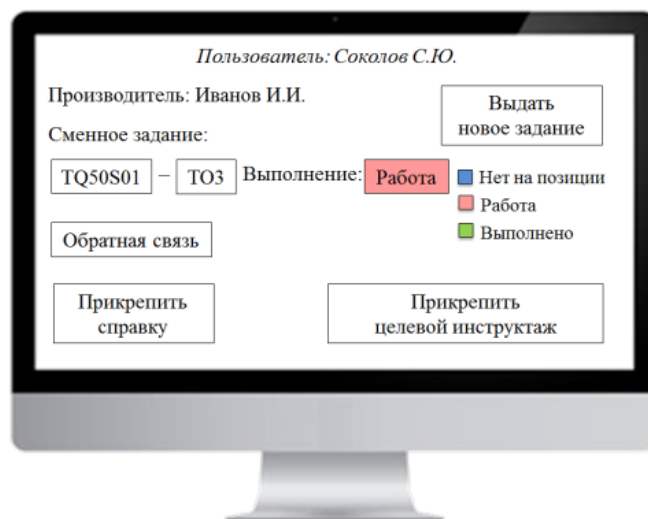


Рис. 1. Графическое представление 1-го этапа производственного процесса с применением «Ассессора»

2. Производителю работ выдается электронное устройство с внедрённым программным продуктом, в котором ежедневно прописаны сменные задания, целевой инструктаж с применением необходимых СИЗ, кнопка «Обратная связь» для быстрой координации руководителя или подчинённого. Маршруты к технологическим позициям осуществляются автоматически при помощи внедренных трекеров (рис. 2).

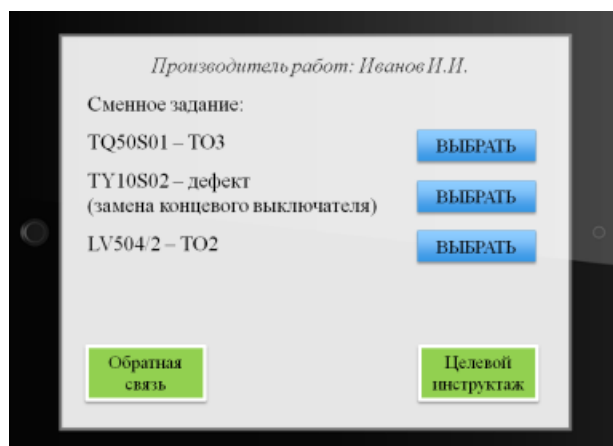


Рис. 2. Графическое представление 2-го этапа производственного процесса с применением «Ассессора»

3. Производитель работ, придя на выполнение оперативных переключений, вызывает данную позицию, в которой будет вся необходимая информация для улучшения и качественного выполнения работ. По окончании переключений отмечает позицию выполненной. У данной экспертной системы имеется кнопка «Начать операцию» для визуализации обратной связи «руководитель – подчиненный» (рис. 3).



Рис. 3. Графическое представление 3-го этапа производственного процесса с применением «Ассессора»

Интерактивная система позволяет реализовывать производственные задачи, оптимизируя рабочее время сотрудников. Маршрут следования к технологическим позициям оборудования позволит минимизировать потери времени на адаптацию персонала из других организаций. Проектные и рабочие материалы становятся электронными, что позволяет избавить рабочие группы от использования бумажной документации при выполнении производственных задач. Отметки о выполнении оперативных переключений позволяют в реальном времени отслеживать процесс, повышая безопасность и качество выполнения работ на оборудовании. В табл. 1 представлен эффект реализации проекта «Ассессор» в рамках предприятия.

Таблица 1

Эффект реализации проекта «Ассессор» в рамках предприятия

№	Эффект реализации
1	Повышение безопасности выполнения оперативных переключений, ремонтных, монтажных, пусконаладочных работ
2	Повышение эффективности и работоспособности производственного персонала
3	Улучшение своевременной обратной связи
4	Улучшение качества выполняемых работ
5	Сокращение сроков протекания процессов
6	Повышение обучаемости вновь принятого персонала
7	Самостоятельная интеграция командировочного персонала
8	Улучшение деловой репутации предприятия за счет внедрения цифровых инновационных технологий

Разработанный конечный продукт заменяет большой комплекс средств, применяемый на производстве в целом. При полном переходе на цифровую платформу безопасность, эффективность и качество выполняемых работ существенно повысится. Также система является тиражируемой и может адаптироваться к любым условиям конкретного производства, что означает возможное внедрение на любых организациях, требующее наличие оперативного персонала.

Реализация данного проекта не осложнена научно-техническим подходом. Необходимо использовать беспроводную локальную сеть, разработанный программный продукт, связанный с данными сервера, а также на производственном объекте установить трекеры.

Для внедрения интерактивной системы взаимодействия производственного персонала необходимо разработать календарный план выполнения работ, который должен в себя включать следующие пункты:

1. Проработка финансовых, правовых особенностей реализации данных мероприятий, а также особенностей, связанных с защитой государственной и коммерческой тайн.

2. Подбор необходимых характеристик для ПО, закупаемых планшетов, маршрутизаторов, трекеров, стойчных серверов с соотношением цен (разработка опросных листов, написание ТЗ на поставку оборудования, ПИР, СМР, ПНР).

3. Проведение конкурсных процедур.

4. Организация работ по приобретению, установке, вводу в эксплуатацию маршрутизаторов, внутренних трекеров, стойчных серверов, планшетов на базе Windows/Linux с разработанным приложением.

5. Тестирование цифровой системы в рамках выполнения его функций.

6. Организация обучения по применению разработанной системы.

7. Полный переход на разработанную цифровую платформу для организации и проведения работ оперативного и ремонтного персонала.

В ходе выполнения работы получены следующие выводы о том, что при внедрении системы происходит:

- сокращение сроков выполнения ремонтных работ (модернизаций), оперативных переключений;

- снижение затрат на командировочный персонал (за счёт уменьшения нахождения в командировке);

- повышение качества работ эксплуатируемого оборудования;

- сокращение несчастных случаев.

Внедрение данной разработки возможно на крупных предприятиях России и за рубежом. Поэтому «Ассессор» является инновационным проектом в области цифровизации.

Литература

1. Цифровые продукты Росатома: сайт – URL: <https://rosatom.ru/production/supercomputer-and-software/> (дата обращения: 30.03.2021). – Текст: электронный.
2. Плюс цифровизация всей страны: сайт – URL: <https://strana-rosatom.ru/2019/12/25/плюс-цифровизация-всей-страны-2/> (дата обращения: 31.03.2021). – Текст: электронный.
3. ИТ атомной отрасли: ключевые вызовы 2020 и перспективы 2021: сайт – URL: https://filearchive.cnews.ru/img/files/2020/11/25/5._abakumovnovaya2.pdf (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.039

Прогноз дозовых нагрузок на население и окружающую среду при нормальной эксплуатации четырех энергоблоков Ростовской атомной станции

Предкова Анастасия Николаевна, магистрант;

Бубликова Ирина Альбертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Атомная энергетика»

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

Широкое использование ядерных технологий неминуемо влечёт за собой расширение круга лиц, подверженных неблагоприятному влиянию радиационных факторов. У большого количества людей выработалось понимание связи здоровья человека с окружающей средой: факторами и условиями жизни. Радиационный фактор является барьером в общественном сознании для атомной энергетики при выборе вида энергоисточника. Это способствует повышенному вниманию специалистов в области радиационной безопасности. В первую очередь это касается производства электроэнергии на АЭС, сопровождающегося постоянным поступлением во внешнюю среду радионуклидов с газоаэрозольными выбросами.

На территории размещения Ростовской атомной станции в радиусе 30 км проживает около 200 тыс. чел. Среди них есть и те, кто обеспокоены её влиянием на окружающую среду, так как энергоблоки вводились в эксплуатацию в разное время.

Цель этой работы рассчитать суммарную эффективную годовую дозу облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов на уровне ДВ при эксплуатации 4-х блоков Ростовской АЭС и накопления за 50 лет работы блоков.

В составе газоаэрозольного выброса АЭС содержатся радионуклиды – источники γ -квантов и заряженных частиц. При перемещении «факела» газоаэрозольного выброса в направлении ветра ионизирующее излучение, образующееся при радиоактивном распаде радионуклидов, формирует дозовую нагрузку на человека (внешнее облучение). Содержащие радионуклиды аэрозольные частицы выпадают на подстилающую поверхность (например, землю) и образуют плоский источник ионизирующего излучения, также вносящий свой вклад в облучаемость человека (населения).

При вдохе радионуклиды ингаляционным путем попадают в организм и, накапливаясь преимущественно в его отдельных критических органах, создают дозовую нагрузку внутреннего облучения. Наконец, выпавшие на подстилающую поверхность радионуклиды включаются в биологические циклы развития растений и животных. При этом возможно поступление радионуклидов в организм человека по пищевым цепочкам. В общем виде пути формирования дозовых нагрузок на население за счет радионуклидов газоаэрозольных выбросов АЭС показаны на рис. 1.

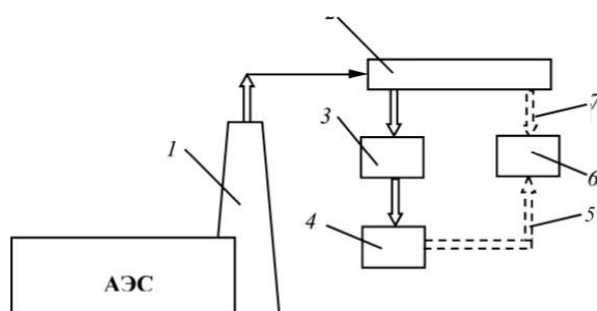


Рис. 1. Схема формирования дозовых нагрузок на население от газоаэрозольных выбросов в регионе АЭС:

- 1 – вентиляционная труба АЭС; 2 – «факел» газоаэрозольного выброса (объемный излучающий источник); 3 – выпадения газоаэрозольных частиц на подстилающую поверхность (плоский источник ионизирующих излучений); 4 – накопление радионуклидов в продуктах питания (облучаемость по пищевым цепочкам); 5 – пероральный путь поступления радионуклидов в организм человека; 6 – население; 7 – ингаляционный путь поступления радионуклидов в организм человека*

Представленный прогноз радиационной обстановки в районе размещения Ростовской атомной станции проводился с помощью и на основе методических принципов документа МХО «Интератомэнерго» [1], реализованных в компьютерной программе «ДОЗА» [2].

Суммарная активность газоаэрозольных выбросов через вентиляционные трубы спецкорпуса, энергоблоков № 1, 2, 3 и 4 Ростовской АЭС, а также брызгальных бассейнов энергоблока № 1 за 2019 год представлена в табл. 1 [3].

Таблица 1

Суммарная активность газоаэрозольных выбросов через вентиляционные трубы

Нормируемые радионуклиды	Суммарный выброс за год, Бк	ПДВ за год, Бк	Процент от ПДВ за год
^{133}Xe	$1,43 \cdot 10^{11}$	$2,32 \cdot 10^{14}$	$6,16 \cdot 10^{-2}$
^{135}Xe	$6,00 \cdot 10^9$	$1,45 \cdot 10^{15}$	$4,14 \cdot 10^{-4}$
^{131}I	$5,73 \cdot 10^{10}$	$4,03 \cdot 10^{13}$	$1,42 \cdot 10^{-1}$
^{60}Co	$8,26 \cdot 10^5$	$5,07 \cdot 10^9$	$1,63 \cdot 10^{-2}$
^{134}Cs	$6,71 \cdot 10^5$	$1,25 \cdot 10^8$	$5,37 \cdot 10^{-1}$
^{137}Cs	$6,71 \cdot 10^5$	$7,36 \cdot 10^8$	$9,35 \cdot 10^{-2}$

На основе данных о газоаэрозольных выбросах радионуклидов в атмосферу в 2019 г., представленных в отчете «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств» федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ) [4], была получена тенденция изменения показателей газоаэрозольных выбросов в окружающую среду на Ростовской АЭС (табл. 2).

Таблица 2

Тенденция изменения показателей газоаэрозольных выбросов в окружающую среду на Ростовской атомной станции

Регламентируемые радионуклиды	Процент от ДВ за 2016 год	Процент от ДВ за 2017 год	Процент от ДВ за 2018 год	Процент от ДВ за 2019 год	Процент от ДВ за 2020 год
^{131}I (газовая + аэрозольная формы)	0,636	0,58	0,187	0,45	0,0818
^{60}Co	0,465	0,58	2,70	0,71	2,69
^{134}Cs	0,34	0,529	2,78	2,88	0,466
^{137}Cs	0,0955	3,69	0,695	2,50	0,293

Результаты расчета дозового воздействия газоаэрозольных выбросов станции (четыре блока) для конкретных условий района размещения Ростовской атомной станции приведены ниже в табличной форме. При этом результаты расчетов дозовых нагрузок на население отдельно для каждого из факторов радиационного воздействия не приводятся, а приведены суммарные результаты для жителей 30-километровой зоны

вокруг атомной станции. В целом можно сказать, что расчетные величины дозового воздействия от облака выброса и ингаляции «следуют» за расчетными величинами приземных концентраций, а величины дозового воздействия от загрязненной поверхности и пероральных поступлений – за величинами поверхностных загрязнений почвы.

При оценке доз не учитывается разница в условиях проживания сельского и городского населения (время пребывания на открытой местности, защитные характеристики зданий и сооружений, рацион питания и пр.) в силу исключительно низких значений, получаемых в результате расчета величин.

В табл. 3 приведены величины годовых эффективных доз. Расчетная оценка суммарной дозовой нагрузки на население от всех факторов радиационного воздействия газоаэрозольных выбросов 4-х энергоблоков Ростовской атомной станции, соответствующая выбросам радионуклидов в атмосферу на уровне величин ДВ, регламентированных в СПАС-03 [5] (как более консервативная оценка), составляет для критической группы населения – 3,7 мкЗв в год (на дистанции 2 км от источника выброса), т. е. около 0,4 % естественного радиационного фона, характерного для этого района Европейской части РФ.

Годовая эффективная доза облучения населения от газоаэрозольных выбросов Ростовской АЭС (на уровне ДВ) ни на каком расстоянии от точки выброса не превышает не только величины дозовой квоты АЭС (100 – 250 мЗв/год), но и величины минимальной значимой дозы МЗД = 10 мкЗв/год, установленной в НРБ-99/2009 [6].

Анализ на выявление «критических факторов воздействия», «критических органов», «критических радионуклидов» и «критических продуктов потребления», дающих основные вклады в расчетную величину эффективной дозы, не проводился. Такое «пренебрежение» вызвано не только крайней малостью полученных при расчете величин эффективных доз, но и тем, что для АЭС ВВЭР все критические факторы уже установлены. «Критические радионуклиды» нормируются величинами ДВ. «Критическим органом» при внутреннем облучении (ингаляционном и пероральном) является щитовидная железа, «критическим каналом воздействия» – внешнее от облака выброса, а критическим продуктом при стандартном рационе потребления – молоко местного производства при наличии пастбищного животноводства.

Что касается результатов расчетов, накопленных в течение времени эксплуатации АЭС доз, следует отметить, что поскольку блоки вводятся в эксплуатацию не одновременно, период их совместной работы пятидесятилетним быть не может, так же, как не может в течение такого времени сохраняться контингент

облучаемых лиц. Поэтому результаты вычислений в нижней части (как умноженные на пятьдесят величины годового дозового воздействия) являются в какой-то мере искусственными, приводящимися для иллюстрации исключительной малости комитментных доз, даже при такой суперконсервативной оценке [7].

Таблица 3

Суммарная эффективная годовая доза облучения населения за счет газоаerosольных выбросов на уровне ДВ при эксплуатации 4-х блоков Ростовской АЭС (мкЗв/г) и накопленная за 50 лет работы блоков (мкЗв)

Удаление от АЭС, км	Направление по компасу							
	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ
	за один год							
0,5	0,40	0,65	1,0	0,85	0,50	0,45	0,75	0,40
1	1,3	2,1	3,2	2,7	1,6	1,4	2,4	1,3
2	1,5	2,4	3,7	3,1	1,8	1,7	2,7	1,5
3	1,1	1,8	2,8	2,4	1,4	1,3	2,1	1,1
4	0,85	1,4	2,1	1,8	1,1	0,96	1,6	0,85
5	0,67	1,1	1,7	1,4	0,83	0,75	1,3	0,67
6	0,54	0,88	1,4	1,2	0,68	0,61	1,0	0,54
7	0,45	0,73	1,1	0,96	0,57	0,51	0,85	0,45
8	0,39	0,63	0,97	0,82	0,48	0,43	0,72	0,39
9	0,34	0,55	0,84	0,71	0,42	0,38	0,63	0,34
10	0,30	0,48	0,74	0,63	0,37	0,33	0,56	0,30
15	0,18	0,30	0,45	0,39	0,23	0,20	0,34	0,18
20	0,13	0,21	0,32	0,27	0,16	0,14	0,24	0,13
	за пятьдесят лет							
0,5	20	32,5	50	42,5	25	22,5	37,5	20
1	65	105	160	135	80	70	120	65
2	75	120	185	155	90	85	135	75
3	55	90	140	120	70	65	105	55
4	42,5	70	105	90	55	48	80	42,5
5	33,5	55	85	70	41,5	37,5	65	33,5
6	27	44	70	60	34	30,5	50	27
7	22,5	36,5	55	48	28,5	25,5	42,5	22,5
8	19,5	31,5	48,5	41	24	21,5	36	19,5
9	17	27,5	42	35,5	21	19	31,5	17
10	15	24	37	31,5	18,5	16,5	28	15
15	9	15	22,5	19,5	11,5	10	17	9
20	6,5	10,5	16	13,5	8	7	12	6,5

Полученный прогноз воздействия на население радиационного фактора, позволяет рассмотреть возможность об ограничении размеров СЗЗ в пределах границ промплощадки Ростовской атомной станции.

Определены показатели, позволяющие оперативно прогнозировать радиационную нагрузку на человека из-за газоаerosольных выбросов по различным путям миграции «станционных» радионуклидов во внешней среде и различным путям их поступления к человеку. Эти показатели позволяют оценивать «ценность» для

человека поступления радионуклидов через определенную пищевую или ингаляционную цепочку в единицах эффективной дозы.

Приведенные расчетные аргументы убедительно показывают достаточную радиационную безопасность для населения эксплуатации энергоблоков Ростовской атомной станции при выбросах радиоактивных веществ в атмосферу даже на уровне предельных допустимых выбросов.

Литература

1. МХО Интератомэнерго / Методы расчета распространения радиоактивных веществ с АЭС и облучения окружающего населения. Нормативно-технический документ П 38.220.56-84 // МХО Интератомэнерго. – М: Энергоатомиздат, 1984.

2. Программное средство ДОЗА (разработчик РНЦ КИ). Регистрационный номер ПС в ЦЭП НТЦ Госатомнадзора России 3 451 от 03.06.1999, регистрационный номер паспорта аттестации ПС №117 от 02.03.2000.

3. Отчет по экологической безопасности Ростовской атомной станции за 2019 год / Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС). – Волгодонск, 2020 – С. 17-33.

4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2019 году. Раздел 3 / В. В. Макеев, Г. Н. Банников, О. И. Горская // ФГБУ «НПО «Тайфун», Росгидромет. – Обнинск, 2020. – С. 237-243.

5. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). – Министерство юстиции РФ, 2003.

6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Министерство юстиции РФ, 2009.

7. Материалы обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии «Эксплуатация энергоблока № 3 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104 % от номинальной с вентиляторными градирнями». Часть 3 / Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» (Ростовская АЭС). – Волгодонск, 2019. – С. 296-311.

**Анализ системы высокотемпературного охлаждения
двигателей внутреннего сгорания**

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

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

В работе представлен вариант модернизированной системы высокотемпературного охлаждения энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания и алгоритм ее работы. Даны рекомендации по реализации этой системы охлаждения. Расчет обоснована необходимость создания воздушной подушки в контуре системы охлаждения при температуре воды более 373 К (100 °С).

Анализ литературных данных [1, 2] показывает, что применение режима работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с температурой охлаждающей жидкости на выходе из него более 373 К (100 °С) является весьма актуальным вопросом. Это диктуется еще и необходимостью повышения единичной мощности энергетической установки с ДВС. При этом растет и величина теплоотвода от ДВС и тем самым влечет за собой рост габаритов, веса и стоимости радиатора для охлаждения жидкостей.

При использовании режима высокотемпературного охлаждения (ВТО) можно назвать одно из основных преимуществ – это снижение массы и габаритов радиаторных установок для охлаждения жидкостей первого и второго контуров ДВС. Это дает возможность либо повысить единичную мощность ДВС без увеличения габаритов и веса радиаторов, либо снизить вес и габариты радиаторных установок при той же единичной мощности, что очень актуально при использовании ДВС в качестве энергетической установки на транспортных средствах или в ограниченном объеме эксплуатации. Так, теплоотвод от радиатора можно рассчитать по формуле:

$$Q = k * F_{rad} * \Delta t, \quad (1)$$

где Q – теплоотвод от радиатора; k – коэффициент теплопередачи для данного типа радиатора; Δt – температурный напор между охлаждающей жидкостью и окружающим воздухом.

Тогда можно определить площадь радиатора при той же величине теплоотвода, но при разных значениях температурного напора между охлаждающей жидкостью и окружающим воздухом.

1. При нормальной или штатной системе охлаждения жидкостей, когда температура жидкости на выходе из ДВС составляет 368 К (95 °С) и температура окружающего воздуха 313 К (+40 °С). Тогда $\Delta t_1 = 55$ °С.

2. При высокотемпературном охлаждении, когда температура жидкости на выходе из ДВС составляет 383 К (110 °С) и температура окружающего воздуха 313 К (+40 °С). Тогда $\Delta t_2 = 70$ °С.

Найдем соотношение площадей радиатора при разных величинах температурных напоров, а именно:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}, \quad (2)$$

где индексы 1 и 2 соответствуют величинам температурных напоров, описанным выше. Тогда отношение будет равно:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{70}{55} = 1,27 \quad (3)$$

Отсюда следует, что при увеличении температуры охлаждающей жидкости на выходе из ДВС с предельно допустимой по действующим техническим условиям 368 К (95 °С) до высокотемпературного охлаждения 383 К (110 °С), то есть на 15 °С, площадь радиатора снижается на 27 %. И как видно из расчета эта величина достаточно серьезная и составляет чуть более четверти от существующей площади радиатора. А это значит и вес, и габариты будут снижаться примерно на эту же величину.

Как известно из литературы, за рубежом имеются энергетические установки, в частности, дизель – генераторы с температурой охлаждающей жидкости на выходе из самого двигателя 395 К (122 °С). Кроме этого, на отечественном двигателе 6 ЧН 21/21, в период стендового и не запланированного эксперимента была осуществлена работа с температурой охлаждающей жидкости на выходе из самого двигателя 395 К (122 °С) в течении 45 минут. Конечно, этого времени мало, но сам факт этого говорит о работоспособности двигателя на этом режиме. Более длительные испытания, безусловно, проверят эти выводы.

Режим ВТО способствует не только снижению веса и габаритов радиатора: еще позволяет снизить эксплуатационный расход топлива энергетической установки [3, 4]. Все это говорит о необходимости обеспечить этот режим. Дело в том, что при температуре воды в качестве теплоносителя более 373 К (100 °С) необходимо обеспечить ее давление, чтобы она не кипела.

Давление насыщения при температуре воды 383 К (110 °С) составляет 0,142 МПа (1,42 ата.). То есть при этом давлении вода вскипает. В этом режиме работы

система охлаждения работать не будет. Это связано с тем, что в переходном режиме вода циркулировать по системе трубопроводов с помощью центробежного насоса не будет, так как его работа в режиме барботажа не является эффективной и можно только ожидать срыва потока. Поэтому требуется запас по температуре, чтобы не было режима вскипания. Предполагается, что этот запас имеет величину 15 °С. В качестве информации запас давления по температуре воды в первом контуре атомной электрической атомной станции составляет 26 °С. При этом величина запаса давления составляет 4,5 МПа (45 атм). Тогда давление воды при температуре 110+15=125 °С должно составлять уже 0,232 МПа (2,32 ата). И это давление должно быть обеспечено в системе охлаждения ДВС при температуре воды более 383 К (110 °С). А его повышение должно быть обеспечено постепенно, и оно начинает увеличиваться уже с температуры более 373 К (100 °С) на выходе из двигателя.

Для этого проверим теорию по обеспечению необходимого давления в системе охлаждения энергоустановки с ДВС [5]. Далее построим алгоритм получения этого необходимого давления следующим образом. Затем проанализируем этот алгоритм с условиями работы системы охлаждения ДВС. Алгоритм следующий: перед тем как заполнить расширительный бак (РБ) водой, в него подается сжатый воздух (величину давления рассчитаем ниже в этой работе). Далее по мере прогрева воды в системе охлаждения идет прогрев воздуха в объеме РБ и одновременно будет увеличиваться давление воздуха, т. к. за счет увеличения объема воды от нагрева будет уменьшаться свободный объем воздуха в верхней части РБ. Тогда можно этот момент записать формулой:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}, \quad (4)$$

где индекс 0 – относится к начальным параметрам воды до начала нагрева, 1 – относится к конечным параметрам воды после прогрева до номинального значения, P, V, T – соответственно давление, объем, температура воды при соответствующих режимах.

Тогда давление воды в системе охлаждения при номинальном режиме ВТО составит:

$$P_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{V_1 T_0} \quad (5)$$

$$P_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{V_1 T_0} = P_0 * \frac{383}{293} * \frac{80}{75} = 1,39 P_0 \quad (6)$$

Если $P_1 = 1,39 P_0$, то есть давление в системе охлаждения и в РБ при номинальном значении температуры. А тогда для обеспечения необходимой и заданной температуры равной 383 К (110 °С) давление должно быть 2,32 ата. иначе будет срыв потока воды в системе охлаждения.

Для стабильной работы системы охлаждения необходимо иметь первоначальное давление $P_0 = 2,32/1,39 = 1,67$ ата.

На основании проведенных расчетов и анализа алгоритма работы предлагаемой системы охлаждения предлагаются конструкторско-технологические мероприятия для ее реализации: расширительный бак должен быть баком, работающим под давлением и термоизолированным; пароотводная трубка также должна быть с термоизоляцией; должен быть источник сжатого воздуха в виде компрессора или емкости со сжатым воздухом, обеспечивающий необходимое давление воздуха; алгоритм работы всей системы охлаждения должен быть разработан и реализован с учетом обеспечения необходимого давления воды, гарантируемого ее невоскипанием при режимах ВТО более 383 К (110 °С); при необходимости работы энергоустановки в режиме ВТО на малых и частичных режимах работы энергоустановки должны быть обеспечены требования по невоскипанию воды в системе охлаждения; не рекомендуется постоянно поддерживать повышенное давление в системе охлаждения без необходимости, то есть когда отсутствует повышенная температура воды более 383 К (110 °С), так как это повышенное давление отрицательно сказывается на все уплотняющие конструкции и снижает ее надежность; рекомендуется в алгоритм работы системы охлаждения внести опцию по обеспечению необходимым давлением при температуре более 373 К (100 °С), используя при этом компрессор либо емкость со сжатым воздухом, оборудованной соответствующей арматурой для регулировки процесса подачи сжатого воздуха; рекомендуется проанализировать целесообразность установки терморегулятора в систему охлаждения для поддержания повышенного температурного режима (особенно при температуре более 373 К (100 °С)) на малых и средних нагрузках работы энергоустановки с ДВС; основой для модернизации системы охлаждения является штатная система с предлагаемым дополнительным оборудованием и алгоритмом ее работы.

На основании выше представленных материалов предлагается к реализации модернизированная система ВТО для вновь создаваемых и уже работающих энергоустановок с ДВС.

Литература

1. Разуваев, А. В. / Повышение эффективности системы высокотемпературного охлаждения двигателей / А. В. Разуваев // Двигателестроение. – 1999. – № 2. – С. 9.-11.
2. Разуваев, А. В. / Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением / А. В. Разуваев. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. – 128 с.
3. Разуваев, А. В. Экспериментальное исследование системы охлаждения дизеля 6ЧН 21/21 / А. В. Разуваев, Е. А. Соколова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – № 1 (69). – С. 222-229.
4. Разуваев, А. В. Определение емкости теплового аккумулятора модернизированной системы охлаждения поршневой машины / А. В. Разуваев, Е. А. Соколова // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – № 4. – С. 16-19.
5. Разуваев, А. В. / Анализ гидравлической схемы энергоустановок с двигателями внутреннего сгорания / А. В. Разуваев // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 3(36). – С. 73-77.

УДК 624.953.046

О разновидностях энергии, применяемой в различных странах

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

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

Рассмотрены различные виды энергии. Приведены основные характеристики источников энергии, их основные свойства и области применения. Дан анализ и указаны преимущества и недостатки каждого вида энергии.

У всех государств энергетика функционирует в рамках своей энергетической системы, которая имеет множество звеньев получения и использования различных видов энергии. Энергия нужна всем, так как потребности в ней увеличиваются не только с каждым годом, но и с каждым днем.

Выработка электрической энергии станциями России, включая ее производство на промышленных предприятиях, в 2019 году составила 1080,6 млрд кВт·ч. В последнее время в нашей стране происходит заметное увеличение производства ветроэнергетики (на 47,3 %) и солнечной энергетики (на 69,4 %) [1]. Все энергоисточники можно разделить на два класса: возобновляемые и невозобновляемые виды энергии (рис. 1).

Источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии называют нетрадиционными источниками энергии, но чаще – возобновляемыми источниками [2]. Этот вид энергии присутствует в окружающей нас среде, что является ее особенностью, отличительным свойством от традиционных видов энергии.

Остановимся более подробно на некоторых источниках энергии 1 класса – возобновляемые виды энергии.

1. Энергия солнечного света

Этот вид энергии основывается на замечательном свойстве – преобразовании электромагнитного солнечного излучения в тепловую или электрическую энергию, то есть используется энергия Солнца. Существуют солнечные электростанции, работающие на явлении внутреннего фотоэффекта или с использованием кинетической энергии пара.

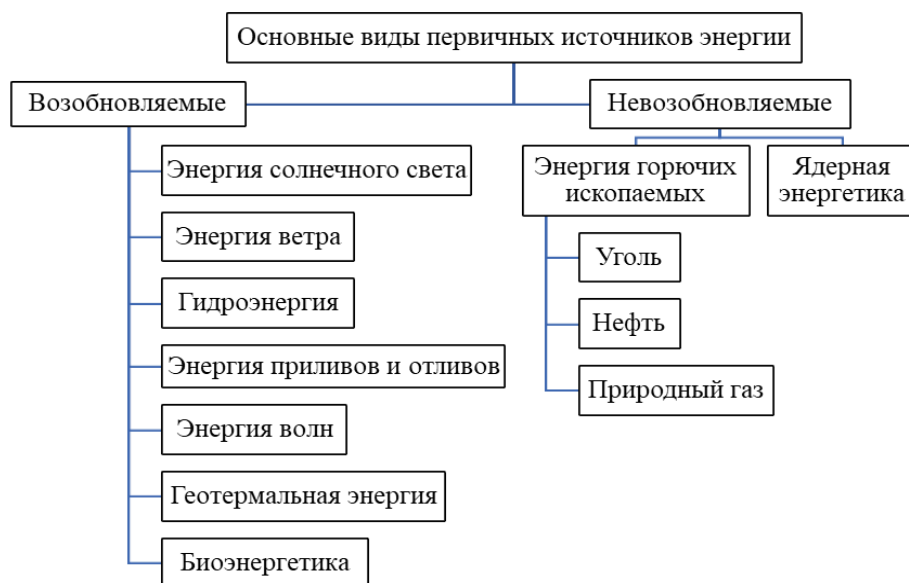
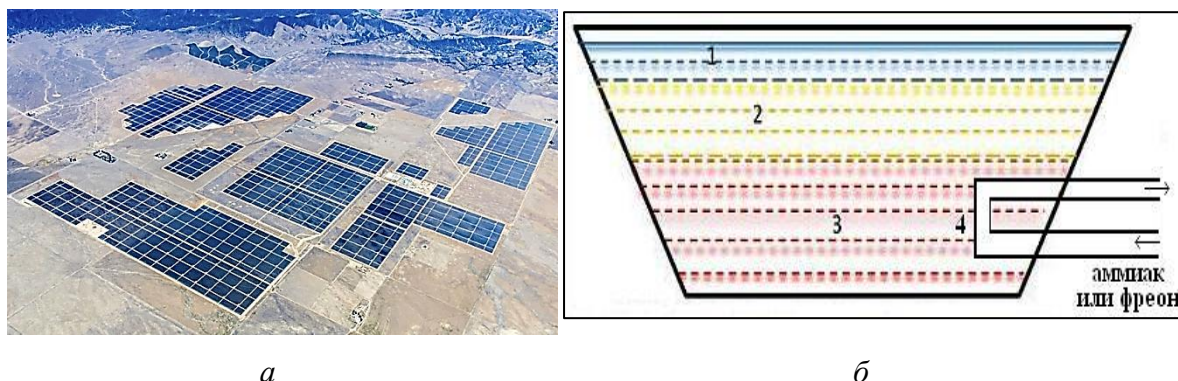


Рис. 1. Схема основных видов первичных источников энергии

Одна из крупнейших фотоэлектрических СЭС находится в США, в штате Калифорния. Она имеет мощность 550 МВт (рис. 2а). Для получения электричества используется 9 млн солнечных панелей.

Солнечные электростанции косвенного действия разделяют: модульные и башенные станции и солнечные пруды. Пруды представляют собой небольшой бассейн, имеющий многослойную структуру и глубину в несколько метров (рис. 2б). На рис. 2б обозначено: 1 – слой пресной воды; 2 – градиентный слой; 3 – слой крутого рассола; 4 – теплообменник.



*Рис. 2. Солнечные электростанции:
а – фотоэлектрическая СЭС; б – схема солнечного пруда*

Для поглощения тепла дно и стенки покрываются чёрным материалом. Нагрев происходит в нижнем слое, потому что рассол имеет высокую плотность, увеличивающуюся при нагреве из-за лучшей растворимости соли в горячей воде. Так как перемешивания слоёв не происходит, то рассол может нагреваться до 100 °С, а иногда и более. В рассол подводится трубчатый теплообменник. Он необходим для циркуляции легкокипящей жидкости. В качестве жидкости применяют аммиак, который при нагреве испаряется, передавая кинетическую энергию паровой турбине [2].

Достоинства:

- отсутствие шума;
- низкие эксплуатационные расходы;
- экологическая чистота;
- обширная область применения.

Недостатки:

- высокая стоимость;
- непостоянство солнечного света;
- малая плотность мощности.

Применение.

Солнечная энергия очень активно используется в следующих сферах деятельности:

- сельских хозяйствах – для обеспечения теплом и светом животноводческих ферм;
- для снабжения электричеством структур спортивного, медицинского, общеобразовательного назначения;
- в авиастроении и космонавтике;
- в жилищно-коммунальном хозяйстве, для освещения городских улиц, парковых зон и зон отдыха людей;
- для обеспечения электричеством и теплом сельских пунктов и городов.

По данным Европейской ассоциации солнечной энергетики Solar Power Europe, доля энергии солнца в выработке мировой электроэнергии составляет около 2,6 %. В 2020 году по существующим мощностям солнечных электрических станций занимают ведущее место США, Китай, Индия [3].

2. Энергия ветра

Эта энергия получается на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в тепловую или электрическую энергии. Для получения механической энергии используют ветряные мельницы и другие виды агрегатов [4]. На рис. 3 представлены схема работы ветряной станции и Сулинская ветряная электростанция, построенная в Ростовской области.

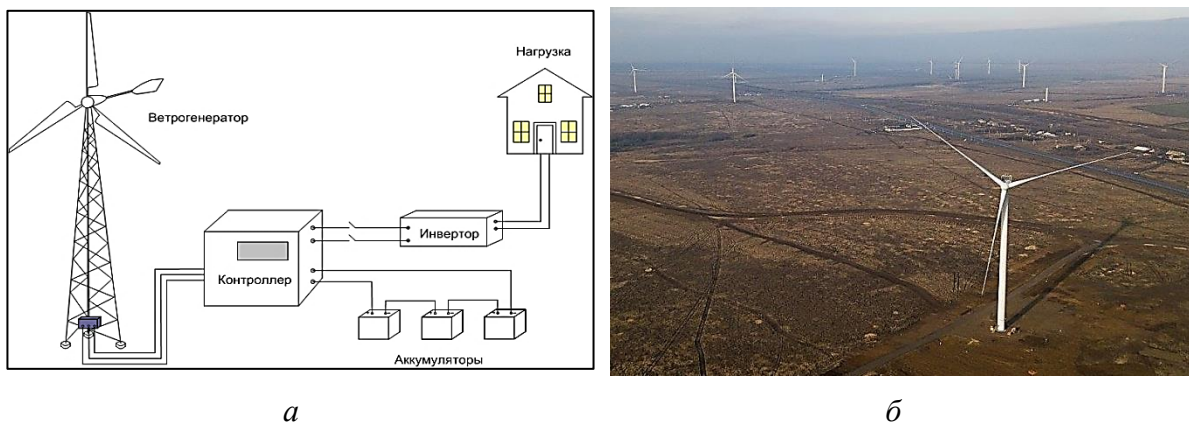


Рис. 3. Ветряная электростанция:

а – схема работы станции; б – Красносулинский район, Ростовская область

Следует отметить важное достоинство – ветряные генераторы практически не потребляют ископаемого топлива. Это позволяет сэкономить уголь, нефть. Так, использование ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет его работы позволяет сэкономить около 30 тыс. т угля [5]. Преимущественно ветрогенераторы устанавливают на фундаменты из свай, глубина заложения которых достигает 30 м.

Наиболее перспективными местами для производства энергии из ветра являются прибрежные зоны морей, рек. В море, на расстоянии 10-12 км от берега, строятся ветряные электростанции (рис. 4) [5].



Рис. 4. Ветропарк в Великобритании

Достоинства:

- общедоступность;
- безопасность для природы и человека;
- успешная конкурентоспособность;
- лёгкость в работе и управлении;
- обеспечение людей большим количеством рабочих мест;
- перспективность;
- экономическая выгода.

Недостатки:

- высокий стартовый капитал;
- выбор территории;
- отсутствие точных прогнозов.

Применение.

Использование ветровых установок возможно на значительной территории России и в текущее время идет интенсивное внедрение ветряной энергетики во многих регионах страны. Наиболее целесообразно строительство ветряных станций в прибрежных территориях северных, Черного, Каспийского и Азовского морей, полуострова Камчатка, а также на острове Сахалин. Вполне эффективно строительство на территории от Волги и Дона, в регионах Карелии, Алтая и Тувы.

Наиболее крупные ветряные электростанции находятся в Крымском полуострове: Останинская ВЭС, мощность установленных генераторов – 26 МВт,

Донузлавская ВЭС с мощностью генераторов 18,7 МВт и Тарханкутская ВЭС, мощность генераторов составляет 15,9 МВт [7].

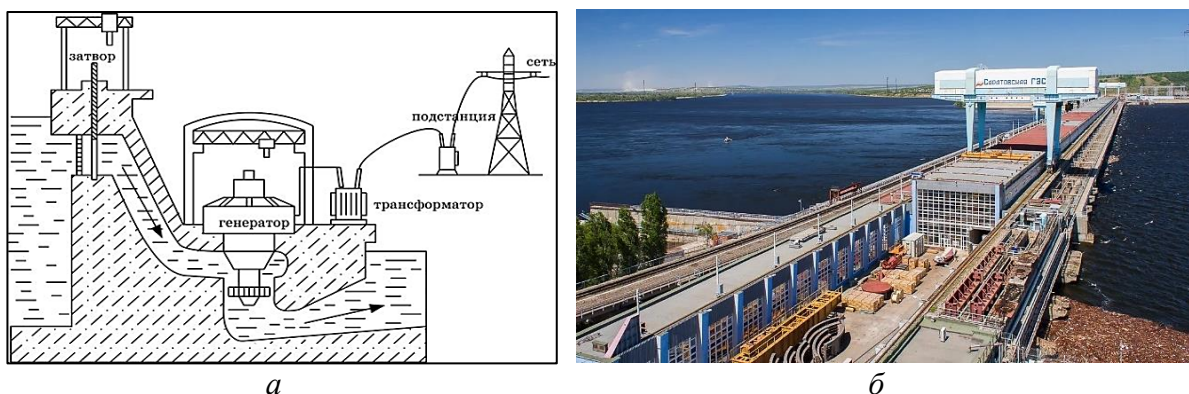
Широкое применение ветровых установок нашло в Великобритании, Германии, Китае и США [7]. Для развития ветряной отрасли во многих странах существуют специальные стимулирующие мероприятия:

- применение для развития промышленности морских ветропарков;
- поощрение производителей в установке ветровых генераторов.

Таким образом, ветроэнергетика (ВЭС) – перспективное направление в создании дешевой электрической энергии во многих странах.

3. Гидроэнергия

Здесь в качестве источника электроэнергии используется потенциальная энергия водного потока. На рис. 5а представлена схема работы гидроэлектростанции. ГЭС обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища. Как известно, себестоимость электроэнергии на ГЭС ниже, чем на других видах электростанций. В текущее время гидроэлектростанции обеспечивают до 17 % всей мировой электроэнергии, при этом установленная ее мощность достигает 1015 ГВт. Наибольшее количество этого вида энергии производят Китай, Канада и Бразилия [7]. Значительное количество гидроэлектростанций расположено в Китае. Здесь размещено до половины малых гидроэлектростанций мира.



*Рис. 5. Гидроэлектростанция:
а – схема работы ГЭС; б – Саратовская ГЭС*

Достоинства:

- низкие затраты на электроэнергию;
- долгий срок эксплуатации;
- пригодность для промышленного применения;
- использование водохранилища в иных целях.

Недостатки:

- повреждение экосистемы и потеря земель;

- выбросы метана (из водохранилищ);
- сооружение ГЭС неэффективно в равнинных районах.

Применение.

Ведущие позиции по выработке гидроэнергии занимают Норвегия, Исландия и Канада. Наиболее активно ведется строительство ГЭС на реках в Китае.

В России самая разветвленная водная сеть в мире. Наиболее крупные запасы гидроэнергии находятся в Поволжье. Вдоль реки Волга построено несколько мощных гидроузлов. В настоящее время в нашей стране функционирует 15 крупных гидроэлектростанций мощностью свыше 1000 МВт и более сотни небольшой мощности. В целом в стране объем производства гидроэнергии составляет 216 млрд кВт·ч [8].

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Отличительным признаком возобновляемой энергии является то, что она присутствует в окружающей среде в виде энергии, не являющейся следствием целенаправленной деятельности человека.

Положительные стороны:

1. Минимальное или полное отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.
2. Неисчерпаемость ресурсов.
3. Доступность ресурсов (возможность обеспечения независимости от импорта энергоресурсов как стран, так и отдельных регионов и областей).
4. Низкая себестоимость полученной энергии.
5. Возможность использования территорий, непригодных для других целей;

Отрицательные стороны:

1. Большие расходы на строительство и обслуживание.
2. Низкая плотность энергии (что ведет к увеличению размеров установок или использованию концентраторов и т. д.).
3. Непостоянный, вероятностный характер поступления энергии (солнце, ветер, в меньшей степени ГЭС) – необходимость аккумуляирования и резервирования.
4. Территориальная привязанность к источнику энергии.

Литература

1. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

2. Лукутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии / Б. В. Лукутин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 187 с.
3. Альтернативные источники энергии: [сайт]. – URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015014077> (дата обращения: 20.02.2021). – Текст: электронный.
4. Солнечная энергетика в России и в мире: [сайт]. – URL: <https://rb.ru/longread/solnechnaya-energetika/> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.
5. Энергия ветра: [сайт]. – URL: <https://www.turboreferat.ru/ecology/jenergiya-vetra/250822-1348741-page1.html> (дата обращения: 20.02.2021). – Текст: электронный.
6. Ветроэнергетика: [сайт]. – URL: <https://alter220.ru/veter/vetroenergetika.html> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.
7. Рекорды гидроэнергетики: [сайт]. – URL: <https://mysl.su/2019/10/rekordy-gidroenergetiki/> (дата обращения: 20.03.2021). – Текст: электронный.
8. Водные ресурсы: [сайт]. – URL: <https://bezotxodov.ru/gidrosfera/gidrojenergija#i5> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.

УДК 624.953.046

О возможности использования различных видов энергии

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

Рассмотрены возможности использования различные видов энергии. Для станций, производящих энергию, приведены основные характерные свойства и области применения.

В нетрадиционной энергетике первичной энергией служат особые источники, основанные на энергии приливов и отливов, энергии волн, геотермальной энергии, биоэнергетике. Кроме того, интенсивно развивается и может найти широкое применение в будущем термоядерная энергетика. Основное достоинство нетрадиционной энергетике заключается в экологической чистоте и небольших затратах на строительство [1].

Рассмотрим некоторые виды энергии, нашедшие применение в России и за рубежом.

Энергия приливов и отливов. Электростанциями этого типа являются гидроэлектростанции, которые используют энергию приливов, то есть используется кинетическая энергия вращения Земли. Схема приливной электростанции представлена на рис. 1а. Приливные электростанции (ПЭС) строят на берегах морей, где гравитационные силы Солнца и Луны дважды в сутки изменяют уровень воды. Чтобы получить энергию, залив или устье реки перекрывают плотиной. Здесь устанавливают гидроагрегаты, которые работают как генераторы и как насосы.

Такие станции называются гидроаккумулирующими. ПЭС могут работать только в единой энергосистеме с другими типами электростанций [3].

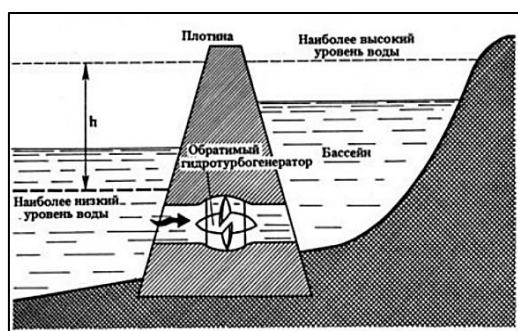
Крупнейшей в Европе приливной электростанцией является французская станция «Ля Ранс» (рис. 1б).

Достоинства:

- экологичность;
- дополнительная защита берегов от шторма;
- низкая себестоимость производства энергии;
- довольно длительный срок службы.

Недостатки:

- высокая стоимость строительства;
- изменяющаяся в течение суток мощность.



а

б

*Рис. 1. Приливная электростанция:
а – схема работы станции; б – ПЭС «Ля Ранс», Франция*

Применение:

Использование энергии приливов было реализовано во Франции (240 МВт в устье реки Ранс), Канаде (20 МВт в Аннаполисе в Заливе Фанди) и в других регионах стран мира, в которых есть большой прилив.

В России получение энергии приливов осуществлено в Килогубской ПЭС, расположенной на побережье Баренцевого моря. Станция функционирует с 1968 года и ее среднегодовая мощность станции составляет 1,7 МВт.

Используя энергию приливов, можно обеспечить высокий объем электрической энергии. В частности, по некоторым данным [2] к 2030 году на ПЭС планируется увеличить производство энергии до 35 млрд МВт.

Энергия волн. Этот тип станции использует потенциальную энергию волн, переносимую на поверхности океана. Энергия волн имеет большую удельную мощность, чем ветровая и солнечная. В Португалии (Pelamis P-750) существует волновая электростанция (ВЭС), обладающая мощностью 2,25 МВт (рис. 2). Она расположена в 5 км от берега. Эта станция состоит из 4-5 блоков, соединенных шарнирами, и напоминает змейку. Волны заставляют отдельные секции изгибаться, поршни, расположенные в местах соединения блоков, качают воду на гидродвигатели, крутящие роторы электрогенераторов. В результате производится электроэнергия.



Рис. 2. Волновая ЭС, Португалия

Достоинства:

- экологическая безопасность установок для производства энергии;
- волновые электростанции могут выполнять защитные функции, путем гашения волн вблизи портовых акваторий и прочей береговой линии;
- низкая себестоимость получаемой электроэнергии;
- продолжительный срок эксплуатации.

Недостатки:

- малая мощность вырабатываемой энергии;
- нестабильный характер работы, вызванный атмосферными явлениями в окружающей среде;
- может создавать опасность для хода судов и промышленного лова рыбы.

Применение:

Волновая энергетика нашла свое применение в США, Норвегии, Индии, Великобритании, Японии. Как показали исследования, волны обладают очень большим запасом энергии. Так, значение энергоемкости одной волны может достигать 100 кВт/м. По оценкам исследователей США, общая мощность волн Мирового океана равна 90 млрд кВт [3]. В мире уже около 400 маяков и навигационных буев получают питание от волновых установок.

В Индии от волновой энергии работает плавучий маяк порта Мадрас.

Первая в мире промышленная волновая станция мощностью 850 кВт была построена в Норвегии, которая действует с 1985 года.

В Японии (1976 г.) построена самая мощная действующая энергетическая установка с пневматическими преобразователями. Она использует волны высотой до 10 м [4].

Геотермальная энергия. Это энергия, где используют в качестве теплоносителя воду из горячих геотермальных источников. В связи с отсутствием необходимости нагрева воды геотермальные тепловые электростанции (ГеоТЭС) являются экологически чистыми производителями энергии. Такие станции строятся в вулканических районах. Здесь на относительно небольших глубинах вода имеет температуру выше температуры кипения. Для использования горячей воды бурятся скважины.

На рис. 3 показана геотермальная станция Palinpinon GPP (Филиппины).



Рис. 3. ГеоТЭС, Филиппины

Достоинства:

- экологическая чистота станции;
- экономичность эксплуатации сооружения;
- самообеспечение электричеством.

Недостатки:

- сложности при утверждении проекта строительства;

- неожиданная остановка функционирования станции в любой момент.

Применение:

Наиболее мощные геотермальные станции построены в США, Индонезии, Филиппинах, Турции и Италии.

Исследования показали, что запасы, которые были разведаны учёными, на глубине 3,5 км при температуре вод от 40 °С до 200 °С способны дать 14 млн м³ горячей воды. Это составляет огромное количество энергетических ресурсов и равно около 30 млн т условного топлива [5].

Установленная мощность геотермальных станций в России составляет 74 МВт при потенциальной мощности ГеоТЭС только Камчатки 1,1 ГВт [6]. Поэтому есть все предпосылки, что этот вид энергии будут развивать как в нашей стране, так и в других странах мира.

Биоэнергетика. Этот вид энергии образуется на производстве энергии из биотоплива, то есть топлива из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. Применяется в производстве в качестве электрической или тепловой энергий.

Различают биотопливо первого и второго поколения. Биотопливо первого поколения – это топливо из биологического сырья, получаемое в результате переработки биологических отходов. Биотопливо второго поколения – это разнообразные виды топлива, получаемые различными методами пиролиза биомассы (рис. 4).

Быстрый пиролиз позволяет превратить биомассу в жидкость, из которой можно произвести автомобильное топливо или топливо для электростанций. Биотопливо третьего поколения – это топлива, полученные из водорослей [7].



Рис. 4. Завод пиролиза биомассы, Австрия

Достоинства:

- производство биотоплива в любом регионе;

- отсутствие мусора.

Недостаток:

- отсутствие спроса на биотопливо;
- эрозия почв как результат интенсивного выращивания растений для энергетических целей.

Применение:

Биомассу можно использовать в энергетике тремя основными способами:

- прямое сжигание в котлах (солома, дрова); совместное сжигание с традиционными энергоносителями (уголь, газ);
- сжигание продуктов переработки биомассы (биогаз, биодизель).

Мировые ресурсы биомассы оцениваются в $44 \cdot 10^{10}$ ЭДж, но используется только 1/6 этой величины [8]. На начало 2021 г. доля энергии, получаемой из биомассы, составляет 15 % мирового потребления. Эта доля больше в развивающихся странах, где она составляет 38 % от общего производства энергии. В мире большая часть электроэнергии из биомассы вырабатывается в Скандинавии, Австрии и Англии, где ежегодно получают около 100 ТВт·ч энергии.

На территории России вырабатывается до 15 млрд т биомассы, накапливающей энергию, эквивалентную приблизительно 8 млрд т у. т. [8]. Разработками производства моторных топлив из энергетических культур и отходов занимались МГУ им. Ломоносова, ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт рапса» Российской академии сельскохозяйственных наук и другие институты. Создаются региональные программы развития биодизельного топлива, например, Алтайская краевая целевая программа «Рапс-биодизель». В Липецкой области создана Ассоциация Производителей Рапсового Масла. Пензенская компания «Агробиотехнология» планирует создание производства мощностью 250 тыс. т в год [1].

Выводы. Пути решения проблемы ресурсообеспеченности – это вторичное использование отходов, экономичное использование воды (опреснение морской воды, использование айсбергов), переход к более долговечным и лёгким материалам (углепластикам). Биомасса уже сейчас играет немаловажную роль в энергетическом балансе некоторых стран.

Проекты по использованию энергии волн и преобразовании термальной энергии океана большей частью находятся на стадии разработки, и их использование ограничено несколькими экспериментальными установками. Энергия приливов уже сейчас используется на коммерческом уровне и обещает серьезное развитие.

Литература

1. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Источники энергии: [сайт]. – URL: <https://beelead.com/energiya-prilivov/> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.
3. Невозобновляемые и возобновляемые источники энергии: [сайт]. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/art16025426> (дата обращения: 20.03.2021). – Текст: электронный.
4. Волновая энергетическая установка: [сайт]. – URL: <https://poisk-ru.ru/s1561t20.html> (дата обращения: 20.03.2021). – Текст: электронный.
5. Геотермальная энергетика и ресурсы России: [сайт]. – URL: <https://beelead.com/geotermalnaya-energetika-resursy/> (дата обращения: 20.03.2021). – Текст: электронный.
6. Геотермальные станции: [сайт]. – URL: <https://globalenergyprize.org/ru/2020/10/15/geotermalnye-stancii-narashhivajut-oboroty/> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.
7. Биоэнергетика России в XXI веке. Аналитический обзор. – М.: Российское энергетическое агентство, 2012. – 37 с.
8. Биомасса как источник энергии: [сайт]. – URL: <https://alter220.ru/bio/biomassa-kak-istochnik-energii.html> (дата обращения: 05.03.2021). – Текст: электронный.

УДК.69.055.7:621.31

Условия эффективного сопряжения источников электрической энергии с нагрузкой в системах электроснабжения

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

Знамцев Юрий Михайлович, кандидат технических наук

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

Рассмотрены вопросы эффективной электропередачи от источника электроэнергии к потребителям в системах электроснабжения.

При проектировании современных систем электроснабжения (СЭС) необходимо предусмотреть эффективное согласование между источником электрической энергии и

нагрузкой по мощности и коэффициенту полезного действия. В соответствии с известной теоремой Тевенена [1], любой блок СЭС можно представить в виде активного двухполюсника, содержащего идеальный генератор ЭДС E с внутренним сопротивлением R_u , подключенного к пассивной нагрузке R_n . В общем случае в качестве источника электроэнергии могут использоваться как традиционные, так и нетрадиционные источники энергии [2]. Соответственно, в качестве нагрузки могут служить различные потребители, включая линии передачи [3, 4].

Мощность, которая будет отдаваться нагрузке:

$$P_n = I^2 R_n = \frac{E^2 R_n}{(R_u + R_n)^2}, \quad (1)$$

а мощность, которая при этом выделится на внутреннем сопротивлении источника:

$$P_u = I^2 R_u = \frac{E^2 R_u}{(R_u + R_n)^2}. \quad (2)$$

Согласно теореме о максимальной мощности, наибольшая мощность будет передаваться в нагрузку, если величина $R_n = R_u$. Такой режим принято называть согласованным [5]. Однако в этом случае значение КПД, равное P_n/P_u , составляет всего 50 %, что энергетически является малоэффективным. Кроме того, такой режим нежелателен с точки зрения физической теории надежности, поскольку выделяющаяся при этом на внутреннем сопротивлении и источнике мощность также будет максимальной, что может привести к перегреву и выходу генератора энергии из строя. Режим передачи максимальной мощности целесообразен только в маломощных, например в информационно-измерительных цепях [6], где величина КПД существенного значения не имеет.

Однако во многих случаях согласование сопротивления нагрузки с сопротивлением источника не только нежелательно, но и недопустимо. Например, в цепях электрического освещения сопротивление ламп, включенных в сеть, во много раз больше сопротивления сети и генератора [4, 7]. Поэтому на практике нередко выбирают режим, при котором $R_n \gg R_u$, то есть близкий к режиму холостого хода. В этом случае мощность, рассеиваемая на внутреннем сопротивлении источника, будет существенно меньше $P_{max} = \frac{E^2}{4R_u}$, однако и мощность, отдаваемая в нагрузку, также будет значительно меньше P_{max} , несмотря на то, что при этом $0,5 < \eta < 1$. Следовательно, такой режим также энергетически недостаточно эффективен, хотя и более отказоустойчив.

Очевидно, что наиболее оптимальным будет режим, при котором значение мощности, отдаваемой в нагрузку, будет, по возможности, как можно большим, а

значение мощности, рассеиваемой на внутреннем сопротивлении источника, как можно меньшим. Как показано в работе [8], критерием такого режима может служить максимальная величина разности $\Delta P = (P_n - P_u)$. Взяв производную $\frac{d(\Delta P)}{dR_n}$ и приравняв ее к нулю, можно получить значения величины R_n , при которых достигаются экстремумы функции $\Delta P = f(R_n)$. Эти значения оказываются равными $R_{n1} = 3R_u$ и $R_{n2} = -2R_u$. Последнее из этих значений должно быть отброшено, так как лишено физического смысла, поскольку нагрузка предполагается потребляющей, то есть представляющей собой пассивный, а не активный двухполюсник.

Подстановка найденного значения $R_n = 3R_u$ в выражения для P_n , P_u и η дает:

$$P_n = \frac{3E^2}{16R_u} = 0,75P_{max}, \quad (3)$$

$$P_u = \frac{E^2}{16R_u} = 0,25P_{max}, \quad (4)$$

$$\eta = 0,75.$$

Представленные результаты показывают, что в соответствии с предложенным критерием такой режим обеспечивает более высокий, по сравнению с традиционным вариантом, КПД при мощности в нагрузке всего на 25 % меньшей, чем максимально возможная мощность P_{max} в данной цепи [8]. Вместе с тем мощность, рассеиваемая на внутреннем сопротивлении, будет в 4 раза меньше, чем при традиционном режиме согласования [5].

В случае источников ЭДС переменного тока полные сопротивления генератора и нагрузки могут быть представлены в виде

$$Z_u = R_u + jX_u \text{ и}$$

$$Z_n = R_n + jX_n, \quad (5)$$

где X_u , X_n , – внутренние реактивные составляющие этих сопротивлений [5].

В большинстве практических случаев, как в энергетике, так и в электросигнализации, используется условие частотного резонанса: $X_u - X_n = 0$ [5], при котором происходит передача наибольшей мощности с наибольшим КПД при заданных, в общем случае не равных друг другу параметрах внешнего и внутреннего сопротивлений системы электроснабжения [1].

Литература

1. Кугушев, А. М. Основы радиоэлектроники. Линейные электромагнитные процессы / А. М. Кугушев, Н. С. Голубева. – М.: Энергия, 1969. – 320 с.

2. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения: учебное пособие / М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. – М.: БГЭУ, 2012. – 198 с.
3. Каплянский, А. Е. Теоретические основы электротехники /А. Е. Каплянский. – М.: Высшая школа, 1972. – 476 с.
4. Глушков, Г. Н. Электроснабжение строительно-монтажных работ: учебник для вузов. / Г. Н. Глушков. – М.: Стройиздат, 1982. – 232 с.
5. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1973. – 515 с.
6. Электрические измерения неэлектрических величин / под ред. П. В. Новицкого; изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1975. – 646 с.
7. Манаев, Е. И. Основы радиоэлектроники / Е. И. Манаев. – М.: Радио и связь, 1985. – 320 с.
8. Знамцев, Ю. М. Энергетика эффективного сопряжения активных двухполюсников с нагрузкой (теорема об оптимальной мощности) / Ю. М. Знамцев, В. В. Власов // Доклады 1 Международной конференции. – Москва: «Буркин», 1997.

УДК 621.43

**Имитационная динамическая модель системы автономного энергоснабжения
военного городка**

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук, профессор кафедры
«Общетеchnические дисциплины»

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего
образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени
генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации,
г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрена имитационная модель системы автономного энергоснабжения (САЭ) военного городка, разработанная на основе уравнений системной динамики с помощью вычислительного комплекса POWERSIM. Приведены некоторые результаты вычислительных экспериментов по оценке энергетической эффективности различных технических решений САЭ военного городка Рогачево (о. Новая Земля) в реальных условиях функционирования объекта.

Успешное функционирование военных городков и других объектов военной инфраструктуры в Арктике и на других удаленных и труднодоступных территориях РФ

обеспечивается системами автономного энергоснабжения (САЭ) [1, 2]. Критичность экономической эффективности таких систем связана с невысоким значением коэффициента использования топлива (КИТ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС), составляющих основу САЭ, и дороговизной углеводородного топлива (УТ) в местах удаленной дислокации, в том числе из-за логистики его доставки. В качестве одного из направлений повышения эффективности и надежности САЭ объектов военной инфраструктуры рассматривается использование систем с поливалентной структурой, предполагающей комбинирование источников электрической и тепловой энергии, в том числе и имеющих различную физическую природу [3]. Рассматриваемые САЭ являются производственно-транспортными системами сложной структуры со множеством прямых и обратных связей между их элементами и подсистемами, которые функционируют в условиях трудно предсказуемых внешних воздействий. Эффективность функционирования разработанных структур САЭ в целом и их отдельных функциональных элементов существенно зависит от суточной и сезонной динамики покрываемых электрических и тепловых нагрузок, динамики изменения температуры наружного воздуха и скорости ветра, а также их взаимных сочетаний.

Для оценки энергетической эффективности функционирования поливалентной САЭ, состоящей из дизельной электростанции (ДЭС) на базе ДВС, дооборудованных системами комплексной утилизации теплоты (СКУТ) и котельной установки (КУ), работающей на углеводородном топливе, а также ветроэлектрической установки (ВЭУ) и электрочотельной (ЭК) с суточным аккумулятором теплоты (АТ), в зависимости от выше перечисленных факторов разработана имитационная модель системы.

В основе модели лежат уравнения системной динамики, описывающие процессы выработки и потребления электрической энергии и теплоты в системе с учетом ограничений, накладываемых применением различных типов источников энергии.

На рис. 1 представлен знаковый граф причинно-следственных связей основных переменных модели: $N^{\text{потр}}$ – потребность в электрической мощности; $q^{\text{потр}}$ – потребность в тепловой мощности; $N^{\text{деф}}$ – текущий дефицит электрической мощности; $N^{\text{ДЭС}}$ – электрическая мощность, вырабатываемая ДЭС (ЭУ с ДВС); $q^{\text{ДЭС}}$ – тепловая мощность, вырабатываемая ДЭС (СКУТ + ЭК); $M^{\text{топ}}$ – расход топлива; $q^{\text{деф}}$ – текущий дефицит тепловой мощности; $q^{\text{кот}}$ – тепловая мощность, вырабатываемая КУ; $q^{\text{акм-in}}$ – тепловая мощность, накапливаемая аккумулятором теплоты; $q^{\text{акм-out}}$ – тепловая мощность, возвращаемая аккумулятором теплоты; $v^{\text{вет}}$ – скорость ветра; $q^{\text{ВЭУ}}$ – тепловая мощность, вырабатываемая в ЭК за счет преобразования электрической мощности, вырабатываемой ВЭУ, $q^{\text{полн}}$ – полная тепловая мощность всех источников теплоты.

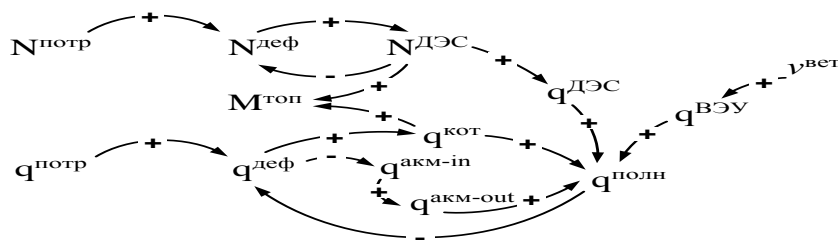


Рис. 1. Знаковый граф модели

Ниже представлены основные уравнения и неравенства модели.

$$N^{\text{потр}} = N^{\text{ДЭС}} + N^{\text{деф}}; \quad (1)$$

$$N^{\text{потр}} = f_N(t); \quad (2)$$

$$N_{\min} \leq N^{\text{ДЭС}} / n \leq N_{\max}; \quad (3)$$

$$M_{\text{тДЭС}} = \frac{N^{\text{ДЭС}}}{3600 \cdot n \cdot Q_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{ДЭС}}}; \quad (4)$$

$$\eta_{\text{ДЭС}} = f_{\eta_{\text{д}}} \left(\frac{N^{\text{ДЭС}}}{n} \right); \quad (5)$$

$$q^{\text{потр}} = q^{\text{полн}} + q^{\text{деф}}; \quad (6)$$

$$q^{\text{полн}} = q^{\text{ДЭС}} + q^{\text{кот}} + q^{\text{ВЭУ}} + q^{\text{акм-out}}; \quad (7)$$

$$q^{\text{ДЭС}} = q^{\text{ЭК}} + q^{\text{СКУТ}}; \quad (8)$$

$$q^{\text{ЭК}} = (N^{\text{потр}} - N^{\text{ДЭС}}) \cdot \eta_{\text{ЭК}} \cdot \eta_{\text{ЭС}}; \quad (9)$$

$$q^{\text{СКУТ}} = K_y \cdot N^{\text{ДЭС}}; \quad (10)$$

$$v^{\text{вет}} = f_v(t); \quad (11)$$

$$N^{\text{ВЭУ}} = m \cdot P_{\text{вЭУн}} \cdot f(v^{\text{вет}}); \quad (12)$$

$$f(v^{\text{вет}}) = \begin{cases} 0, & v^{\text{вет}} < V_0, \\ (v^{\text{вет}} / V_1)^p, & V_0 \leq v^{\text{вет}} < V_1, \\ 1, & V_1 \leq v^{\text{вет}} \leq V_2, \\ 0, & v^{\text{вет}} > V_2. \end{cases} \quad (13)$$

$$q^{\text{ВЭУ}} = N^{\text{ВЭУ}} \cdot \eta_{\text{ЭК}} \cdot \eta_{\text{ЭС}}; \quad (14)$$

$$q^{\text{акм-in}} = (q^{\text{ВЭУ}} + q^{\text{ДЭС}}) - q^{\text{потр}}; \quad (15)$$

$$q^{\text{акм-out}} \leq \eta_{\text{ат}} \cdot q^{\text{акм-in}}; \quad (16)$$

$$0 \leq q^{\text{акм-in}} \leq q^{\text{акм-max}}; \quad (17)$$

$$q^{\text{кот}} = q^{\text{потр}} - (q^{\text{ДЭС}} + q^{\text{ВЭУ}} + q^{\text{акм-out}}); \quad (18)$$

$$q^{\text{потр}} = f_q(t); \quad (19)$$

$$Q_{\min} \leq q^{\text{кот}} / \ell \leq Q_{\max}; \quad (20)$$

$$M_{TK} = \frac{q^{kot}}{3600 \cdot \ell \cdot Q_{np} \cdot \eta_K}; \quad (21)$$

$$\eta_K = f_{\eta_K} \left(\frac{q^{potr}}{\ell} \right); \quad (22)$$

$$M_T = M_{TK} + M_{TДЭС}, \quad (23)$$

где $f_N(t)$, $f_q(t)$, $f_v(t)$ – временные интерполирующие модельные функции динамических рядов электрической (N), тепловой (q) нагрузок и скорости ветра (v); $f_{нд}$, f_{η_K} – функциональные зависимости КИТ (на выработку электрической энергии) ДЭС и КУ от нагрузки; n , m , ℓ – количество рабочих ДЭС, ВЭУ и КУ; N_{min} , Q_{min} – минимально допустимые электрическая мощность одной ДЭС и тепловая мощность одной КУ; N_{max} , Q_{max} – максимально возможные электрическая мощность одной ДЭС и тепловая мощность одной КУ; K_y – коэффициент утилизации теплоты; q^{akm}_{max} – максимальная тепловая емкость аккумулятора теплоты; V_0 – скорость трогания ВЭУ; V_1 – номинальная скорость ветра, V_2 – скорость ветра, при которой ВЭУ выводится из рабочего режима, ρ – коэффициент, зависящий от типа ВЭУ; M_{TK} , η_K , $M_{TДЭС}$, $\eta_{ДЭС}$ – текущие значения расходов и коэффициентов использования топлива КУ и ДЭС (на выработку электрической энергии).

Модель реализована с помощью программного интерфейса [4] в вычислительном комплексе POWERSIM. На рис. 2 представлена общая потоковая диаграмма модели САЭ.

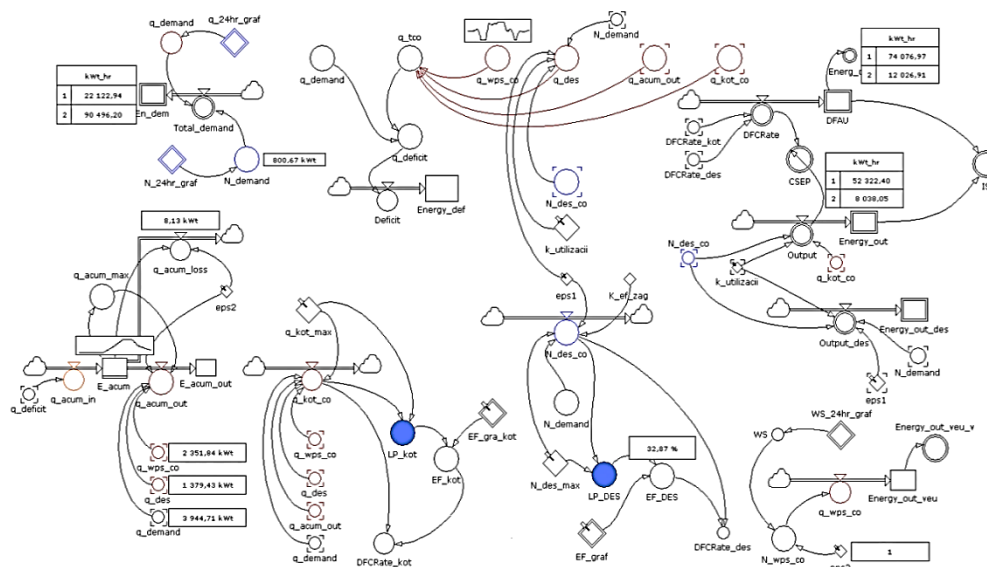


Рис. 2. Общая потоковая диаграмма модели

Обозначения переменных на диаграмме приведены в табл. 1.

Временные границы модели определяются временем начала и конца имитации:

соответственно 00 часов и 24 часа. В качестве шага имитации (моделирования) принят период времени 10 мин.

С помощью разработанной имитационной модели была проведена серия вычислительных экспериментов по оценке энергетической эффективности различных технических решений САЭ военного городка Рогачево (о. Новая Земля) в реальных условиях функционирования объекта.

План проведения вычислительных экспериментов предусматривал моделирование следующих вариантов построения и алгоритмов функционирования системы автономного энергоснабжения:

1) Система с отдельной выработкой электрической энергии и теплоты. Алгоритм функционирования системы: электрическая нагрузка покрывается ДЭС, тепловая – КУ, работающей на дизельном топливе.

Таблица 1

Экзогенные и эндогенные переменные модели

Наименование	Обозначение на потоковой диаграмме	Единица измерения
Экзогенные переменные		
Переключатель использования ВЭУ	Eps3	
Переключатель использования теплового аккумулятора	Eps2	
Переключатель стратегии	Eps1	
Коэффициент эффективной загрузки	K_ef_zag	
Коэффициент утилизации	K_utilizaci	
Установленная рабочая мощность ДЭС (ЭТС)	N_des_max	кВт
Установленная рабочая мощность котельной	q_kot_max	кВт
Установленная рабочая мощность теплового аккумулятора	q_acum_max	кВт
Суточный график тепловой нагрузки (почасовой вектор)	q_24hr_graf	кВт
Суточный график электрической нагрузки (почасовой вектор)	N_24hr_graf	кВт
Суточный график скорости ветра (почасовой вектор)	WS_24hr_graf	м/с
Текущий спрос электрической мощности	N_demand	кВт
Текущий спрос тепловой мощности	q_demand	кВт
Зависимость КПД ДЭС от нагрузки (нагрузочный вектор)	EF_graf	%
Зависимость КПД КУ от нагрузки (нагрузочный вектор)	EF_kot	%
Эндогенные переменные		
Текущая электрическая мощность ЭТС	N_des_co	кВт
Текущая тепловая мощность котельной	q_kot_co	кВт
Текущая тепловая мощность ЭТС	q_des_co	кВт
Текущая совокупная мощность ЭТС (электр. и тепловая)	Output_des	кВт
Текущая совокупная мощность ЭТС и котельной	Output	кВт
Текущая электрическая мощность ВЭУ	N_wps_co	кВт
Текущая тепловая мощность ВЭУ	q_wps_co	кВт
Текущий дефицит тепловой мощности	q_deficit	кВт

Продолжение таблицы 1

Текущая тепловая мощность, утилизируемая тепловым аккумулятором	q_acum_in	кВт
Текущая тепловая мощность, отдаваемая тепловым аккумулятором в контур теплоснабжения	q_acum_out	кВт
Текущая совокупная тепловая мощность всех источников	q_tco	кВт
Текущая мощность потерь теплоты в тепловом аккумуляторе	q_acum_loss	кВт
Текущий дефицит тепловой мощности	Deficit	кВт
Текущая доля загрузки КУ	LP_kot	%
Текущая доля загрузки ДЭС	LP_DES	%
Текущий часовой расход топлива ДЭС	DFCRate_des	кг/ч
Текущий часовой расход топлива котельной	DFCRate_kot	кг/ч
Текущий общий часовой расход топлива	DFCRate	кг/ч
Суточное потребление топлива ЭТС и котельной	DFAU	кг
Суточное количество энергии, выработанное ЭТС	Energi_out_des	кВт·ч
Суточное количество теплоты, выработанное ВЭУ	Energi_out_veu	кВт·ч
Суточное количество энергии, выработанное ЭТС и котельной	Energi_out	кВт·ч
Суточное количество избыточной теплоты, вырабатываемой ВЭУ, запасаемое в тепловом аккумуляторе (или теряемое без использования аккумулятора)	E_acum	кВт·ч
Суточное количество избыточной теплоты, вырабатываемой ВЭУ, запасаемое в тепловом аккумуляторе и возвращаемое в контур теплоснабжения	E_acum_out	кВт·ч
Суточное количество энергии топлива, использованного ЭТС и котельной	Energy_fuel	кВт·ч
Текущий общий часовой расход топлива	DFCRate	кг/ч
Суточное потребление топлива ЭТС и котельной	DFAU	кг
Суточное количество энергии, выработанное ЭТС	Energi_out_des	кВт·ч

2) Комбинированная система энергоснабжения. Алгоритм функционирования системы: электрическая нагрузка покрывается ДЭС на базе ДВС, дооборудованными СКУТ (электрическая мощность ДЭС соответствует текущему спросу электрической мощности согласно графику нагрузок потребителей), тепловая нагрузка покрывается КУ с учетом теплоты, вырабатываемой СКУТ.

3) Комбинированная система энергоснабжения. Алгоритм функционирования системы: ДЭС работает с постоянной оптимальной мощностью, при этом излишки электрической мощности преобразуются в ЭК в тепловую, тепловая нагрузка покрывается КУ с учетом теплоты, вырабатываемой СКУТ и ЭК.

4) Поливалентная система энергоснабжения. Алгоритм функционирования системы: электрическая нагрузка покрывается ДЭС на базе ДВС, дооборудованными СКУТ (электрическая мощность ДЭС соответствует текущему спросу электрической

мощности согласно графику нагрузок потребителей), тепловая нагрузка покрывается теплотой, вырабатываемой в ЭК за счет преобразования электрической энергии, которая вырабатывается ВЭУ, и теплотой, вырабатываемой СКУТ и КУ, работающей на дизельном топливе. При этом установленная мощность ВЭУ составляет 10 % от тепловой мощности котельной.

5) Аналогичен варианту 4, за исключением одного отличия в алгоритме функционирования: ДЭС работает с постоянной оптимальной мощностью, при этом излишки электрической мощности преобразуются в ЭК в тепловую.

6) Аналогичен варианту 4, за исключением того, что установленная мощность ВЭУ составляет более 90 % от тепловой мощности котельной.

7) Аналогичен варианту 6, за исключением функционирования ДЭС с постоянной мощностью.

8) Аналогичен варианту 6, за исключением включения в состав схемы суточного аккумулятора теплоты.

9) Аналогичен варианту 7, за исключением включения в состав схемы суточного аккумулятора теплоты.

На рис. 3, в качестве примера, представлены результаты моделирования по варианту 8 для характерных летних суток.

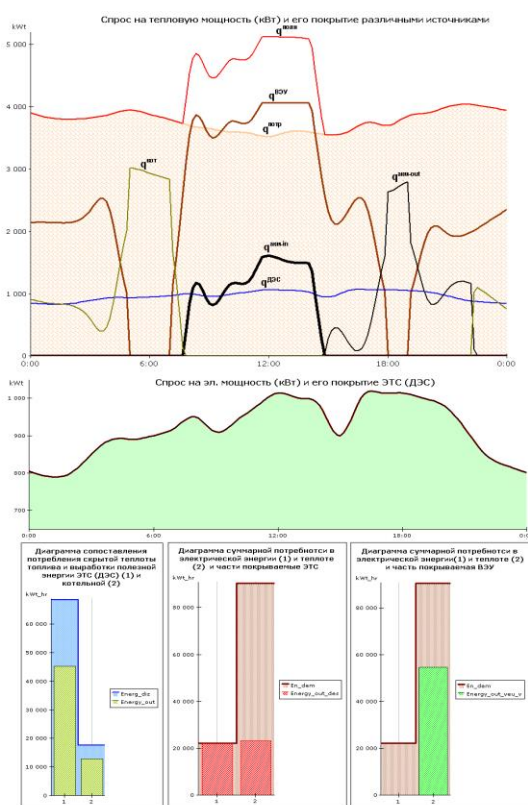


Рис. 3. Результаты суточного моделирования по варианту 8 (лето)

Все обозначения на графиках (рис. 3) соответствуют обозначениям на рис. 1.

Результаты моделирования показали, что наибольшими значениями суточного коэффициента использования топлива как для зимних, так и для летних характерных суток характеризуется вариант 8.

Таким образом, для оценки эффективности функционирования вариантов структур САЭ в целом и их отдельных функциональных элементов в зависимости от суточной и сезонной динамики покрываемых электрических и тепловых нагрузок, динамики изменения температуры наружного воздуха и скорости ветра, а также их взаимных сочетаний разработана имитационная модель САЭ. В основе модели лежат уравнения системной динамики, описывающие процессы выработки и потребления электрической энергии и теплоты в системе с учетом ограничений, накладываемых применением различных типов источников энергии, реализованные с помощью программного интерфейса в вычислительном комплексе POWERSIM. Модель позволяет проводить вычислительные эксперименты по оценке влияния различных факторов на эффективность функционирования системы в суточном разрезе времени.

Литература

1. Сайданов, В. О. Концепция децентрализованного энергоснабжения объектов МО РФ и проблемы подготовки военных инженеров-энергетиков / В. О. Сайданов, С. Н. Смолинский, Р. Е. Булат // Двигателестроение. – 2015. – № 2(260). – С. 28-32.
2. Сайданов, В.О. Проблемы автономного энергоснабжения объектов военной инфраструктуры в Арктике и пути их решения / В. О. Сайданов // 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. 135-142.
3. Сайданов, В. О. Обеспечение структурной надежности систем автономного энергоснабжения объектов военной инфраструктуры / В. О. Сайданов, А. Б. Михайлин, В. М. Новоселов // Материально-техническое обеспечение Вооруженных Сил РФ. – 2021. – № 4. – С. 19-27.
4. Powersim user's Guide (version 2020a): сайт. – URL: <https://powersim.com> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

Алгоритм и система управления квадрокоптером на базе микроконтроллера STM32F103C8T6

Федоренко Иван Алексеевич, студент специальности

«Информатика и вычислительная техника»;

Тимофеев Максим Николаевич, ассистент кафедры

«Системотехника и управление в технических системах»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

В статье описывается разработка микроконтроллерной системы управления квадрокоптером и алгоритма взаимодействия микроконтроллера STM32F103C8T6 с функциональными узлами. Построена математическая модель углового движения квадрокоптера.

Работа квадрокоптера и аппаратуры управления имеет следующий принцип. При запуске устройства происходит подача питания на все его функциональные узлы, далее опрос работоспособности и регулировка входов и выводов датчиков, радиоприёмника, двигателей и микроконтроллера. Аппаратура управления задаёт команды, которые через радиопередатчик передаются на борт квадрокоптера [1].

На борту квадрокоптера сигнал принимает радиоприёмник, который производит и преобразовывает радиосигнал в аналого-цифровой и передаёт его на микроконтроллер.

Микроконтроллер производит обработку сигнала, который поступает на него с радиопередатчика и в зависимости от воздействия микроэлектромеханических (MEMS) датчиков и их ёмкости производит подачу управляющего сигнала на стабилизаторы двигателей. Стабилизаторы производят регулировку оборотов двигателей (рис. 1).

Цель работы: разработать микроконтроллерную систему управления квадрокоптером.

Предметом разработки являются принципиальная схема микроконтроллерной системы управления, алгоритм управления квадрокоптером.

В процессе исследования необходимо реализовать следующие задачи:

- провести анализ объекта управления и требований, предъявляемых им к системе управления;
- разработать структурную и принципиальную схемы системы управления (рис. 2);

- разработать алгоритм управления квадрокоптером.

Для создания системы управления квадрокоптером использовались следующие аппаратные компоненты: микроконтроллер STM32F103C8T6 [2], гироскоп и акселерометр MPU-6050 [3], радиочастотный передатчик XN297[4]. Построение математической модели и программирование устройства осуществлялось в следующих программах: Matlab R2012a, STM32CubeMX, Компас 3D 16, Microsoft Visual Studio 2019.

Уравнение динамики углового движения квадрокоптера в связанной системе координат можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{w}_x = \frac{(I_y - I_z)}{I_x} w_y w_z + \frac{M_{Rx}}{I_x} \\ \dot{w}_y = \frac{(I_z - I_x)}{I_y} w_x w_z + \frac{M_{Ry}}{I_y} \\ \dot{w}_z = \frac{(I_x - I_y)}{I_z} w_x w_y + \frac{M_{Rz}}{I_z} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} M_{Rx} = M_{qx} + M_{mx} + M_{px} \\ M_{Ry} = M_{qy} \\ M_{Rz} = M_{qz} + M_{mz} + M_{pz} \end{cases} \quad (2)$$

где: w_x, w_y, w_z – проекции вектора угловой скорости аппарата на связанную систему координат; M_{Rx}, M_{Ry}, M_{Rz} – проекции результирующего момента; I_x, I_y, I_z – осевые моменты инерции устройства; M_{qx}, M_{qy}, M_{qz} – моменты, создаваемые винтами; $M_{mx}, M_{px}, M_{mz}, M_{pz}$ – гироскопические моменты двигателей и винтов.



Рис. 1. Функциональная схема квадрокоптера

На основании (1-2) построен алгоритм работы микроконтроллерной системы управления. В алгоритме реализованы следующие функции:

- поступление сигнала питания;
- инициализация устройства;
- чтение данных с датчиков положения;

- чтение данных с PID-регуляторов;
- обработка полученных сигналов;
- обработка прерываний;
- вывод необходимой информации.

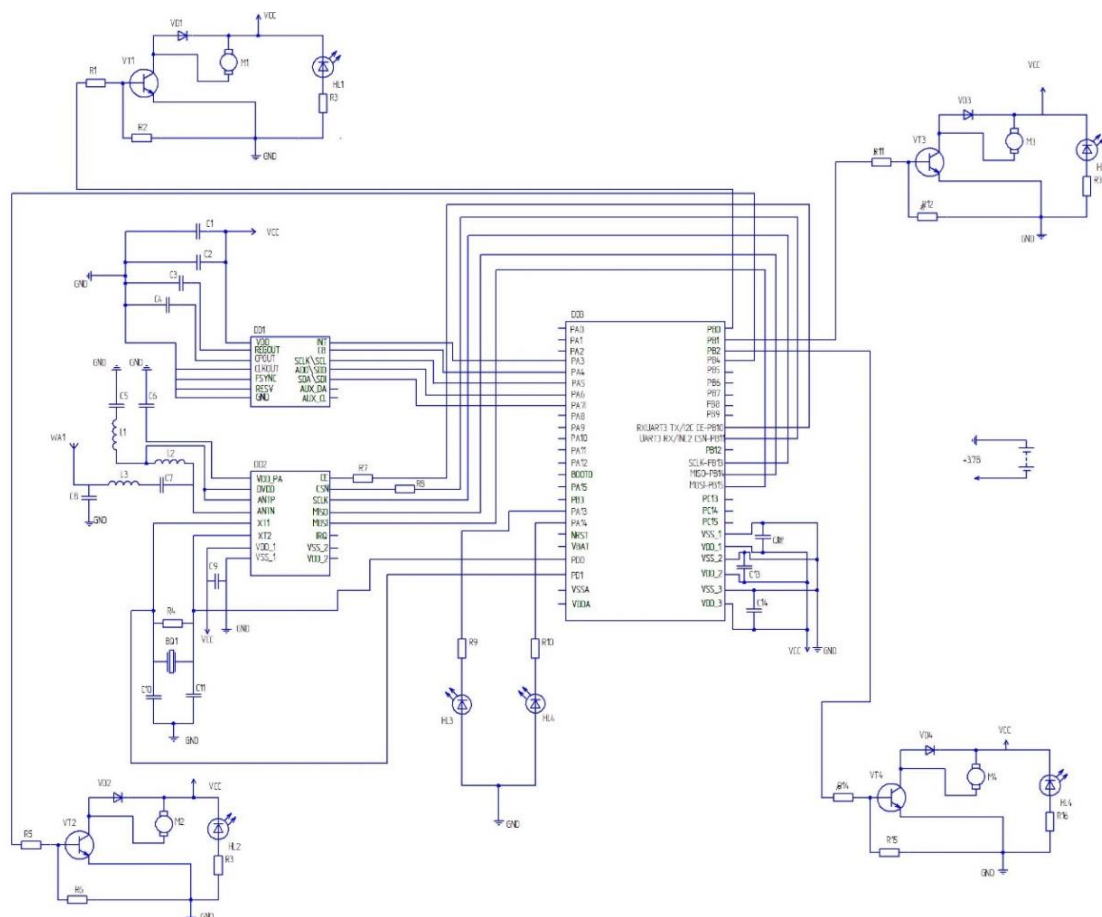


Рис. 2. Электрическая схема системы управления полётного контроллера

При включении квадрокоптера подаётся напряжение на функциональные узлы, начинается процедура инициализации. Запускается процедура опрос-ответ датчиков, двигателей, определяется положение в пространстве в связанной системе координат. После прохождения всех процедур инициализации устройство должно получить сигнал управления с аппаратуры управления, если сигнал получен, происходит обработка и выполнение сигнала, ожидание дальнейших команд. В случае отсутствия сигнала квадрокоптер переходит в режим ожидания, сохраняя заданные параметры положения в пространстве и скорости. Если в процессе инициализации устройства возникают ошибки, передаётся сигнал об ошибке и квадрокоптер выключается. Блок-схема алгоритма системы управления представлена на рис. 3.

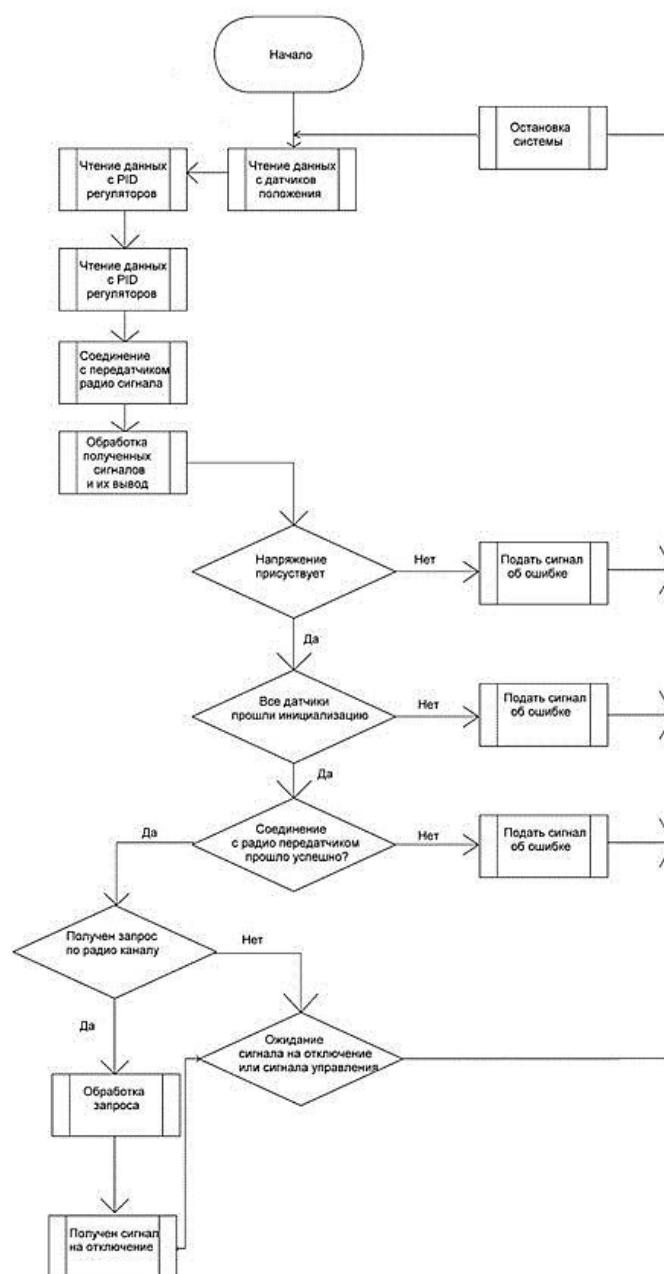


Рис. 3. Блок-схема алгоритма микропроцессорной системы управления

При построении математической модели квадрокоптера в программе Matlab рассматривалось два подхода написания программы управления устройством. При первом подходе создавалась программа, содержащая большое количество переменных, управляющая всеми функциональными блоками. Второй подход построения программы – это создание для каждого функционального блока программы управления, объединённой программной оболочкой. Второй подход более простой, удобный в реализации и отладке программы управления.

Программа для системы управления квадрокоптера состоит из нескольких подпрограмм, объединённых в единую программу с помощью основной – MAIN программы. Несколько разных программ отвечают каждая за свою часть устройства:

- обработка данных положения устройства;
- обработка сигналов питания с PID регуляторов;
- при наличии GPS модуля обработка положения по координатам в пространстве;
- преобразование радиосигнала в цифроаналоговый сигнал и обратно для связи с устройством управления.

Программа микроконтроллерного управления делится на два уровня. Верхний уровень – программа MAIN, программная оболочка, отвечающая за режим полёта, нижний включает в себя подпрограммы и библиотеки взаимодействия датчиков с описанным в программе MAIN режимом полёта.

Основные функции программной оболочки:

- при запуске устройства произвести инициализацию системы;
- запуск первоначальных настроек программы;
- проверка плана полёта, если такой имеется, если отсутствует, происходит переключение на режим чтения сигналов, получаемых по радиоканалу;
- одновременно происходит проверка моторов, чтобы предотвратить их случайный запуск;
- в конце выполнения всех процедур происходит вывод сигнала (звуковой и\или световой), который оповещает, что устройство готово к работе;
- после с пульта управления поступают сигналы воздействия, которые пересчитываются в углы Эйлера и кватернионы для последующих вычислений в контроллере.

Выводы.

Сформулированы основные требования к системе управления, разработан алгоритм микропроцессорной системы управления квадрокоптером, созданы основные требования к программе для микроконтроллерной системы управления.

Литература

1. Яценков, В. С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика / В. С. Яценков. – БХВ-Петербург, 2016 г. – 256 с.
2. STM32F103C8: Mainstream Performance line, Arm Cortex-M3 MCU with 64 Kbytes of Flash memory, 72 MHz CPU, motor control, USB and CAN: сайт / STMicroelectronics. – Женева: STMicroelectronics, 2021. – URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103c8.html> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

3. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4: сайт / TDK Corporation. – Токио: TDK, 2021. – URL: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

4. XN297 Low Power 2.4GHz GFSK Transceiver: сайт / Свободные устройства. – М.: Opendevices, 2021. – URL: <https://opendevices.ru/wp-content/uploads/2017/03/XN297-Low-Power-2.4GHz-GFSK-Transceiver.pdf> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.436.-232.001.5

Модернизация и расширение технических возможностей универсальных фрезерных станков

Хайкова Яна Дмитриевна, студент направления «Машиностроение»;

Кудашева Ирина Олеговна, 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 добавления к станкам различных приспособлений и увеличения уровня автоматизации на процесс механической обработки на универсальных фрезерных станках. Рассматриваются возможности модернизации станков за счет установки на них делительных приспособлений для фрезерования, а также оснастки, расширяющей технические возможности этого вида оборудования с целью оптимизации процесса производства готовых изделий (деталей).

Современная инженерия задает высокие стандарты качества механической обработки деталей на фрезерных станках, 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.

Модернизация фрезерных станков является экономически выгодной инвестицией в силу универсальности средства модернизации относительно оборудования любого возраста, то есть, при проведении модернизации универсального фрезерного станка приспособлениями нет необходимости искать какие-либо эксклюзивные средства модернизации для конкретной модели станка или менять его на более совершенную модель. Ежегодно в России проводится модернизация нескольких десятков тысяч морально устаревших станков, в результате получающих новые свойства, необходимые для их последующего эффективного функционирования и использования. Модернизация станков обеспечивает рост их производительности и мощности, экономичности затрат и надежности.

При модернизации и улучшении универсальных фрезерных станков применяют делительные приспособления и используют иные технические решения, такие как механизированный привод зажимных и поворотных элементов, автоматизированный подвод и отвод зажимных элементов, ручной поворот зажимных элементов. На производстве также широко используют многоместные приспособления, обеспечивающие при выполнении обработки детали сокращение основного времени процесса за счет уменьшения перебегов инструмента и вспомогательного времени в результате управления двигателями привода одним устройством, а также многопозиционные приспособления, сокращающие время обработки детали благодаря уменьшению числа переходов [1].

Делительные приспособления применяют при фрезеровании шпоночных пазов и лысок на валах, а также зубчатых муфт, квадратов и шестигранников, обработка которых связана с поворотом детали на определенный угол. В качестве делительных приспособлений при механической обработке на универсальных фрезерных станках используют делительные столы и делительные головки.

Делительный стол – одно из важнейших устройств для станочного оборудования, наиболее часто применяется при фрезеровании. Он помогает циклично вращать обрабатываемые элементы на одинаковые и разные части оборота. Делительные столы подразделяются на механические и оптические [3].

Делительные столы подразделяют на круглые неповоротные и поворотные. Столы бывают с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим приводом. Поворотные столы позволяют обрабатывать поверхности заготовок, а также применять метод непрерывного фрезерования, когда во время обработки одной заготовки обработанные детали снимаются, а на их место устанавливаются новые заготовки, при

этом столе может сообщаться непрерывное вращение от отдельного привода или от привода станка (рис. 1).

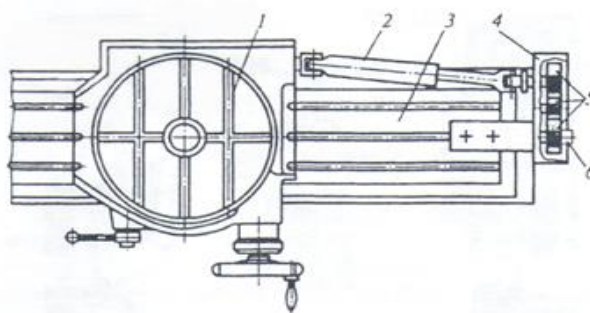


Рис. 1. Круглый поворотный стол с приводом от механизма подачи фрезерного станка:

1 – круглый стол; 2 – карданный вал; 3 – продольный стол; 4 – корпус; 5 – зубчатые колеса; 6 – ходовой винт

Делительные головки широко применяются на консольных универсально-фрезерных станках с ручным управлением и широкоуниверсальных станках, различают простые и универсальные делительные головки. Они служат для установки заготовки под требуемым углом относительно станка, ее поворота вокруг оси и сообщения заготовке непрерывного вращения при фрезеровании винтовых канавок [5].

В целом, делительная головка – это устройство периодического поворота металлических заготовок, которые фиксируются в ней под нужным углом. Установка может идти в комплекте с фрезерными или координатно-расточными станками, но в современных металлорежущих устройствах в изначальной комплектации она отсутствует.

Делительные головки используются в качестве дополнительного приспособления, ведь с применением этого устройства возможности фрезерных станков существенно расширяются. На делительной головке можно максимально точно установить равный или неравный угол деления, за счёт чего увеличивается качество производимых деталей и снижаются как риск брака обработки деталей под неверным углом, так и объем затраченного на деталь материала за счет уменьшения отходов производства в виде металлической стружки.

Делительная головка необходима для проведения торцевой, концевой или фасонной фрезерной обработки детали, а также для изготовления метчиков, фрез, развёрток, сверл и других металлорежущих инструментов. С помощью данной установки проводят следующие виды работ:

- 1) фрезерование канавок (на поверхности зенкеров или свёрл);

2) фрезерование пазов и шлицев (на торцах зубчатых муфт или корончатых гаек);

3) образование граней на различных деталях (на гайках, головках болтов).

Основные функции делительных головок для координатно-расточных и фрезерных станков сводятся к закреплению заготовки и её вращению для осуществления обработки. В зависимости от сложности конструкции и количества выполняемых задач делительные установки бывают трёх видов:

1) простая (или непосредственного деления);

2) универсальная делительная головка;

3) оптическая делительная головка.

Маркировка универсальной делительной головки. В качестве примера рассмотрим делительную головку марки УДГ-40-Д160. Расшифровка:

1. УДГ – тип устройства (в нашем случае универсальная делительная головка);

2. 40 – передаточное число (1 поворот шпинделя за 40 поворотов ручки);

3. Д160 – наибольший диаметр обрабатываемой заготовки (160 мм).

При выборе делительных головок стоит опираться на информацию в табл. 1, там собрана основная информация о характеристиках универсальных делительных головок. Типы приспособлений унифицированы и отличаются, по большей части, высотой центров, диаметром заготовки и диаметром патрона с тремя кулачками [3].

Таблица 1

Характеристика универсальных делительных головок

Характеристика	УДГ-Д-160	УДГ-Д-250	УДГ-Д-250	УДГ-Д-320	УДГ-Д-400
Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки	160	200	250	320	400
Угол поворота шпинделя в верт. плоскости, град, не менее:					
- вниз от линии центров	5	5	5	5	5
- вверх от линии центров	95	95	95	95	95
Конус шпинделя (Морзе)	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 5
Резьба рабочего конца шпинделя	M33*3	M39*3	M52*3	M60*3	M76*3
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	14,9	20,2	26,5	38,2	38,2
Передаточное отношение червячной пары	1:40	1:40	1:40	1:40	1:40
Диаметр отверстий колёс	20*f9	20*f9	20*f9	32*f9	32*f9
Количество углублений делительного диска:	16, 19, 23, 30, 33, 39, 49	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31	16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31
- внешняя сторона					
- внутренняя сторона	17, 21, 29, 31, 37, 41	33, 37, 39, 41, 43, 47	33, 37, 39, 41, 43, 47	33, 37, 39, 41, 43, 47	33, 37, 39, 41, 43, 47

Цена деления лимба, градусов	15	15	15	15	15
Ширина направляющих шпонок, мм	12	14	18	18	22
Модуль сменных шестерён	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5
Диаметр трехкулачкового патрона, мм	100	125	160	160	200
Расстояние от двигательной головки до шпинделя	180	235	280	350	450

Основные элементы конструкции разных видов делительных установок одинаковы, они включают в себя металлический корпус, поворотную часть головки, механизмы зажима и деления. Делительные головки часто являются технической оснасткой фрезерных станков, основными элементами являются: лимб, шпиндель, трехкулачковый патрон. Шпиндель позволяет правильно закрепить заготовку. Кроме этого, на шпиндель крепится лимб, используемый в качестве диска для установки угла. Именно лимб используется для деления заготовки на несколько частей. Трехкулачковый патрон применяется при вертикальном позиционировании шпинделя. Особенностью этого конструктивного элемента можно назвать то, что при помощи всего одного элемента происходит центрирование заготовки и равномерное распределение нагрузки (рис. 2).

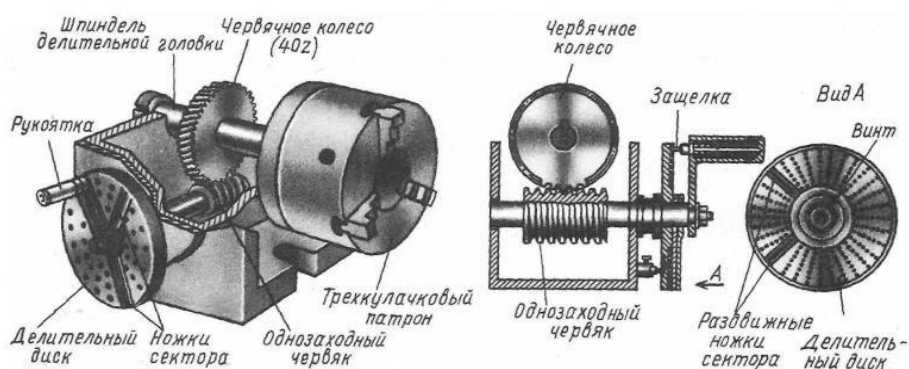


Рис. 2. Конструкция делительной головки

Конструктивная особенность делительных головок заключается в том, что они могут выполнять поворот на равный или неравный угол, что помогает добиваться высокой точности обработки деталей, крепление заготовок производится в патроне, при большой длине обрабатываемой заготовки крепление производится при помощи задней бабки [2].

Приспособления, расширяющие технологические возможности универсальных фрезерных станков, подразделяют на две группы (рис. 3):

1. Приспособления первой группы (не изменяющие основное назначение станка): дополнительные одношпинделевые и многошпиндельные фрезерные головки, головки для фрезерования реек, копировальные приспособления и т. д.

2. Приспособления второй группы (кардинально меняют характер выполняемых на станке технологических операций): долбежные, сверлильные и шлифовальные головки и т. д.

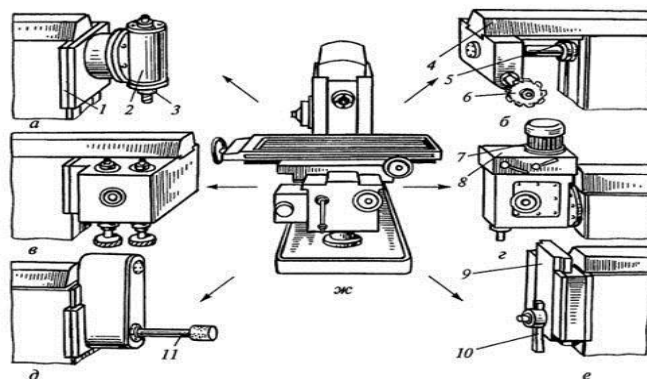


Рис. 3. Приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков: а – дополнительная вертикально-фрезерная головка; б – приспособление для фрезерования реек; в – двухшпиндельная фрезерная головка; г – сверлильная головка; д – шлифовальная головка; е – долбежная головка; ж – общий вид станка; 1 – устройство для крепления на станке; 2 – инструментальная головка; 3 – концевая фреза; 4 – хобот станка; 5 – шпиндель станка; 6 – фреза; 7 – приводной электродвигатель; 8 – корпус головки; 9 – салазка инструмента; 10 – инструментальная оправка; 11 – шпиндель шлифовальной головки

Повышение качества обработки и производительности фрезерных универсальных станков 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 увеличение длительности использования старого оборудования [4].

Учитывая все вышеперечисленное, можно с уверенностью сказать, что в современном машиностроительном производстве большое внимание уделено оптимизации производственного процесса путем снижения затрат времени на обработку деталей через модернизацию как старых, так и новых станков за счет добавления к ним специализированных приспособлений и оснастки. Качество механической обработки деталей напрямую зависит от количества приспособлений, установленных на каждый станок, таких как делительные приспособления для фрезерования шпоночных пазов и кулачков, зубчатых муфт, квадратов и шестигранников, специальных приспособлений для фрезерования реек, копировальные

приспособления, а также поворотные столы и различные механизмы закрепления деталей.

Литература

1. Черпаков, Б. И. Технологическая оснастка / Б. И. Черпаков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – № 12. – С. 283.
2. Электронно-библиотечная система: сайт / Справочник фрезеровщика: справочник / Л. Н. Бердников, В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, Е. М. Большаков. – Москва: Машиностроение, 2010. – 272 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/759> (дата обращения: 07.04.2021). – Текст: электронный.
3. Металлорежущие станки / под ред. проф. В. К. Тепинкичиева. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 472.
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. Электронно-библиотечная система: сайт / Грачев, А. С. Металлорежущие станки. Настройка универсальной делительной головки: методические рекомендации / А. С. Грачев, А. Д. Нелюдов. – Пенза: ПензГТУ, 2012. – 18 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/62618> (дата обращения: 07.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.646; 621.3.08

Диагностическое обследование трубопроводной арматуры реакторов ВВЭР-1000 методом статистического анализа

Швец Дмитрий Владимирович, студент специальности

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Лапкис Александр Аркадьевич, старший преподаватель кафедры «Атомная энергетика»

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Волгодонск

В статье рассмотрены и проанализированы диагностические сигналы трубопроводной арматуры, полученные в различные планово-предупредительные ремонты (ППР) на атомных станциях (АЭС) с энергоблоками типа ВВЭР-1000. С целью обоснования работоспособности был предложен способ проведения статистического анализа по типовым группам. В качестве данных для анализа были

взяты результаты диагностического обследования в период последовательных ППР на одном энергоблоке.

Цель проведения работы

По состоянию на 2021 год диагностическое обследование трубопроводной арматуры АЭС проводится согласно разработанной ранее методике [1]. Недостатком проводимых расчетов и измерений является отсутствие типизации арматуры и формирования диагностической модели на основании обследования арматур в типовой группе. Типовая группа – это объединение арматуры по принципу единства конструкции, но различным местам установки.

Целью нашей работы являлось сравнить полученные результаты при проведении анализа стандартными методиками (анализ по ключевым параметрам) со статистическим анализом методом доверительных интервалов.

1. Цели диагностирования арматуры

Диагностическое обследование электроприводной арматуры (ЭПА) с использованием средств и методов технической диагностики позволяет:

- поддерживать требуемый уровень надёжности энергоблоков АЭС за счёт повышения качества ТОиР (техническое обслуживание и ремонт) арматуры;
- принимать решения о продлении межремонтного периода;
- прогнозировать изменения технического состояния на определенный период времени.

Методика технического диагностирования ЭПА заключается в определении электрических параметров (токовые сигналы и сигналы активной мощности).

В качестве данных для диагностики и проведения исследовательской работы были взяты данные с 708 технических позиций с ППР 2019 и 2020 годов.

2. Способ регистрации токовых сигналов

В период планово-предупредительного ремонта на энергоблоках АЭС измерение проводится в шкафах автоматики низковольтных комплексных устройств (НКУ). Регистрация сигналов происходит с использованием бесконтактных преобразователей тока (датчики Холла – «токовые клещи»). Измерение проводилось универсальным переносным комплексом ПКСОД-М [2].

3. Диагностическая модель ЭПА. Анализ по ключевым параметрам

Опыт анализа технического состояния трубопроводной арматуры показывает, что для оценки технического состояния компонентов арматуры, полностью информативным может являться токовый сигнал, снятый с клемм электродвигателя на одной или нескольких фазах.

По результатам анализа схем приводов и полученных измерений (сигналы тока или напряжения) в качестве диагностической модели ЭПА приняли циклограммы огибающих, построенные при обработке полученных сигналов, при выполнении арматурой операций «открытие/закрытие». Огибающие содержат необходимые сведения, характеризующие работу различных узлов трубопроводной арматуры, а также механизмов движения (электродвигатель и электропривод). В современной практике в качестве программы для анализа и построения огибающих используют специализированное программное обеспечение, например, PowerGraph.

Снятие токовых сигналов с трубопроводной арматуры производится при отсутствии движения рабочей среды во время выполнения цикла «открытие/закрытие». Наиболее характерная форма огибающей для полностью работоспособной запорной арматуры приведена на рисунках ниже (рис. 1, 2).

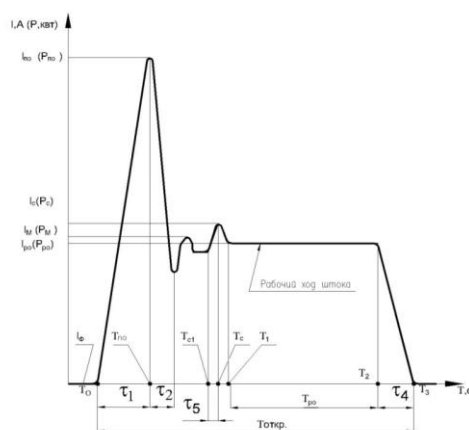


Рис. 1. Пример огибающей токового сигнала работоспособной запорной арматуры при выполнении операции «открытие»

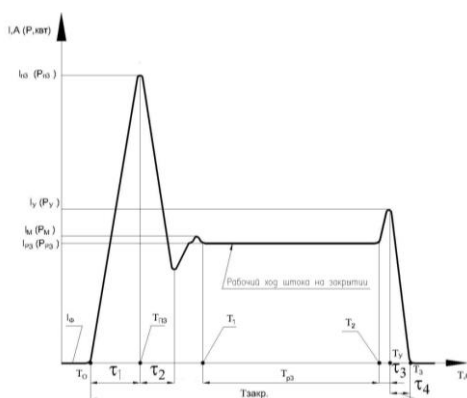


Рис. 2. Пример огибающей токового сигнала работоспособной запорной арматуры при выполнении операции «закрытие»

Параметры, нормированные нормативно-технической документацией [3], паспортами завода-изготовителя на арматуру и ее части (ЭП, ЭД, блок конечных выключателей), а также интервалами на параметры состояния ЭПА, включают:

- время открытия/закрытия арматуры, с;
- пусковой ток, А;
- номинальное значение тока, А;
- значение рабочего тока, А;
- мощность двигателя, Вт;
- плавность хода арматуры;
- отношение пускового тока к току при номинальной мощности;
- частоту вращения выходного вала ЭП;
- частоту вращения выходного вала ЭД.

Согласно методике диагностирования, определяющими параметрами работоспособности ЭПА являются время работы арматуры (время открытия/закрытия) и «плавность хода». В нашей исследовательской работе вычисление плавности хода не является необходимым, так как будет выполнен статистический анализ по параметру «рабочий ток».

Метод анализа по ключевым параметрам заключается в сравнении полученных значений во время выполнения операций «открытие/закрытие» по сигналам тока со значениями, установленными документацией для данного типа арматуры. Нормативные значения времени срабатывания заданы в ТУ, ТЗ и паспорте на конкретную арматуру. В соответствии с требованиями ГОСТ 8.563 [4] величина погрешности измерений не должна превышать 5 % от нормативного значения.

По проведенному анализу, согласно вышеописанному методу, получились следующие результаты:

- частично работоспособные: 14 позиций по энергоблоку.
- неработоспособные: 4 позиции по энергоблоку.

4. Статистический анализ

Использование статистического анализа для оценки работоспособности трубопроводной арматуры заключается в сравнении полученных параметров данной типовой группы (однотипная арматура) с полями допусков на отклонение этих параметров.

В данном случае термин «однотипная арматура» означает, что трубопроводная арматура имеет одинаковую конструкцию, произведена на одном заводе-изготовителе, однако установлена в различных системах энергоблока и имеет различные технологические позиции.

При статистической обработке выборок параметров исправной арматуры данного типоразмера необходимо учитывать следующее – средний объем выборок

исправной арматуры одного типоразмера при регистрации диагностических параметров в процессе проведения ежегодных ППР оборудования энергоблоков не превышает четыре-шесть единиц, что соответствует случаю «малой выборки», когда определение законов и параметров распределения отклонений в выборке затруднительно.

В случае малой выборки интервальная оценка параметров проводится с использованием доверительных интервалов, которые рассчитываются с использованием распределения Стьюдента. Расчет полей допусков и доверительных интервалов проводилось средствами Microsoft Excel с помощью встроенной функции.

Вычисление доверительных интервалов проводилось с помощью следующей формулы:

$$\left[m_x - t_a \frac{s_x}{\sqrt{n}}; m_x + t_a \frac{s_x}{\sqrt{n}} \right] - \text{доверительный интервал,}$$

где: m_x – среднеарифметическое значение параметра; s_x – статистическое СКО, n – количество значений параметра в выборке; t_a – квантили распределения Стьюдента порядка α с k степеней свободы: $k = n - 1$.

Согласно методике диагностирования, малая выборка начинается от трёх позиций в одном типе арматуры, поэтому нам удалось провести статистический анализ на 381 трубопроводной арматуре.

При статистическом анализе удастся определить отклонение параметров в типовой группе арматуры. С его помощью нами были получены результаты: у 80 арматур наблюдается выход за рамки установленного доверительного интервала. 14 арматур из этого списка признаны частично неработоспособными и по ним вынесена рекомендация по настройке конечных выключателей электропривода, во избежание последующих ухудшений.

При проведенном статистическом анализе на рабочих токах был сделан вывод, что данный анализ показывает динамику ухудшения работы электродвигателя, а также проведенную замену ЭД.

Вывод.

В проведенном исследовании были выявлены несоответствия в работе электропривода арматуры у 26 %, при этом на 3,6 % была произведена замена ЭП. Замена привода и двигателя проводились после полученных данных в ППР 2019 года и последующего выхода из строя данных элементов. Проведя сравнение статистического анализа и анализа по ключевым параметрам, мы пришли к выводу, что без проведения статистического анализа с уже имеющейся базой данных, не представляется возможным полное обоснование работоспособности трубопроводной арматуры.

Статистический анализ, в отличие от анализа по ключевым параметрам, дает возможность увидеть динамику ухудшения работы арматуры в типовой группе. Так, по статистическому анализу было выявлено ухудшение работы у 81 позиции, когда по анализу ключевых параметров было выявлено лишь 14 позиций.

Литература

1. МТ 1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной арматуры. Методика». – НИИ «Энергомашиностроения», 2010. – 127с.
2. Южный Федеральный Университет: [сайт] / Отдел аналитического приборостроения. – URL: https://sfedu.ru/www/stat_pages22.show?p=ELS/inf/D&x=ELS/-240 (дата обращения: 10.04.2021). – Текст: электронный.
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. – НП-068-05, 2006. – 86 с.
4. ГОСТ 8.563 «Методики (методы) измерений»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: переиздание 2011. – М: Стандартиформ, 2011. – 20 с.

УДК 621.184.4

Задачи автоматизации деаэратора атомной станции

Юшкова Анастасия Олеговна, 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

Исследовано назначение и принцип работы деаэратора атомной станции, выполнен анализ материальных потоков на входе и выходе деаэрационной колонки и бака, рассмотрен деаэратор как объект регулирования уровня в баке и давления в головке, сформулированы задачи автоматизации работы деаэратора.

Деаэратор – техническое устройство, реализующее процесс деаэрации некоторой жидкости (обычно воды или жидкого топлива), то есть её очистки от

присутствующих в ней нежелательных газовых примесей. Данное устройство применяется в различных отраслях: вакуумные и атмосферные в системах теплоснабжения и отдельных технологических процессов промышленности, повышенного давления на ТЭС и АЭС. Дополнительная функция деаэратора – резервуара для создания запаса питательной воды (например, для подпитки теплосети в электрических станциях или котловой воды в котельных).

На атомной станции конденсатно-питательном тракте могут присутствовать различные примеси:

- газообразные (воздух за счет присосов из конденсатора, углекислый газ из-за разложения бикарбонатов, азот, аммиак);
- твердые (продукты коррозии материалов конструкций);
- естественные (хлориды, кремнекислоты и т. д.).

Примеси агрессивно влияют на материалы, из которых изготовлено технологическое оборудование АЭС, поэтому остро стоит задача их удаления из тракта. При этом используется термический метод, в результате которого происходит нагрев воды до кипения и создание возможно большего парциального давления водяных паров. Преимущества метода заключается в удалении любых газов, при этом не вносятся дополнительные примеси в отличие от химического метода.

По назначению выделяют следующие типы деаэраторов:

- деаэрация питательной воды парогенераторов и реакторов (струйные деаэраторы и барботаж при давлениях 0,6-1,2 МПа) – ДПВ;
- деаэрация питательной воды испарителей – ДА при давлении около 0,12 Мпа;
- деаэрация подпиточной воды тепловых сетей – ДВ при температуре 60-70 °С.

В статье рассмотрен деаэратор ДП-3200 (2x1600) / 185, состоящий из двух деаэрационных колонок ДП-1600-2 струйно-барботажного типа и деаэрационного бака в виде горизонтального цилиндрического сосуда диаметром 3442 мм и длиной 23415 мм рабочей емкостью 185 м³. Деаэрационная установка целиком содержит два бака и четыре колонки (по 2 на каждый бак). Она предназначена:

- для удаления из питательной воды коррозионно-активных газов;
- для создания рабочего резерва питательной воды в баках-аккумуляторах для компенсации небаланса между расходом питательной воды, подаваемой питательными насосами в ПП и количеством основного конденсата турбины, подаваемого в деаэраторы;
- для подогрева питательной воды в регенеративном цикле турбоустановки;
- для подачи пара на уплотнения турбины при работе блока на номинальных

параметрах.

Упрощенное представление материальных потоков в деаэраторе представлено на рис. 1 [1, 2].

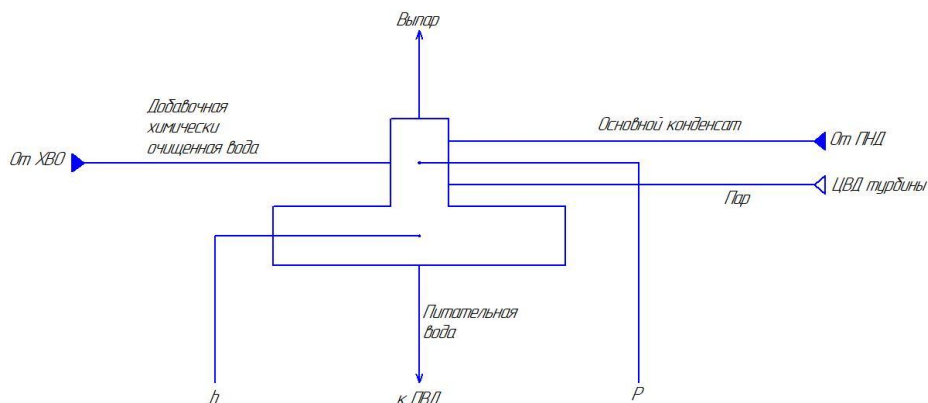


Рис. 1. Материальные потоки в деаэраторе

При более детальном рассмотрении можно выделить следующие входные потоки [3]:

1) В деаэрационную колонку (головку):

- основной конденсат от подогревателя низкого давления;
- химически очищенная вода;
- рециркуляция вспомогательного электропитательного насоса (ВПЭН);
- греющий пар из коллектора собственных нужд и выпар из расширителя

продувки парогенератора;

- отсос паровоздушной смеси из ПВД-6,7;
- конденсат второго контура из спецкорпуса;
- очищенная продувка парогенератора.

2) В деаэрационный бак:

- деаэрированная вода из деаэрационных колонок;
- рециркуляция турбопитательного насоса (ТПН);
- конденсат греющего пара из ПВД-5, конденсатосборника первой и второй ступени сепаратора-пароперегревателя.

Выходные потоки:

1) из колонки: выпар на эжекторы турбины или в атмосферу;

2) из бака:

- питательная вода на всас ВПЭН и ТПН;
- пар на уплотнения турбины (из паровой уравнивающей линии);
- опорожнение деаэрационных баков в расширитель дренажей машзала.

Рассмотрим более подробно задачи регулирования таких параметров деаэратора,

как уровень и давление. Косвенным показателем баланса между расходом питательной воды и расходом конденсата, возвращающегося из турбины, служит уровень воды в деаэрационном баке. Таким образом, при автоматическом регулировании деаэратора возникают две задачи: стабилизация состояния насыщения в головке и уровня воды в баке. С точки зрения стабилизации режима деаэрации (насыщения) безразлично, как регулировать режим: по температуре или давлению. Однако из-за инерционности датчиков температуры и трудности нахождения представительной точки в головке деаэратора для измерения температуры деаэрированной воды регулирование осуществляют по давлению. Таким образом, деаэратор как объект управления имеет две регулируемые величины: давление и уровень (рис. 2, 3).

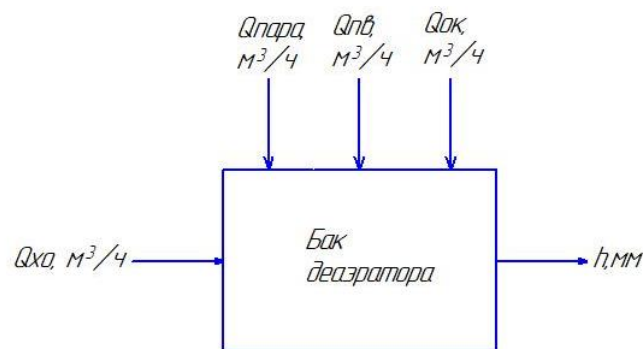


Рис. 2. Деаэратор как объект регулирования уровня

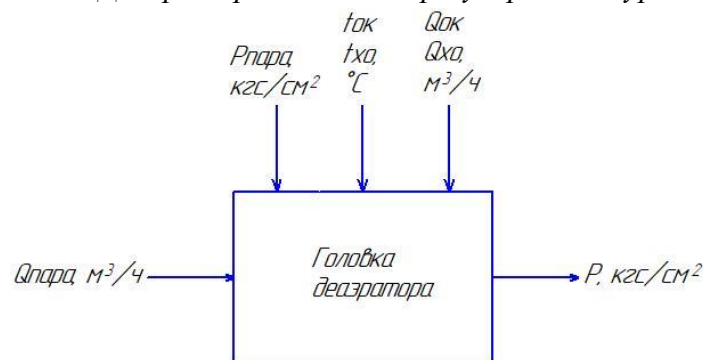


Рис. 3. Деаэратор как объект регулирования давления

Возмущающими воздействиями на давление являются расход и давление греющего пара, расход и температура конденсата. Влиянием уровня воды в баке на давление можно пренебречь. Возмущающими воздействиями на уровень является расход пара, конденсата и питательной воды. Регулирующим воздействием для стабилизации давления является расход греющего пара, а для стабилизации уровня – расход добавочной химически очищенной воды.

На практике возможны следующие причины, приводящие к отклонению давления и уровня (табл. 1).

Причины, вызывающие на практике отклонения давления и уровня

Параметр	Отклонение	Причина
Давление	Повышение	- неисправность в цепях автоматического управления регулятора давления; - заедание регулирующего клапана в промежуточном положении, увеличенный нерегулируемый пропуск клапана; - попадание в деаэраторы «пролетного» пара.
	Снижение	- снижение давления греющего пара; - неисправность в цепях автоматического управления регулятора давления; - механическое повреждение регулирующего клапана; - резкое понижение температуры основного конденсата; - резкое увеличение расхода основного конденсата.
Уровень	Повышение	- неисправность в цепях автоматического управления регулятора уровня.
	Снижение	- неплотно закрыта сливная арматура; - неисправность в цепях автоматического управления регулятора уровня; - нарушения в работе конденсатных насосов или регулятора уровня в конденсаторе; - резкое увеличение расхода питательной воды.

Таким образом, задачи автоматизации деаэратора заключаются в следующем:

- 1) автоматическое регулирование давления пара в головке деаэратора;
- 2) автоматическое регулирование уровня воды в деаэраторном баке.

Для этих целей необходимо иметь исполнительные механизмы с целью регулирования расхода на линиях подвода пара и добавочной химически очищенной воды, а также контролировать их значения соответствующими датчиками.

Для контроля возмущающих факторов необходимо иметь показания датчиков следующих параметров: давление пара, температуру ХОВ, расход и температуру основного конденсата, расход питательной воды.

Во время работы деаэрационной установки в режиме нормальной эксплуатации контролируются и регулируются основные параметры согласно табл. 2.

Таблица 2

Значения величин основных параметров режима нормальной эксплуатации

Наименование параметра	Задача автоматизации	Номинальное значение
Давление в деаэраторе (колонке), кгс/см ²	Регулирование	6±0,2
Уровень в деаэраторе (баке), мм	Регулирование	2550±50
Температура питательной воды за деаэратором, °С	Контроль	164
Температура ХОВ, °С	Контроль	35
Давление конденсата греющего пара ПВД-6 перед деаэратором, кгс/м ²	Контроль	18,6
Давление греющего пара, кгс/м ²	Контроль	8,5
Давление ХОВ перед колонками, кгс/м ²	Контроль	9,0
Расход ХОВ, м ³ /час	Контроль	50
Расход основного конденсата на деаэратор, м ³ /час	Контроль	3350

В дальнейшем планируется провести математическое моделирование элементов САР давления пара в деаэраторе с целью определения передаточных функций и разработать закон регулирования для получения заданных показателей качества системы в статическом и динамическом режимах работы.

Литература

1. Волощенко, А. В. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А. В. Волощенко, Д. Б. Горбунов. – Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 108 с.
2. Демченко, В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭЦ / В. А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 305 с.
3. Системы турбинного отделения. Часть 1. Министерство РФ по атомной энергетике. Концерн «Росэнергоатом». – Балаково: БАЭС, ЦПП, 2000. – 366 с.

СЕКЦИЯ 2
«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

УДК 004.75+378.147

Облачные технологии хранения данных в современном образовании

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»;

Ефремов Роман Валерьевич, старший преподаватель 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 возможности использования облачных технологий в образовании. Раскрывается потенциал применения облачных сервисов для модернизации образовательного процесса. Выделяются достоинства использования облачных технологий, как для преподавателей, так и для обучающихся. Отмечаются различные направления использования облачных технологий в образовательном процессе. Также в статье приводятся современные облачные хранилища данных и их характеристики.

В настоящее время все сферы нашей жизни становятся полностью неотделимы от информационных технологий. Информационный прогресс не может обойти стороной и сферу образования. В последнее время появляется множество электронных учебников, интерактивных тестирований и дистанционных лекций, что становится возможным именно благодаря модернизации образования с применением информационных технологий [4, 6, 8, 9].

Что касается применения информационных технологий в образовательных целях, облачные технологии, безусловно, вырываются вперед по важности и полезности в этой области. Они представляют собой некую модель, которая позволяет получать доступ к информации, находящейся в удаленном хранилище, называемом облаком. Облако находится в открытом доступе, а данные из него могут быть получены крайне быстро, при этом обмен информацией с провайдером является минимальным.

То есть в облачных сервисах применяется распределенная обработка данных: при работе с ними данные с сервера предоставляются пользователю в реальном времени.

Для работы в облаке достаточно иметь компьютер или мобильное устройство, подключенное к Интернету, а также действующую электронную почту, на которую будет отправлено электронное письмо. Для завершения регистрации необходимо подтвердить электронную почту, перейдя по ссылке, указанной в письме [3].

Основным достоинством облачных технологий, несомненно, является возможность удаленного доступа к информации в облачном сервисе, ведь это позволяет работать с необходимой информацией, находясь в любой точке планеты, главное – это иметь доступ в интернет.

В свою очередь возможным недостатком облачных технологий можно считать зависимость от подключения к сети. При работе с облачными технологиями необходимо всегда делать резервные копии, сохранять необходимые документы на компьютере или переносных носителях. Также существенным недостатком является безопасность и защита персональных данных, не стоит хранить в облачных сервисах конфиденциальную информацию, ведь она всегда может попасть в руки злоумышленников.

Таким образом, для модернизации образования, повышения доступности, эффективности и качества обучения можно использовать различные удаленные сервисы, учитывая следующие преимущества облачных технологий [2]:

- пользователи различных облачных сервисов могут одновременно пользоваться одним и тем же документом с необходимой для обучения информацией. В качестве такого документа может выступать учебная литература и видеофильмы, обучающие тесты и игры, различные профессиональные сообщества, а также всевозможные информационно-поисковые системы интернета;

- возможность получения информации из образовательных источников в комфортное для пользователя время, а также в любой обстановке: на учебе или дома. Сопутствующим плюсом является значительная экономия времени, которое также можно потратить на обучение и саморазвитие;

- пользователям облачных сервисов предоставляется возможность работы с удаленными данными со своего компьютера или прямо с мобильного устройства, такого как планшет или смартфон, необходимым условием является лишь наличие подключения данного устройства к интернету;

- синхронизация копий документов, которые изменяются пользователями, со своевременным обновлением содержимого документа;

– работа с облачными технологиями позволяет будущим специалистам еще в процессе обучения выбрать будущую сферу деятельности и развить в себе навыки для работы в интернете, которая на данный момент становится все более актуальной для большого числа специальностей, переходящих на удаленную работу;

– разграничение прав доступа к файлам в облачном хранилище позволяет управлять качеством и количеством предоставляемых пользователям материалов для обучения;

– возможность общения в групповых беседах и полноценных видеоконференциях для более быстрого решения возникающих проблем или внесения предложений в разработку совместного проекта.

Вышеизложенные достоинства облачных технологий значительно оптимизируют образовательный процесс в целом. При более детальном рассмотрении применение облачных вычислений делает возможным для преподавателей хранение образовательной информации в облачном хранилище и контролирование выполнения заданий обучающимися, а также добавление комментариев и ответы на вопросы обучающихся, не используя сторонние приложения. Подобным образом применение облачных технологий в образовательной деятельности своими достоинствами позволяет также упростить работу обучающимся. Обучающиеся получают постоянный доступ к образовательной литературе и собственным документам в любое время и из любого места.

Таким образом, использование облачных вычислений имеет широкие перспективы дальнейшего развития образовательных технологий, в настоящий момент приобретающие все более высокий темп. Это становится очень важным шагом и для развития самообразовательной деятельности, а также предоставляет возможность создания условий для дистанционного обучения. Благодаря своим преимуществам облачные интернет-технологии могут быть широко применимы практически в любой профессиональной или образовательной сфере [7].

Ежедневно в сфере распределенной обработки данных появляются современные разработки с совершенно новыми возможностями и преимуществами удаленной работы с информацией. Одной из таких современных разработок являются облачные хранилища данных. Они неким образом представляют собой модель онлайн-библиотеки с данными, которые содержатся на серверах, следовательно, именно они предоставляются пользователям. Это значит, что пользователю не нужно хранить данные на своем компьютере или даже приобретать какой-либо сервер для хранения собственной информации. Достаточно лишь воспользоваться услугами облачного

сервиса, внутренняя структура удаленного сервера не доступна пользователю, что очень облегчает ему работу с данными. Теперь данные пользователя находятся в удаленном хранилище, но с ними можно работать так же, как и с информацией на локальном компьютере. Удаленное хранилище представляет собой один или несколько виртуальных серверов, находящихся в разных местах, но объединенных в единую систему по сети. Такая структура напоминает скопление мельчайших частиц воды, на большом расстоянии выглядящее как единое целое – облако, поэтому удаленные хранилища информации принято называть облачными хранилищами или просто облаками.

Использование различных платформ для обмена файлами или почтовых сервисов со временем теряет свою значимость из-за ограничений в размерах и количестве информации, а также из-за сложностей, возникающих при отправке данных. В современном мире, когда появилась возможность полноценного дистанционного образования, возникла необходимость более простого и удобного обмена информацией [1].

Поэтому в современный образовательный процесс чаще всего внедряются именно облачные хранилища информации за счет того, что они отражают всю специфику облачных вычислений и имеют все те же достоинства работы с удаленными сервисами.

В настоящее время существует множество облаков для хранения данных. Ниже приведены наиболее известные на данный момент облачные хранилища, а также количество бесплатно предоставляемого пользователям дискового пространства (в гигабайтах):

- Облако Mail.ru (до 100 Гб объема информации бесплатно).
- MEGA (до 50 Гб объема информации бесплатно).
- Google Drive (до 15 Гб объема информации бесплатно).
- Microsoft OneDrive (до 7 Гб объема информации бесплатно).
- iCloud (до 5 Гб объема информации бесплатно).
- Яндекс.Диск (до 3 Гб объема информации бесплатно).
- Dropbox (до 2 Гб объема информации бесплатно).

Самостоятельно организовать собственное облачное хранилище не составляет труда с помощью любого из представленных выше сервисов. Обычный пользователь без особого труда сможет разобраться с тем, как установить и начать работу с каждым из этих программных продуктов, так как в настоящее время при разработке

программного продукта помимо функциональных возможностей и технологии наибольшее внимание уделяется дизайну и удобству эксплуатации.

Все удобство разработанных функций проявляется в легкости освоения сервиса, возможности работы с файлами любого типа и возможности одновременной работы нескольких пользователей с данными при их автоматическом обновлении. Работа с облачными хранилищами является одним из самых простых способов выложить информацию в сеть. Облачные хранилища данных являются кроссплатформенными, работая с разными операционными системами, поэтому пользователю не придется переживать о совместимости программного обеспечения своего компьютера.

Безусловно, облачные технологии хранения информации находят свое применение в самых разных направлениях работы образовательного учреждения. Стоит выделить следующие применения облачных сервисов, которые наиболее часто используются в образовательной практике:

Совместная работа сотрудников образовательного учреждения с документацией. Неотделимой частью работы образовательной организации, конечно, является составление графика проведения лекций, практических занятий, а также консультаций по различным учебным дисциплинам. Соответственно к этой документации добавляются различные объявления с информацией об изменениях в расписании занятий или о предстоящих собраниях.

Совместная проектная работа обучающихся. Для разработки какого-либо проекта обучающиеся получают задания для самостоятельной работы, работы в паре или даже в группе. Преподаватель создает необходимые документы с заданием для каждого обучающегося или группы и дает ссылку на них всем участникам соответствующей группы. У каждого участника любой группы есть собственный уникальный идентификатор, с помощью которого осуществляется доступ в облачное хранилище, в качестве такого идентификатора используется электронная почта обучающегося. В облачном сервисе можно создавать документы любого формата: документы с текстом, Excel-таблицы, мультимедиа-презентации и многое другое. Благодаря использованию технологий удаленного доступа абсолютно каждый обучающийся может вести работу над проектом в одном и том же документе, таким образом изменяя и обновляя его версию. При этом все участники группы могут находиться в разных местах отдельно друг от друга, становится ненужным использовать несколько документов, затем соединяя их в один. Преподаватель имеет возможность комментирования документов для последующей корректировки их

обучающимися. К тому же данная технология может показать, какую часть работы сделал каждый участник группы, что очень удобно для оценивания работ преподавателем.

Дистанционное обучение. Используя вышеперечисленные направления использования облачных технологий можно с легкостью организовать полноценное дистанционное обучение. Например, преподаватель предлагает задание обучающимся в определенном документе. Затем каждый обучающийся отдельно работает с этим заданием в файле. После окончания времени, выделенного на выполнение задания, преподаватель, имея доступ ко всем работам, просматривает каждый измененный документ и оценивает работу каждого обучающегося.

Нет сомнений, что уже сейчас можно определить, какую большую ценность имеют перспективы развития облачных вычислений в сфере образования. Ведь облачные сервисы успешно зарекомендовали себя в научных исследованиях, технических разработках и самое главное – дистанционном обучении, которое все чаще приходит на замену традиционному образованию [5]. Благодаря модернизации образования с помощью данных технологий образовательное пространство становится более открытым и общедоступным.

Обобщая вышесказанное можно прийти к выводу о том, что облачные технологии способны значительно упростить и существенно ускорить время затратный процесс обмена учебными материалами между участниками образовательного процесса, а благодаря своей кроссплатформенности и способности работать на любом мобильном устройстве позволяет обращаться к данным в любое время и из любого места.

Литература

1. Абдулина, Э. М. Облачные технологии в образовании / Э. М. Абдулина // Молодой ученый. – 2019. – № 52 (290). – С. 7-9: [сайт]. – URL: <https://moluch.ru/archive/290/65873/> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.
2. Возможности облачных технологий в электронном обучении / О. И. Ваганова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 6-2. – С. 183-187: [сайт]. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11645> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.
3. Емельянова, О. А. Применение облачных технологий в образовании / О. А. Емельянова // Молодой ученый. – 2014. – № 3 (62). – С. 907-909: [сайт]. – URL: <https://moluch.ru/archive/62/9448/> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

4. Использование облачных технологий в дистанционном обучении: [сайт]. – URL: <https://infourok.ru/ispolzovanie-oblachnih-tehnologiy-v-distancionnom-obuchenii-382518.html> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

5. Облачные вычисления: [сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

6. Облачные технологии: [сайт]. – URL: <https://qwizz.ru/облачные-технологии/> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

7. Сироткин, А. Ю. Применение облачных технологий в системе дистанционного обучения / А. Ю. Сироткин // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. – 2013. – № 1 (21): [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-oblachnyh-tehnologiy-v-sisteme-distantsionnogo-obucheniya/viewer> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст: электронный.

8. 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». – Н. Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2020. – С. 30-34.

9. 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. 293-295.

УДК 004.4

Использование смарт-технологий в образовании

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук,
профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;

Виноградов Артем Алексеевич, студент направления
«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена использованию современных смарт-технологий в области образования. Рассмотрены задачи для достижения цифровизации образования и

принципы смарт-образования. Особое внимание уделено программным средствам как основному компоненту, на котором базируются смарт-технологии.

Стремительное развитие микроэлектроники и информационных технологий приводит к явлению цифровизации – повсеместному внедрению цифровых технологий в различные сферы человеческой жизни, в число которых входит и образование. Основная суть цифровизации в области образования состоит в эффективном и гибком использовании современных достижений науки и техники для реализации уникального персонализированного подхода к учебному процессу. Вместо устоявшегося «бумажного» образования цифровизация предлагает более продвинутое – цифровое. Такой подход предполагает ведение образовательного процесса с использованием компьютеров, планшетов и других «умных» устройств вместо работы с привычными тетрадями и учебниками.

На данный момент выделяют семь основных задач, стоящих перед Россией на пути к достижению цифровизации образования:

- 1) развитие материальной инфраструктуры;
- 2) внедрение цифровых программ (искусственный интеллект, машинное обучение и прочее);
- 3) постепенное развитие электронной системы обучения и отказ от «бумажной»;
- 4) разработка новых систем управления обучением;
- 5) создание и совершенствование универсальной системы идентификации обучающегося;
- 6) реализация моделей идеального учебного заведения;
- 7) повышение уровня владения цифровыми технологиями у преподавателей [9].

Ввиду развития информационно-коммуникационных технологий на смену простому электронному обучению приходят основанные на нем смарт-технологии, основная задача которых состоит в удовлетворении возрастающих потребностей общества к качеству образования.

Смарт-образование основано на следующих основных принципах:

- 1) использование актуальных материалов в образовательной программе;
- 2) организация самостоятельной творческой деятельности учащихся;
- 3) реализация учебного процесса в различных образовательных средах;
- 4) активное участие профессиональных сред в образовательной деятельности;
- 5) персонализация и индивидуализация процесса обучения [6].

Применение смарт-технологий в образовании предоставляет огромные возможности как преподавателям, так и обучающимся. Программное обеспечение, на

котором основаны смарт-технологии, позволяет сделать процесс обучения интерактивным и наглядным.

С помощью такого обеспечения преподаватели могут довольно просто создавать и оформлять учебный материал, моделировать различные эксперименты, производить тестирование учащихся с выводом результатов в реальном времени, демонстрировать тематические фото- и видеоматериалы с возможностью создания пометок и многое другое [1].

Программное обеспечение разрабатывается под различное интерактивное оборудование, к которому можно отнести интерактивные системы, ленты, плакаты, доски, стены, экраны и столы, мультимедиа-проекторы, плазменные панели, мультимедийные глобусы, лингафонные кабинеты и прочее.

Все программные средства, на которых базируются смарт-технологии, можно разделить на несколько основных видов: мультимедийные технологии, проекционные системы, облачные технологии, интерактивные средства, «умные» фото- и видеоредакторы [2].

Рассмотрим каждый из этих видов подробнее.

Как известно, чем больше органов чувств человек использует при восприятии, тем лучше запоминается и усваивается полученная информация. На этом факте основаны мультимедийные технологии, которые направлены на совмещение визуального и аудиального эффектов для представления информации.

По сравнению с традиционными тетрадями и книгами мультимедийные технологии имеют следующие достоинства:

- наличие цветной графики и разнообразных анимационных изображений, аудио-сопровождения, перекрестных и иных ссылок;
- легкость и быстрота обновления материала;
- простота публикации и распространения в сети;
- наличие интерактивных элементов [4].

Мультимедиа-технологии делают процесс обучения более эффективным и наглядным. Практика показывает, что при использовании таких технологий у учащихся повышается мотивированность и заинтересованность в обучении, развивается логическое и аналитическое мышление, а у преподавателей рутинная работа превращается в простую и творческую деятельность.

Очень часто мультимедийные технологии используются в совокупности с проекционными системами, в состав которых обязательно входят проектор, экран, устройства передачи проецируемого материала, система коммутации и управления.

Обычно вместе с интерактивными экранами поставляется специальное программное обеспечение с большим количеством возможностей. Например, можно производить сортировку материалов лекций в нужном порядке, сохранять эти материалы в виде альбомов, содержащих также графические файлы и при необходимости фрагменты выступления, гибко перемещаться в организованной файловой иерархии и прочее [8].

Таким образом, проекционные системы позволяют наиболее полно реализовать мультимедийные технологии, сделав тем самым лекционные и практические занятия более динамичными и яркими.

Благодаря интенсивному развитию аппаратной части компьютерной системы стало возможным появление облачных технологий – такой парадигмы, которая предполагает удаленную обработку и хранение различного рода информации. Эти технологии позволяют отказаться от физических информационных носителей и оперировать над данными, расположенными в облачных сервисах.

Главное преимущество облачных технологий заключается в том, что работать с необходимыми данными можно с любого устройства и из любой точки мира – главное, чтобы был доступ к Интернету. При этом возможно, но совершенно необязательно иметь какое-либо специальное установленное программное обеспечение.

Применительно к образованию облачные технологии оказываются весьма удобными, когда необходимо работать над одним и тем же файлом сразу группе людей. Это могут быть групповые проекты учащихся (обычно заданные на дом) или совместная работа преподавательского состава (образовательные программы и годовые планы). Также облачные технологии применяются в дистанционном обучении для обмена между учителями и учащимися различными документами, тестами и иными работами [5].

Следует отметить, что работа с облачными технологиями невозможна при отсутствии доступа в интернет, что оказывается не всегда удобным.

В ряду современных технологий в области образования можно также выделить интерактивные средства, которые подразумевают активный обмен сообщениями между информационной системой и конечным пользователем в режиме реального времени. Основными интерактивными средствами, используемыми в учебном процессе, являются интерактивные проекторы, планшеты, столы, доски, панели и тренажеры [3].

Для каждого интерактивного средства разрабатывается соответствующее программное обеспечение, которое в полной мере реализует аппаратные возможности целевой платформы. Например, для интерактивных досок весьма популярен

инструмент RM Easiteach, который поддерживает множество разнообразных функций, начиная от простых математических инструментов и заканчивая распознаванием и синтезом речи [7].

Среди «умных» фото- и видеоредакторов можно отметить инструмент Applied Vision от компании Ken-A-Vision, которые прилагаются к документ-камере от того же разработчика. С помощью данного программного средства можно подключить цифровые устройства прямо к компьютеру и взаимодействовать с ними. В программе предусмотрены возможности редактирования сделанных снимков и записанных видеофильмов [10].

Новые технологии в сфере образования на сегодняшний день появляются с гораздо большей скоростью, чем несколько лет назад. Это подтверждает ценность обмена опытом и информацией между людьми, что крайне необходимо современному обществу. Подготовка профессиональных кадров по востребованным специальностям на настоящий момент возможна только с использованием смарт-технологий, поэтому необходимо использовать новейшие достижения науки и техники для развития этой парадигмы и ее внедрения в систему образования.

Литература

1. Smart-технологии в образовании. Интерактивное оборудование: [сайт]. – URL: <https://ppt-online.org/686865> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.
2. Дополнительная общеразвивающая программа «Smart-технологии в образовании»: [сайт]. – URL: https://i/do_oazvihie_progmmi/7smart_tehgii_v_obrnii_.pdf (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.
3. Использование интерактивных средств при обучении в школе: [сайт]. – URL: <https://novainfo.ru/article/16734> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.
4. Мультимедиа технологии в образовании: сайт. – URL: <https://sites.google.com/site/infortechvobrazovanii/multimedijnye-tehnologii-v-obrazovanii> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.
5. Облачные технологии в образовании: [сайт]. – URL: <https://sites.google.com/site/prikinfo16/za-stranicami-ucebnika/oblacnye-tehnologii-v-obrazovanii> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.
6. Основные принципы smart-образования: [сайт]. – URL: https://alley-science.ru/APR18Journal/Oblozhka_Titul_Aprel_3_tom.pdf (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.

7. Программное обеспечение для интерактивных уроков RM Easiteach: [сайт]. – URL: <https://technoboard.by/prammnoe-obenie-rm-easiteach-lia-na-1-kompjuter> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.

8. Проекционные технологии для образования: [сайт]. – URL: <https://sibl.ru/articles/proektsionnyie-tehnologii-dlya-obrazovaniya.html> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.

9. Семь задач цифровизации российского образования: [сайт]. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/5d9ccb49a7947d5591e93ee> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.

10. Технология работы с документ-камерой «Ken-a-vision»: [сайт]. – URL: <https://docplayer.ru/46695631-Tehnologiya-raboty-s-dokument-kameroj-ken-a-vision.html> (дата обращения: 11.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.94

Компьютерные игры как эффективный инструмент обучения

Виштак Ольга Васильевна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии»;

Мамедов Роман Рауфович, студент направления

«Информатика и управление в технических системах»

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

В данной статье затрагиваются особенности влияния компьютерных игр на образовательный процесс. Автор определяет их роль в обучении учащегося. Особое внимание уделяется анализу компьютерных игр, участвующих в данном процессе. Также в статье описываются некоторые жанры компьютерных игр.

Последние несколько лет наблюдается тенденция использования игр в обучении. При выборе этого метода обучения важно правильно разработать стратегию и методику оценивания желаемых результатов. Одним из самых востребованных инструментов обучения являются компьютерные игры [1]. Многие специалисты работают над изучением их роли и потенциала, а также занимаются разработкой педагогической модели применения игр.

На сегодняшний день игры применяются не только в формальном обучении, но также и в неформальном, то есть торговле, сфере здравоохранения и армии. С 2003 года функционирует Саммит по Серьезным Играм, также неоднократно проводятся конференции, посвященные играм и их разработке. Издаётся множество литературы, посвященной практическому применению игр в обучении. Несмотря на наличие довольно богатого обучающего потенциала, применение игр предполагает наличие четкой стратегии, которая позволяет приносить практическую пользу. В течение многих десятилетий игры используются для развития психологического, физического и социального потенциала человека. В формальном и неформальном обучении широко применялись ролевые игры [1, 6]. В системе современного образования все больше учителей высоко оценивают образовательный потенциал игр и все больше применяют их в процессе обучения.

Игры относятся к активному способу обучения, поскольку обучающий процесс проходит не только в форме пассивного слушания или чтения [2, 6]. Игры могут подстраиваться под индивидуальные нужды пользователя, открыть возможности для самостоятельных открытий. Также игры помогают хорошо и надолго запомнить изученный материал. Используемые в неформальном обучении игры порождают рост мотивации и увлеченности. Игры являются важной частью процесса обучения, но их следует использовать только в сочетании с другими методами обучения. Современные игры постоянно развиваются и улучшаются. Увеличиваются графические возможности, скорость обработки информации, объем носителей информации [4]. В ближайшем будущем, когда начнут использоваться речевые технологии, неврологические и тактильные интерфейсы, взаимодействие между пользователями во время игр улучшится. Эти возможности будут широко использоваться в сфере образования.

Компьютерные игры используются в обучении уже больше 10 лет. Изначально игры, задуманные как обучающие, носят собственное название «Серьезные игры». Они построены таким образом, чтобы цели обучения можно было легко определить, а результаты обучения воплотить в реальность. Именно это отличает их от развлекательных игр. «Серьезные игры» не слишком часто используются в формальном образовании, но для внешкольного обучения они весьма популярны.

Впервые этот термин был применен более 40 лет назад для описания военных игр и симуляций, использовавшихся в обучении. Они были определены следующим образом: «у них есть ярко выраженные и тщательно продуманные образовательные цели, и их основная цель не ограничивается развлечением, что, конечно, не означает,

что они не развлекают или не должны развлекать вообще». Как разделить развлекательные игры и серьезные – этот предмет дискуссии, которая длится и по сей день [3].

В статье «От визуального моделирования до виртуальной реальности в играх» профессор Майкл Зида обеспечил логический подход к термину «Серьезные игры» и дал следующие описания:

— игра – это физическое или умственное соревнование, проводимое в соответствии определенным правилам, с целью забавного и полезного времяпрепровождения;

— видеоигра – это умственное соревнование, играемое с компьютером согласно определенным правилам для развлечения и отдыха;

— серьезная игра – это интеллектуальное состязание, проводимое с компьютером в соответствии с определенными правилами, которое способствует использованию корпоративного обучения, образования, здравоохранения, государственной политики и стратегических коммуникационных целей.

До сих пор нет никакого единственного определения «Серьезные игры», хотя они как обычно считаются играми, которые используются для обучения, рекламы, моделирования или образования. Дополнительные определения включают применение понятий игр, технологий и идей приложений. Это может также включать определенные аппаратные средства для видеоигр, таких как фитнес-игра.

«Серьезные игры» нацелены на широкий круг пользователей, включая начальное, среднее или профессиональное образование [3]. «Серьезные игры» могут быть в любом жанре, использовать любую игровую технологию и разрабатываться для любой платформы. Некоторые могут считать их своего рода образовательными, однако оплот сообщества – стойкий к этому термину.

«Серьезные игры» – это не одно только моделирование. Это может быть моделирование, объединенное с элементами игрового процесса. У всех есть взгляд и чувство игры, шанс победить, но соответствовать соревнованиям по не игре или процессам от реального мира, включая деловые операции и военные операции (даже при том, что много популярных игр развлечением изобразили деловые операции и военные операции). Игры созданы для обеспечения вовлеченности пользователей за счет самоусиливающегося контента, который мотивирует и обучает игроков. Другими целями для таких игр являются маркетинг и реклама [4].

Моделирующие игровые разработки в советской образовательной и социальной практике проводились прежде всего на базе системно-мыслящей деятельности (СМД)

методологии [4]. На ней были основаны организационно-деятельностные игры (ОДИ), которые имели отчетливый исследовательский характер.

В игровых обучающих технологиях, основанных на моделирующих разработках, задачи обучения могут сочетаться с задачами, которые выходят за традиционные рамки образовательной практики: исследование реальности, воздействие на умы пользователей. Тенденция последнего десятилетия – это авангардные методы исследования и моделирования реальности, интегрируются с игровыми обучающими технологиями, исследованием сложной социально-политической или военной реальности и генерацией нового опыта.

Создание высокореалистичных виртуальных игровых сред с функциями обучения и экспериментирования – это тенденция, которая влияет на современную игровую культуру, меняет «точки отсчета» в разной степени и с разным темпом, но неизбежно будет отражаться в разных областях образования, влиять на характер включения игры в обучение. Особое направление использования «Серьезных» компьютерных имитационных игр с разветвленным сюжетом – сочетание обучения с нетрадиционными для обучения видами деятельности. Анализ применения игровых обучающих технологий подтверждает, что они эффективны для закрепления сведений, освоения нового опыта и его осмысления, применения полученных знаний и навыков в имитируемом, близком к реальному жизненному контексту, формирования ценностных ориентаций. Сфера перспективного применения игровых обучающих технологий – все уровни непрерывного образования – от школы до работы и армии.

На сегодняшний момент «Серьезные игры» разрабатываются в различных жанрах, например:

— Advergames – использование игр в рекламных целях. Этот подход может включать множество различных способов рекламы, более или менее известных из других средств массовой информации (продакт-плейсмент, баннеры в игре или просто транспортные спусковые механизмы).

— Edutainment – комбинация образования и развлечения. Данные игры позволяют уравновесить предмет геймплея и способность игрока, сохранить и применить опыт в реальном мире.

— Edumarket – объединение в игре нескольких аспектов (таких как реклама, образование и новости).

— Newsgames – это игры, в которых сообщается о последних событиях или дается редакторский комментарий.

— Игры-симуляторы – это игры, используемые для приобретения или осуществления различных навыков, чтобы преподавать эффективное поведение в контексте моделируемых условий или ситуаций. На практике моделирование широко используется, например, при управлении различными транспортными средствами (автомобили, поезда, самолеты), отдельными отраслями (транспортный магнат), а также в универсальном бизнес-моделировании, развивая стратегическое мышление и обучая пользователей основам макроэкономики и микроэкономики (менеджмент).

— Убедительные игры – это игры, используемые в качестве технологий убеждения.

— Организационно-динамические игры – игры, позволяющие отразить динамику организаций.

— Игры для здоровья – это игры, использующиеся для психологической терапии, познавательного обучения, эмоционального учебного или физического восстановления. Технология и проблемы психического здоровья могут использовать «Серьезные игры», чтобы сделать терапию доступной для подростков, которым психотерапевт был бы недоступен.

— Exergaming – это игры, которые отслеживают движения тела или реакцию.

— Игры искусства.

— Производительные игры – это игры, в которых начисляются призовые баллы за возникшие в реальном мире проблемы, используемые в списках дел.

— Обучающие игры.

— Целевые игры – это игры, имеющие различные задачи, которые требуют здравого смысла или человеческого опыта.

На сегодняшний день «Серьезные игры» имеют большой обучающий потенциал. Они могут быть широко использованы в рамках обучения, однако эффективность их использования напрямую зависит от пользователей. Есть все основания предполагать, что в будущем будет существовать эффективная методология применения игр в процессе обучения и они будут разрабатываться в соответствии с новыми требованиями, предъявляемыми образовательным сообществом.

Литература

1. Игровые компьютерные технологии в системе образования: [сайт]. – URL: <http://technology.snauka.ru/2016/09/10429> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.

2. Игровые обучающие технологии: [сайт]. – URL: http://www.iedtech.ru/files/journal/2016/2/9_2_2016.pdf (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
3. Использование серьезных игр в обучении: [сайт]. – URL: <https://hr-portal.ru/story/ispolzovanie-serезnyh-igr-v-obuchenii> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
4. Серьезная игра: [сайт]. – URL: <http://ru.knowledgr.com/серьезнаяигра> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
5. Exergaming: [сайт]. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Exergaming> (дата обращения: 22.04.2021). – Текст: электронный.
6. 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.
7. Виштак, Н. М. Критерии построения компьютерных обучающих игровых 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.
8. Напалков, С. В. Об игровых и исследовательских заданиях тематического образовательного web-квеста развивающего назначения / С. В. Напалков // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Развивающий потенциал образовательных Web-технологий». – Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ, 2018. – С. 104-111.
9. Антонова, А. В. Ознакомление дошкольников с предметным миром в дидактических играх с конструктором LEGO / А. В. Антонова, А. А. Гацуцина // Дошкольник. Методика и практика воспитания и обучения. – 2019. – № 6. – С. 60-64.
10. Виштак, О. В. Технологии разработки образовательных web-ресурсов / О. В. Виштак, И. А. Штырова, В. И. Жирнов // Сборник статей участников Международной научно-практической конференции «Развивающий потенциал образовательных Web-технологий». – Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ, 2018. – С. 162-166.

11. 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.

УДК 004.775

Анализ образовательных информационно-контентных систем

Виштак Наталья Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Смирнов Алексей Родионович, 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 современной системе образования очень изменилась форма взаимодействия преподавателя и обучаемого, благодаря появлению информационно-контентных систем (ИКС). ИКС дают преподавателю и обучаемым новые возможности, предоставляя свободный доступ к необходимой информации для формирования собственного мнения по различным проблемам и возможностям их исследования.

Информационно-контентная система (ИКС) – это совокупность, включающая вычислительное и коммуникационное оборудование, программное обеспечение (ПО) и системный персонал, который обеспечивает поддержку динамической информационной модели системы образования для удовлетворения информационных потребностей в образовании человека [1, 6-9].

ИКС повышает качество обучения и развитие познавательной активности обучаемых; сокращает время преподавателей и администрации учреждения на выполнение рутинных операций, осуществляет оперативный контроль и анализ учебной деятельности; качественно заполняет учебный процесс учащегося с первых дней его пребывания в образовательном учреждении до последнего выпускного экзамена; вводит новые формы и методы работы [3].

Рассмотрим наиболее используемые информационно-контентные системы, такие как:

«КМ-Школа» – эта ИСУ обладает уникальной базой знаний, соответствующей современным образовательным стандартам, включая более 2 миллионов информационных объектов, инструменты управления контентом, программное обеспечение для школы менеджмента, интернет-сервисы, включая систему поддержки для всех участников в учебном процессе, обеспечивая им круглосуточный доступ к образовательному portalу «Школьный клуб» и КМ-wiki.

Учебное заведение получает набор цифровых ресурсов по всем предметам и, благодаря инструментам, создает единое интернет-пространство. Преподаватель имеет возможность проводить уже готовые уроки по предметам образовательной программы, а также получать набор инструментов для создания собственных уроков, викторин и тестов. Благодаря этому можно эффективно использовать интерактивные доски, компьютеры, ноутбуки, мультимедийное оборудование и при необходимости пользоваться доступом в Интернет, обеспечивая сетевое взаимодействие всех участников педагогического процесса, расширяя предметные, междисциплинарные и интеграционные связи в образовательном процессе [1].

При использовании такой ИСУ в образовательном учреждении поддерживается все разнообразие организационных форм обучения на аудиторных и внеаудиторных мероприятиях, проектной деятельности, повышение уровня информационной культуры, как студентов, так и преподавателей, эффективно организовывается образовательная деятельность. Формируются коммуникативные, социальные и информационные компетенции, соответствующие современному уровню развития информационных технологий [2].

«1С: Образование» – данная ИСУ предназначена для организации и поддержки учебного процесса. Система позволяет использовать цифровые образовательные ресурсы Единой коллекции, которая включает более 90 000 ресурсов.

Новая серия «1С: Школа» – продукт нового поколения, не имеющий аналогов на российском рынке образовательных программ: его технологические возможности позволяют решать практически любые современные задачи в области образования, организации и проведения учебного процесса [1].

«Открытый колледж» – проект компании Физикон «Открытый колледж» по дистанционной подготовке к сдаче экзамена. Более 10 лет этот образовательный портал помогает старшеклассникам подготовиться к поступлению в университеты. Физикон

разработан лучшими методистами, опытными преподавателями, преподавателями ведущих вузов страны.

Приобретая доступ к платной услуге, пользователь получает:

- ЕГЭ-тренажер, а также обучение заполнению анкеты. Все тесты подготовлены в соответствии с требованиями Федерального института педагогических измерений 2010 года;

- индивидуальная программа обучения экзаменационным решениям, экспертная помощь, оценка уровня готовности, общение с виртуальным преподавателем и получение электронных консультаций;

- материалы для самостоятельного изучения основных предметов школьной программы и решения задач;

- оригинальные учебники и конспекты [1].

«Федеральный центр информационных и образовательных ресурсов (ФЦИОР)» – каталог, в котором информация систематизирована по основным разделам: основное общее образование, среднее общее образование, начальное профессиональное образование, среднее профессиональное образование. Данный проект направлен на распространение электронных образовательных ресурсов и сервисов для всех уровней и ступеней образования.

На сайте ФЦИОР есть каталог электронных образовательных ресурсов разного типа. В настоящее время каталог сайта объединяет более 12000 электронных образовательных модулей, созданных для общего образования, и более 5000 – ориентированных на профессиональное образование.

«Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» предназначена для учреждений общего и начального профессионального образования. Сайт содержит разнообразные цифровые образовательные ресурсы, учебные материалы, тематические коллекции, инструменты поддержки образовательной деятельности и организации учебного процесса [4].

«Кирилл и Мефодий» – сайт создан на основе лучших образовательных и развивающих программ, разработанных Кириллом и Мефодием. Здесь можно учиться и играть, закреплять материал школьной программы. Образовательный раздел содержит увлекательные уроки с богатыми примерами и красочными иллюстрациями. В развлекательной части много веселых конкурсов и динамичных игр, которые больше всего нравятся детям. Занятия могут быть организованы со взрослыми или самостоятельно. Простая навигация, персонажи-помощники, озвученные задания

помогут ребенку справиться с уроками любой сложности. Дневник поможет родителям отслеживать успехи своего ребенка.

«Телешкола» – дистанционное обучение, основанное на использовании новых информационных технологий и учебных пособий, в настоящее время становится все более актуальным, поскольку может наиболее гибко и адекватно реагировать на потребности общества и является высокотехнологичной формой получения качества. Образование вне зависимости от места жительства. Это позволяет образовательным учреждениям существенно изменить организацию учебного процесса и дает возможность студентам осваивать образовательные программы, основанные на принципах открытого образования [4, 5].

«Рубрикон» – крупнейший энциклопедический ресурс в Рунете: полные электронные версии важнейших энциклопедий, словарей и справочников, изданных в России за последние сто лет, включая Большую советскую энциклопедию. Полнотекстовый поиск и поиск иллюстраций. Библиотека бизнес-образования. Ежедневная подборка научно-популярных статей из журналов.

TeachPro – это дистанционное обучение, основным видом деятельности которого является разработка и создание мультимедийных обучающих программ.

За последние годы создано более 160 предметов для нескольких стран, в том числе для России. Иностранные языки, компьютерная грамотность, школьные и некоторые специальные дисциплины [4].

«Глобальная сеть дистанционного образования» (GlobalDistEdNet) – это сеть веб-сайтов, содержащих тщательно отобранные и систематизированные аналитические и описательные материалы и данные по современной теории, методологии и передовой практике открытого и дистанционного образования.

«Аверс» – многопрофильная компания, специализирующаяся на разработке и внедрении программного и аппаратного обеспечения для автоматизации управленческой, финансово-хозяйственной деятельности бюджетных учреждений различной ведомственной принадлежности.

GNU / Linuxcenter – поставщик бесплатного программного обеспечения и технической поддержки [2].

Использование ИТ в образовании привело к появлению нового поколения образовательных информационных технологий, которые улучшают качество образования, создают новые образовательные инструменты и более эффективно взаимодействуют с компьютерами, что привело к совершенно новым методам обучения. Следует отметить авторские разработки внедрения мобильных и

виртуальных приложений в учебный процесс, характерные для «островковой» информатизации [6-9]. Новые информационные образовательные технологии на основе компьютерных средств позволяют повысить эффективность занятий на 20-30 %, в том числе и в дополнительном образовании [4].

Литература

1. Информационные системы для школы: [сайт]. – URL: <http://anneorg.ru/teach/school> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
2. Информационные системы школ: [сайт]. – URL: <http://www.digital-edu.ru/iss/> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
3. Информационные системы для школы: [сайт]. – URL: <http://infourok.ru/informacionnie-sistemi-dlya-shkoli-2876252.html> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
4. ИКС – информационно-контентные системы: [сайт]. – URL: <https://sites.google.com/site/proektnaarabotasmirnovapetrova/iks-informacionno-kontentnye-sistemy> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
5. Информационные системы для школы: [сайт]. – URL: https://lbz.ru/gazeta/vyp/nomer.php?ELEMENT_ID=1330 (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
6. Кох, Ю. А. Использование сети интернет в процессе обучения персонала энергетического предприятия / Ю. А. Кох, Н. М. Виштак // Сборник трудов научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – С. 70-74.
7. Виштак, Н. М. Использование мобильных технологий в вузе / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. А. Ремаренко // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации». – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2017. – С. 615-618.
8. Виштак, О. В. Использование технологии виртуальной реальности для подготовки персонала атомной станции / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции «Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2017». – 2018. – С. 104-106.
9. Vishtak, N. M. / N. M. Vishtak, D. A. Frolov // Сборник AIP Conference Proceedings. – Изд-во: American Institute of Physics Inc. – 2017. – P. 040007.

Сравнительный анализ программного обеспечения для демонстрации экрана

Дружин Дмитрий Сергеевич, 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

Использование программ для демонстрации экрана позволяет повысить результативность образовательного процесса. В данной статье рассматриваются основные функции программного обеспечения для демонстрации экрана. Проводится сравнительный анализ функциональных возможностей существующего программного обеспечения для демонстрации экрана.

В настоящее время в процессе обучения довольно часто возникает необходимость демонстрации действий, производимых преподавателем на своем компьютере. Демонстрация экрана, или демонстрация рабочего стола – это функция, позволяющая отображать содержимое экрана на экране другого устройства или нескольких устройств. Использование программ для демонстрации экрана позволяет обеспечить наглядность, более быстрый обмен информацией как при объяснении нового материала, так и в ходе решения практических задач [1].

Приложения для демонстрации экрана бывают разных видов. Некоторые из них являются частью более широких инструментов видеоконференцсвязи, в то время как другие в первую очередь предназначены для удаленного доступа или ориентированы на простоту использования. Проведем сравнительный анализ существующих на данный момент приложений, поддерживающих функцию демонстрации экрана.

Screenleap является одним из самых простых инструментов для демонстрации экрана. Screenleap предоставляет постоянный URL-адрес, который можно использовать для доступа к трансляции без авторизации. Предоставление доступа может также осуществляться с помощью шестизначного кода доступа, который участники могут ввести на главной странице Screenleap. Так как данный сервис основан на веб-технологиях, это означает, что участники могут присоединиться независимо от их устройства. Просмотр демонстрации экрана в мобильном браузере также удобен, как и на компьютере.

Screenleap не поддерживает видеоконференцсвязь или внесение примечаний, что делает его менее полезным для совместных командных встреч, чем специальный инструмент. Данный инструмент требует постоянного подключения к сети ввиду использования сторонних серверов для поддержания трансляции, также на бесплатном тарифе присутствует ограничение в виде 40 минут трансляции в день и ограничение на одновременное подключение 8 человек. Данный сервис имеет и платные тарифы для снятия ограничений на время трансляции в день, но при этом сохраняется ограничение в 150 одновременных зрителей, которое снять нельзя.

TeamViewer является больше, чем просто инструмент для совместного использования экрана: это полный пакет удаленного доступа, с полной поддержкой корпоративного функционала. Данный продукт создан для групп технической поддержки, но его также можно применять и для организации простой демонстрации экрана.

Функции совместного использования экрана в TeamViewer полностью удовлетворяют всем требованиям, которые можно предъявить к приложению для демонстрации экрана. Организатор сеанса может назначить любого другого участника докладчиком, и все участники могут отмечать информацию на трансляции с помощью инструментов добавления примечаний. Кроме того, присутствует возможность хранить и организовывать сеансы демонстрации экрана, выбрав синхронизацию в облаке. Данный функционал позволяет легко вернуться к проблеме одного пользователя или элементам действий с прошлого собрания команды [4].

Поскольку TeamViewer – это больше инструмент для удаленного доступа, чем для демонстрации экрана, весь процесс основан на том, что по крайней мере один участник встречи передает управление своим компьютером другому. Это не идеально для всех целей совместного использования экрана, но TeamViewer также имеет и специальный режим конференций без передачи доступа, однако вне зависимости от тарифа присутствует ограничение в 10 пользователей в режиме конференций. Отдельно стоит отметить, что продукт бесплатен только для некоммерческого использования.

Slack является корпоративным мессенджером и имеет большое количество интеграций с другими корпоративными приложениями, за счет этого данный сервис может выполнять роль универсального канала активности. Другими словами, Slack позволяет отслеживать ход выполнения работ во множестве приложений. В данном сервисе также присутствует функция организации и записи встреч. Трансляции могут быть частными или открытыми. Каждый сеанс записывается и хранится в архиве в канале, и он доступен для поиска, как и остальные журналы связи [2].

Совместное использование экрана в Slack включает переключение хоста, совместное внесение примечаний и возможность для каждого участника использовать свой собственный курсор на экране хоста. Однако при таком обширном функционале он имеет ряд ограничений при использовании на мобильных устройствах и Linux. Совместное использование экрана с элементом видео не поддерживается на мобильных устройствах, а настольное приложение Linux не поддерживает удаленный доступ или добавление примечаний другими пользователями.

Данное приложение нацелено, прежде всего, на корпоративный сектор и поэтому для подключения каждого пользователя в состав организации в рамках Slack потребует оплаты около 500 рублей каждый месяц.

Zoom считается одним из лучших приложений для видеоконференцсвязи и организации встреч. Даже в нестабильных сетях Zoom удается поддерживать видеосвязь, регулируя качество в зависимости от пропускной способности. Zoom предоставляет легкий установщик практически для каждой операционной системы, дистрибутива Linux и мобильной ОС. При этом функционал не урезается в зависимости от платформы, пользователи Zoom могут проводить собрания с демонстрацией экрана из приложений для настольных компьютеров или мобильных устройств. В мобильных приложениях участники также могут управлять инструментами презентации, чтобы делиться документами или комментировать [3].

Zoom является сложным инструментом видеоконференцсвязи со встроенным совместным доступом к экрану и имеет ограничение 50 одновременных подключений по бесплатному тарифному плану, а платные планы позволяют принять до 500 участников. Это отлично подходит для проведения веб-семинара с несколькими организаторами, каждый из которых должен получить доступ к одному и тому же экрану презентации для комментирования.

Для осуществления трансляций также необходим интернет, и бесплатная версия имеет дополнительное ограничение на трансляцию в течение 40 минут, что является достаточно существенным недостатком при большей продолжительности занятия.

Upscore является инструментом для совместного использования экрана, который развертывается на сервере совместно с веб-сайтом или облачным приложением. Это позволяет посетителям сайта запрашивать демонстрацию экрана, находясь на требуемом сайте. Администратор сайта имеет информационную панель, которая позволяет подключаться к любому активному пользователю, она включает информацию о браузере и ОС пользователя, чтобы дать контекст для поддержки.

В отличие от инструментов совместного использования экрана на основе видео, таких как Slack, Zoom и TeamViewer, Upscope работает путем обмена HTML, CSS и JavaScript из браузера клиента вместо постоянного потока сжатых файлов изображений.

Это технологическое различие может вызвать несоответствие между тем, что видит каждый пользователь и администратор точно так же, как сайт может вести себя по-разному в разных браузерах, однако это гарантирует, что общие функции демонстрации экрана будут функционировать в штатном режиме.

Данное решение сложно рассматривать в образовательных целях, так как оно больше нацелено на корпоративное использование на сайтах, занимающихся электронной коммерцией, для осуществления доступа одного администратора необходимо оплачивать около 900 рублей в месяц.

Join.me – это программное обеспечение для видеоконференцсвязи корпоративного уровня. Его функции совместной работы более продвинуты, чем у большинства инструментов совместного использования экрана. В join.me есть интерактивная доска, совместное использование области экрана и множество инструментов для внесения примечаний, включая перо, маркер и лазерную указку [2].

Проводить групповые презентации с join.me просто: участникам легко переключаться между ролью докладчика и зрителя, независимо от того, работают ли они в настольных или мобильных приложениях. Как и Zoom, join.me является достаточно мощным инструментом для видеоконференций с отличными функциями совместного использования экрана.

Join.me предлагает уникальные инструменты для вставки и внесения примечаний на холст, использования готовых значков для создания диаграмм и многого другого. У данного сервиса отсутствует бесплатная версия, а самая дешевая подписка будет стоить около 900 рублей и позволяет подключаться до 150 человек одновременно.

Drovio разработан с учетом таких действий, как парное программирование и дизайн. Все участники сеанса совместного использования экрана получают курсор, который они могут использовать для управления экраном хоста, поэтому несколько пользователей могут одновременно работать в разных частях одного экрана во время демонстрации экрана. Для проведения демонстрации экрана или участия со своим курсором требуется настольное приложение для Mac или Windows, но зрители могут смотреть конференцию из своих веб-браузеров с помощью приватной ссылки, которую хост создает при запуске демонстрации. Пользователи могут ограничить то, что другие

могут видеть и делать на своем экране, предоставляя общий доступ только к одному приложению, а не ко всему рабочему столу, и хост может вернуть себе управление в любой момент.

Что касается ограничений и цены, то вне зависимости от используемого тарифа присутствует ограничение на 10 одновременных подключений, и так же, как и у остальных приложений, перечисленных выше, требуется подключение к сети интернет.

Apache OpenMeetings – это бесплатный инструмент для удаленных встреч с открытым исходным кодом, который включает видеоконференцсвязь, обмен мгновенными сообщениями, интерактивную доску для совместной работы и, конечно же, совместное использование экрана.

Пользователи OpenMeetings могут создавать и присоединяться к переговорным комнатам, таким как индивидуальная комната с автоматической записью для обучения или собеседований, а также комната для презентаций на 25 человек с доской. После настройки сервера OpenMeetings предоставляется URL-адрес для подключения к комнатам для собраний.

OpenMeetings создан для самостоятельного размещения, поэтому, хотя он бесплатный, но требует, чтобы организация, использующая его, запускала свои собственные серверы и имела ИТ-отдел, который может администрировать программное обеспечение. Выполнение таких требований возможно только в крупных образовательных учреждениях.

GoToMeeting поддерживает групповые звонки с аудио и видео, запланированные встречи, переключение докладчика, совместное использование экрана, совместное внесение примечаний и удаленный доступ.

GoToMeeting ориентирован, в первую очередь, на мобильные устройства, предлагая приложения для Android и iOS, которые сохраняют функции совместного использования экрана, и приложение для iPad, которое поддерживает совместное использование экрана, совместное использование документов и совместную работу с интерактивной доской. Пользователи приложений Mac, Windows и Android могут записывать сеансы демонстрации экрана, которые могут быть автоматически загружены в облачное хранилище. Настольные приложения GoToMeeting для Mac и Windows имеют широкий спектр функций для добавления примечаний, в том числе возможность увеличивать масштаб экрана, делиться областью и использовать примерно столько инструментов рисования, сколько есть в графическом редакторе.

На основании рассмотренного программного обеспечения вынесем ключевые характеристики в табл. 1, в столбец цены будем указывать минимальную цену за тариф,

без учета пробных и бесплатных тарифов, а в столбец максимальное количество подключений будем указывать число по максимальному тарифу.

Таблица 1

Сравнение программ демонстрации экрана

Название	Максимальное количество подключений	Цена в месяц, руб.	Требования подключения к интернету	Наличие мобильной версии
GoToMeeting	до 250	от 900	+	+
OpenMeetings	25	бесплатно	-	-
Drovio	10	от 1100	+	-
Screenleap	до 150	от 1100	+	+
join.me	до 50	от 2300	+	+
Upscope	по 1 за раз	от 1300	+	-
Slack	15	от 500	+	+
Zoom	до 500	от 900	+	+
TeamViewer	10	от 2200	+	+

Поскольку потребности в демонстрации содержимого экрана сильно различаются в зависимости от сценария использования, а существующие решения не могут объединить все достоинства в одном приложении, то разработку персонализированного программного обеспечения для выполнения этой цели можно считать обоснованной и перспективной.

Литература

1. Амирбекова, Р. Х. Использование информационных технологий в процессе формирования профессионального мастерства студентов / Р. Х. Амирбекова, 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. 69-70.

2. Демонстрация экрана онлайн: [сайт]. – URL: <https://myownconference.ru/blog/demonstraciya-ekrana-online/> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

3. Заседатель, В. С. Комбинированные информационные технологии реального времени и их применение в системе общего образования: учебно-методическое пособие / В. С. Заседатель, Т. В. Руденко, Д. Ф. Якупов. – Томск: ТГУ, 2016. – 32 с.: [сайт]. – Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106150> (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

4. Калиногорский, Н. А. Основы практического применения интернет-технологий: учебное пособие / Н. А. Калиногорский. – 2-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2015. – 182 с.

УДК 621.039.51

**Оптимизация списка нуклидов в выгоревшем топливе ТВС реактора РБТ-10/2
для расчетной модели на основе прецизионного расчетного кода**

Ефимов Евгений Ильич, аспирант специальности

«Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»

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

В работе приведено описание расчетной модели активной зоны реактора РБТ-10/2, созданной на основе программного кода MCU-PTR, и рассмотрены результаты расчетных исследований и методов упрощенного моделирования изотопного состава топлива, отработавших в активной зоне реактора РБТ-10/2 ТВС. По результатам расчетов выполнено тестирование предлагаемых методов.

Для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации ядерного реактора на этапе планирования загрузки активной зоны перед очередной кампанией необходимо с достаточной точностью и оперативностью прогнозировать нейтронно-физические характеристики активной зоны. Одним из способов получения необходимых данных, в том числе таких, которые не всегда возможно получить экспериментально в условиях дефицита реакторного времени, является расчетное моделирование с помощью прецизионных расчетных кодов. Тем более, что в результате стремительного развития вычислительной техники и технологии высокопроизводительных вычислений в последнее время становится возможным расчетное моделирование сложных систем за приемлемое время.

Для повышения точности расчетного моделирования нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора РБТ-10/2 была разработана уточненная расчетная модель [1], которая позволяет более детально учесть гетерогенную структуру ТВС реактора и неравномерность выгорания топлива по сечению и высоте ТВС.

Однако ввиду увеличения числа расчетных зон и усложнения геометрии выросло и расчетное время. Для повышения оперативности расчета нейтронно-

физических характеристик реактора РБТ-10/2, при сохранении необходимой точности, была предпринята попытка оптимизировать разработанную ранее уточненную расчетную модель.

Цель работы заключается в исследовании методов оптимизации расчетной модели активной зоны реактора РБТ-10/2 в обоснование применимости методов, позволяющих сократить время расчета.

Разработка и оптимизация модернизированной модели проводилась на основе пакета прикладных программ MCU (версия MCU-PTR с библиотекой ядерных констант MDBPT50 [2]), в которых реализован аналоговый метод Монте-Карло совместного моделирования траекторий нейтронов и гамма-квантов в трехмерной геометрии и который предназначен для расчета эффективного коэффициента размножения нейтронов, пространственно-энергетического распределения потока нейтронов и фотонов.

Так как в качестве рабочих ТВС реактора РБТ-10/2 используются ТВС, отработавшие в реакторе СМ-3, со средним выгоранием по ^{235}U ~40-45 %, то в их составе содержатся продукты деления ^{235}U , которые имеют пренебрежимо малое влияние на нейтронно-физические характеристики, но, тем не менее, учитываются в расчетах.

Большое число нуклидов в каждой расчетной зоне приводит к значительному увеличению расчетного времени как на этапе подготовки исходных данных, при формировании сечений для каждого нуклида, так и на этапе расчета взаимодействия нейтронов с каждым нуклидом.

В программном коде серии MCU для уменьшения времени расчета и снижения нагрузки на оперативную память при решении задач изменения размножающих свойств и нуклидного состава систем с выгоревшим топливом существует возможность использования метода суммарного изотопа [3]. Данный метод позволяет производить расчет приблизительных макроскопических сечений малозначащих нуклидов. Суть данного метода заключается в разделении всех нуклидов в топливных зонах на два списка.

В первый список входят нуклиды, которые обрабатываются программой MCU полностью с использованием данных об их сечениях из библиотек констант физического модуля кода с учетом всех имеющихся зависимостей.

Во второй список входят нуклиды, относящиеся к суммарному изотопу. В суммарный изотоп входят нуклиды, не оказывающие значительного влияния на

результаты моделирования конкретной системы, и взаимодействие частиц с ними моделируется по упрощенной схеме.

Все нуклиды, входящие в суммарный изотоп, заменяются одним суммарным изотопом с нулевыми макроскопическими сечениями рассеяния и деления. При этом сечения поглощения и генерации нейтронов определяются из специальной групповой библиотеки по формулам:

$$\begin{aligned}\Sigma_{a,\text{eff}}(E) &= \sum_n \rho_n \sigma_{a,n}(E), \\ (\nu\Sigma)_f,\text{eff}(E) &= \sum_n \rho_n (\nu\sigma_f)_n(E),\end{aligned}\tag{1}$$

где ρ_n и σ_n – ядерная концентрация и микроскопическое сечение n-го нуклида. Суммирование проводится по всем нуклидам суммарного изотопа.

Для определения оптимального списка нуклидов, которые можно отнести к суммарному изотопу без потери точности рассчитываемых характеристик, были проведены расчетные исследования на модели активной зоны реактора РБТ-10/2.

В расчетах вычислялись коэффициент размножения нейтронов, скорости реакции деления и моделировалось изменение нуклидного состава при работе реактора на мощности. Во всех расчетах моделировали 20 млн историй нейтронов. Статистическая погрешность расчетов (одно стандартное отклонение) в оценке эффективного коэффициента размножения нейтронов составляла ~0,02 %, а скорости реакции деления не более 0,1 %. В качестве расчетной оценки эффективного коэффициента размножения нейтронов использовалась комбинированная оценка (по числу столкновений и числу поглощений нейтронов) как имеющая наименьшую статистическую погрешность.

Расчеты эффективного коэффициента размножения нейтронов проводились на одной из картограмм выгорания ТВС в активной зоне реактора при экспериментально определенном положении органов СУЗ в критическом состоянии на минимально контролируемом уровне мощности, зафиксированных при градуировке РО СУЗ перед началом кампании. Расчетная модель соответствовала расхиленному и разотравленному состоянию реактора, при котором процесс накопления и последующего распада ^{135}Xe в активной зоне реактора завершен.

В качестве реперного варианта, для сравнения с исследуемыми, были проведены расчеты перечисленных характеристик с исключением из списка суммарного изотопа всех возможных нуклидов, которые содержатся в библиотеках MDBPT50 программы MCU-PTR.

На первом этапе исследования были проведены расчеты для определения оптимального значения ядерной концентрации нуклидов в топливе, ниже которой нуклиды можно отнести к списку составного изотопа. Для этого в расчетах использовался параметр SIDEN, задаваемый в расчетной модели, который автоматически относит все нуклиды с ядерной концентрацией, ниже предопределенной к списку суммарного изотопа.

Расчеты проводились итерационным путем с уменьшением значения параметра SIDEN в каждом последующем расчете в 10 раз до момента, пока отклонение расчетных характеристик от реперных значений не превысит величины трех стандартных отклонений расчета.

Полученные результаты итерационных расчетов приведены в табл. 1, в которой приняты следующие обозначения:

- t – полное время расчета, выраженное в относительных единицах;
- k_{eff} – эффективный коэффициент размножения нейтронов;
- R_f – скорость реакции деления в максимально напряженной ТВС активной зоны;
- δk_{eff} и δR_f – максимальные отклонения эффективного коэффициента размножения и скорости реакции деления относительно реперного варианта.

Таблица 1

Результаты расчетов характеристик в критическом состоянии реактора

Параметр	Значение						
	Репер.	1,0E-10	1,0E-9	1,0E-8	1,0E-7	1,0E-6	1,0E-5
SIDEN	1,00055	1,00065	1,00020	1,00020	1,00009	0,99990	0,99872
k_{eff}	1,00055	1,00065	1,00020	1,00020	1,00009	0,99990	0,99872
R_f	0,01035	0,01037	0,01034	0,01034	0,01033	0,01040	0,01029
t , отн. ед	2,57	2,16	2,08	2,12	2,08	1,51	1,00
δk_{eff} , %	-	0,01	-0,03	-0,03	-0,05	-0,06	-0,18
δR_f , %	-	0,24	-0,09	-0,09	-0,12	0,48	-0,59

Из полученных результатов моделирования критических состояний реактора можно сделать вывод, что расчетные характеристики отклоняются от реперных значений более чем на три величины стандартного отклонения (3σ) для вариантов расчетов с параметрами SIDEN начиная от $1E-6$. Таким образом, оптимальное значение параметра SIDEN можно принять равным $1E-7$, т. е. $10^{-7} \text{ б}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

На следующем этапе исследовалось влияние отдельных нуклидов на результаты расчетных характеристик. Для этого на основе реперного варианта был проведен расчет задачи на выгорание и последующая обработка результатов для проведения анализа на

предмет выбора списка значимых нуклидов. Значимость нуклидов при анализе результатов оценивалась по величине макросечения поглощения и макросечения деления ядер нуклидов, а также скорости реакции упругого рассеяния нейтронов на ядрах нуклидов в топливе. Дополнительным критерием выступало значение концентрации нуклида при выгорании топлива: в список значимых нуклидов включались в первую очередь те нуклиды, ядерная концентрация которых превышала значение определенной оптимальной величины.

При анализе результатов расчетов нуклидного состава реперного варианта было установлено, что количество нуклидов, ядерная концентрация которых больше установленной оптимальной, достаточно велико. Так, для выгоревшего топлива на начало топливной кампании число таких нуклидов в материале топлива составляет более 100. При работе реактора на мощности во время кампании в топливе образуется дополнительно около 30-40 нуклидов с малым периодом полураспада, а также нуклиды с большим сечением поглощения нейтронов, такие как ^{135}Xe и ^{149}Sm и их ядра-предшественники.

Исходя из соображений, о том, что макроскопическое сечение деления и рассеяния суммарного изотопа равно нулю, из списка суммарного изотопа необходимо исключить элементы, наиболее влияющие на реакции деления ^{235}U и рассеяния нейтронов.

Большое влияние на величину макроскопического сечения деления в топливе имеют актиниды. Как показывают подобные расчетные исследования, проведенные для тепловых энергетических реакторов ВВЭР с топливом из двуоксида урана [4], если учитывать в топливе только 12 изотопов актинидов: ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , ^{245}Cm , то погрешность в определении скорости реакции деления в топливе будет минимальной.

Для реакции рассеяния значимыми нуклидами являются кислород, в основном в составе теплоносителя, бериллий в отражателе и топливной матрице и свинец, в составе конструктивных элементов активной зоны реактора.

Дополнительно из списка составного изотопа были исключены химические элементы конструктивных материалов элементов активной зоны, которые имеют значительные сечения реакций поглощения и рассеяния при взаимодействии с нейтронами (такие как Cu, Fe, изотопы Eu и т. д.) ввиду их значимого влияния на расчетные характеристики.

Для определения продуктов деления, которые необходимо исключить из списка суммарного изотопа, были проведены итерационные расчеты, в которых

последовательно исключались из списка суммарного изотопа нуклиды из числа продуктов деления до того момента, пока отклонение величины расчетных характеристик от реперных значений не будет находиться в диапазоне трех значений стандартного отклонения.

На основе проведенных расчетов был получен список, из значимых нуклидов, используемый в расчетной модели реактора РБТ-10/2, который приведен в табл. 2.

Таблица 2

Список значимых нуклидов для расчетной модели

U234	U235	U236	U238	NP37	NP38	PU38	PU39	PU40	PU41	PU42
CM45	SR90	ZR91	ZR92	ZR93	ZR94	ZR96	MO95	MO97	MO98	MO00
RU01	RH03	RH05	I135	XE31	XE34	XE35	XE36	CS33	CS37	BA38
LA39	CE40	CE42	PR41	ND43	ND44	ND45	PM47	PM49	SM47	SM49
SM50	SM51	SM52	EU51	EU53	CD13	B10	BE	CU	FE	CR
NI	MN	TI	NB	HF	PB	AL	C	O	H	-

*Примечание: наименование нуклидов указано в кодировке программ серии MCU.

Для приведенного списка значимых нуклидов, был проведен расчет задачи на выгорание активной зоны реактора в течение ~60 суток с шагом 2 суток на номинальной мощности для выявления отклонения расчетных характеристик от реперных значений при моделировании работы реактора на мощности. В каждой временной точке расчета оценивалось отклонение расчетных параметров от значений реперного варианта. Полученные результаты представлены в табл. 3, в которой в заголовках граф использованы следующие обозначения:

- Репер. – результаты реперного варианта расчета (без использования метода суммарного изотопа).

- SIDEN(1E-7) – результаты получены в расчете с использованием метода суммарного изотопа с отнесением нуклидов к нему по величине оптимальной ядерной концентрации.

- SINOT – результаты получены в расчете с использованием метода суммарного изотопа, с использованием списка значимых нуклидов.

Таблица 3

Сравнительные характеристики расчетных вариантов

Параметр	Значение		
	Репер.	SIDEN (1E-7)	SINOT+SIDEN
k_{eff}	1,00055	1,00009	1,00021
R_f	0,01035	0,01033	0,01033
t, отн. ед	1,94	1,57	1,00
Max. δk_{eff} , %	-	0,14	0,1
Max. δR_f , %	-	0,22	0,17

Из полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы: для исследуемой расчетной модели разотравленного реактора, прямой учет сечений только значимых нуклидов (табл. 2) с отнесением к суммарному изотопу всех остальных образующихся нуклидов при выгорании топлива позволяет добиться хорошего соответствия результатов расчета в сравнении с реперным вариантом без использования метода суммарного изотопа.

При использовании приведенного списка значимых нуклидов максимальная величина методической погрешности расчета задач на выгорание, обусловленная использованием метода суммарного изотопа, не превышает 0,1 % в расчете коэффициента размножения нейтронов, а в расчете скорости реакции деления – не более 0,17 %. При этом использование приведенного списка значимых нуклидов позволяет добиться экономии во времени расчета приблизительно в 2 раза.

Таким образом, метод суммарного изотопа и полученный список значимых нуклидов могут быть рекомендованы для использования в расчетной модели активной зоны реактора РБТ-10/2 для повышения оперативности получения оценок основных нейтронно-физических характеристик.

Литература

1. Ефимов, Е. И. Разработка и тестирование расчетной модели реактора РБТ-10/2 для определения нейтронно-физических характеристик активной зоны / Е. И. Ефимов, В. В. Пименов // Сборник трудов АО «ГНЦ НИИАР». – Димитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2020. – Вып. 3. – С. 38-45.

2. Программа MSU-PTR для прецизионных расчетов исследовательских реакторов бассейнового и бакового типов / Н. И. Алексеев, Е. А. Гомин, С. В. Марин [и др.] // Атомная Энергия. – М., 2010. – Т. 109. – № 3. – С. 123-129.

3. Описание применения и инструкция для пользователей программы MSU-PTR с банком данных MDBPT50 [Текст]: отчет о НИР / РИЦ «Курчатовский институт»; под ред. Д. А. Шкаровского. – М., 2011. – 152 с.

4. Бикеев, А. С. Разработка математических моделей и программного обеспечения для расчетов ВВЭР большой мощности с прецизионным модулем нейтронно-физического расчета: специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бикеев Артем Сергеевич. – Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана. – Москва, 2018. – 151 с.

**Использование цифровых двойников
для оценки роста агрокультур в условиях космоса**

Качков Михаил Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена анализу возможностей новой технологии проектирования сложных технических систем – цифрового двойника. Основное внимание уделено изучению перспективности и рентабельности использования подобного программного решения. В статье описывается возможность моделирования работы цифрового двойника оранжереи для выявления наиболее пригодных параметров выращивания растений в условиях космоса.

Цифровой двойник – это возможность виртуального представления элементов и процессов того, как устройство или система работает и функционирует. Это не просто схема, чертеж или план, это намного больше, чем просто 3d-модель в виртуальном пространстве. Это жизнеспособная копия реального объекта, которая может на всем протяжении своего существования отражать и описывать процессы, заложенные в ней [1].

Корректный цифровой двойник может кардинально повлиять на конструкцию какой-либо системы или устройства. На этапе проектирования новейшие инженерные инструменты собираются вместе, объединяя физические элементы и спецификации, виртуальные элементы, программное обеспечение и различные другие элементы и микросхемы. Цифровой двойник позволяет объединить их вместе в единый центр, способный обеспечить высочайшее качество конечного продукта в сборке. С помощью него появляется возможность анализировать и прогнозировать, как продукт или система влияет на неочевидные факторы, такие как допуски и нагрузки конструкции. Речь идет о создании цифрового прототипа, способного обеспечить наилучшие показатели для наибольшего числа параметров, значительно уменьшив затраты на разработку и производство [2].

При помощи данной технологии имеется возможность изучить поведение

объекта или системы в различных условиях, таких как погода, срок службы при неблагоприятных условиях, экстремальная температура и тому подобное. Не нужно ехать в Антарктиду, чтобы изучить поведение объекта в экстремальных погодных условиях – есть возможность проанализировать поведение реального объекта на основе цифрового двойника. На основе анализа и экспериментов над объектом существует возможность дорабатывать или улучшать его. И те проблемы, выявление которых ранее происходило только после введения объекта в реальную эксплуатацию, стало возможно выявлять на этапе проектирования и испытаний цифрового двойника.

Создание цифрового клона для реального объекта или для будущего проекта требует обеспечения определенных условий. Первое – это объем информации и профессиональная аналитика, связанная с данным объектом. Количество данных зависит от масштабности и размеров объекта (это может быть атомная электростанция или сушилка для рук). Но на создание цифрового двойника для сушилки или электростанции требуется такой объем данных, который не потребуется даже для создания их реального прототипа.

Второе – это постоянная обновляемость данных на основе различных датчиков или сенсоров, установленных на устройстве. Кроме того, данные, которые поступают от цифрового двойника, должны быть открыты. Необходимо получать к ним доступ из множества разных приемников, чтобы создать динамическую модель, которая способна изменять свои характеристики на основе данных, которые система получает или синтезирует сама.

Третье, это широкое использование IoT (Internet of Things – Интернет вещей) для различных систем, которое подразумевает внедрение большого числа различных устройств, способных собирать данные, соотнося их между собой. Это больше относится к большим системам, таким как автомобили или атомные электростанции [2].

Цифровые двойники способны эффективно работать с другими современными информационными системами и технологиями:

- машинное обучение. Данный метод отлично взаимодействует с цифровыми двойниками, так как, в отличие от нейронных сетей, обучение, построенное на структурированных данных, дает более точный результат.

- Нейронные сети. Чаще всего бывает так, что данные сложно или невозможно структурировать, и приходится анализировать огромный поток беспорядочной информации, с которой лучше всего справятся нейронные сети.

- Интернет Всего (IoE – Internet of Everything). Цифровой двойник может не

только анализировать данные, полученные со своих источников, таких как датчик или встроенные сенсоры, а также имеет возможность получать данные с других объектов по определенным каналам связи (локальным или глобальным).

Общая характеристика от внедрения цифрового двойника представлена в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика цифрового двойника

	Фактор
Сильные стороны	<ul style="list-style-type: none"> – Позволяет выявить проблемы и слабые стороны на этапе проектирования. – Удовлетворение требований к производительности. – Позволяет изменять и корректировать объект в короткие сроки. – Систематизация данных.
Слабые стороны	<ul style="list-style-type: none"> – Необходим большой объем данных и различных факторов, чтобы цифровой двойник был близок к реальному объекту.
Возможности	<ul style="list-style-type: none"> – Расширение функциональности на основе полученных данных. – Самообучаемость. – Взаимодействие с другими информационными системами.

На протяжении длительного периода времени на международной космической станции проводятся различные научные исследования, в том числе и в сфере ботаники. Основная цель подобных экспериментов – оценка возможности роста агрокультур в условиях пониженной гравитации или при ее полном отсутствии.

Представляется возможным моделирование работы цифрового двойника оранжереи для выявления наиболее пригодных параметров выращивания растений в условиях космоса.

Для подобного цифрового двойника должно быть предусмотрено выполнение таких функций, как:

- возможность настройки таких параметров, как уровень гравитации, создание освещенности, количество поставляемой влаги, настройка температуры и тому подобное в условиях невесомости;
- возможность проводить эксперименты по выращиванию различных культур внутри виртуального пространства, учитывая индивидуальность каждого растения и идеальные условия для его жизни на Земле;
- возможность изменять временные параметры симуляции роста растений.

Схема стандартной оранжереи представлена на рис. 1.

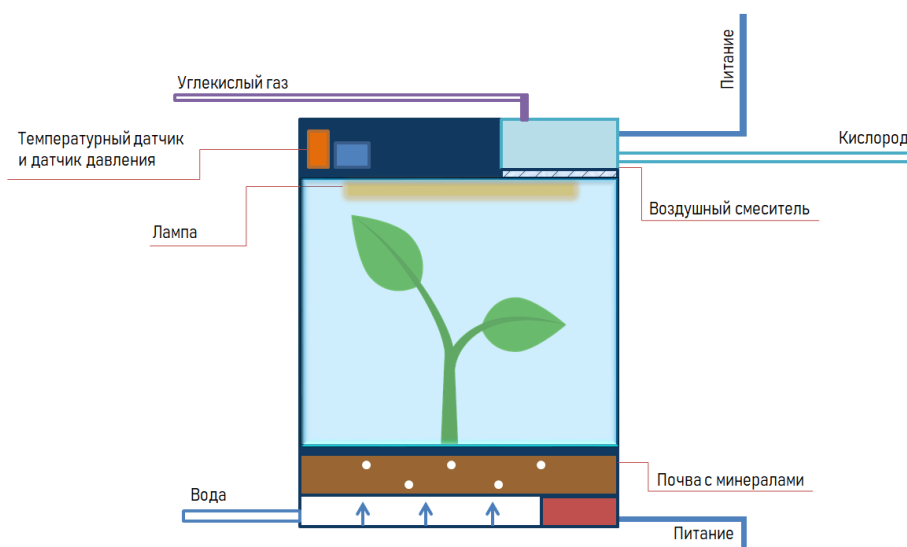


Рис. 1. Схема оранжереи

На основании данной схемы строится архитектура цифрового двойника, задаются его главные инженерные особенности и подбираются конкретные комплектующие. Далее в базу данных цифрового двойника вносятся первоначальные сведения:

- запрос константных параметров (уровень гравитации);
- получение сведений о почве, минералах;
- получение сведений о выращиваемой агрокультуре.
- Исходя из этих данных, производится первоначальная настройка вариативных параметров (уровень освещенности, атмосфера, температура, давление и так далее). После настройки симулируется алгоритм роста растения с учетом интервала времени. После симуляции с одними параметрами запускается следующая итерация с другими параметрами, для нахождения оптимальных параметров для выращивания определенного растения в космосе.

– Благодаря встроенным системам машинного и нейронного обучения с доступом к обширному объему данных, собранных за несколько десятков лет, данный цифровой двойник способен выявлять более подходящие культуры для выращивания в космосе и идеальные условия для их быстрого роста. Для увеличения и без того высокой точности собираются данные об успешных реальных экспериментах на международной космической станции с соблюдением условий, выставленных с помощью цифрового двойника.

– Преимуществами использования цифрового двойника для выращивания растений в условиях космоса является следующее:

- предварительные испытания выращивания различных культур в условиях космоса проводятся на Земле без каких-либо рисков;
- возможность постепенного улучшения цифрового двойника на основе сопоставления реальных результатов с моделируемыми;
- возможность испытания моделей сотен видов различных культур для выявления более подходящих для реального эксперимента в условиях космоса;
- возможность создания, на основе экспериментальных исследований модели, оптимальных по размерам и параметрам тепличных комплексов;
- долгосрочная перспектива использования подобных технологий: возможность расширения на другие места размещения (колонии на планетах, на космических летательных аппаратах и так далее).
- Цифровой двойник является новой технологией в моделировании и проектировании различных систем. Использование данной технологии обширно используется в разработках различных технических гигантов, таких как Microsoft, SpaceX, «Газпром» или «Росатом». В частности, SpaceX уделяет созданию цифровых двойников столько же времени, сколько на постройку ракет [4]. Данная технология стала опорой для создания больших технических систем и является перспективным направлением развития различных технологий.

Литература

1. Гончаров, А. С. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии / А. С. Гончаров, В. М. Саклаков // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии». – Изд-во: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2018. – С. 24-26.
2. Цифровой двойник в жизненном цикле устройств. – Текст: электронный // CADFEM: [сайт]. – 2021. – URL: <https://www.cadfem-cis.ru/products/digital-twin/> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.
3. Как цифровые двойники помогают российской промышленности. – Текст: электронный // Rusbases: [сайт]. – 2019. – URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/> (дата обращения: 13.04.2021). – Текст: электронный.
4. Siemens Gives Some Details of ‘Digital Twin’ Work SpaceX, Maserati. – // SME: [сайт]. – 2021. – URL: <https://www.sme.org/technologies/articles/2016/may/siemens-gives-somework-with-spacex-maserati/> (дата обращения: 13.04.2021). – Текст: электронный.

Вероятностный подход как основы криптографии

Киреева Ольга Владимировна, 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 работе проведен анализ физических процессов, протекающих в квантовых частицах, что может использоваться как основной подход в криптографии. Проведен анализ невозможности взлома кода, базирующийся на теорию неоднозначности суперпозиции.

Люди полагаются на то, что все секретные действия в глобальном электронном пространстве защищены паролями, но не все знают, что пароли нельзя пересылать в открытом виде, иначе они станут достоянием злоумышленников. Тогда возникает резонный вопрос: Как же двум пользователям обменяться по открытому каналу закрытым ключом шифрования? Для этого компьютеры отправителя и адресата несколько раз обмениваются служебными сообщениями и создают удивительный ключ, который виден в сети всем, а правильно воспользоваться им могут лишь участники переписки. Зачастую для этого используют такие математические действия, над которыми в одном направлении надо думать очень долго, а в другом они совершаются почти моментально. Например, разложение на множители и произведение чисел.

Привычный для нас электронный компьютер в этом смысле мало чем отличается от человеческого мозга: перемножить два числа он может быстро, а чтобы провести факторизацию, ему приходится работать очень долго.

Таким образом, если появляется третий пользователь, который интересуется перепиской ранее указанных двух пользователей и перехватывает зашифрованное сообщение, то нет смысла связываться с дешифровкой при помощи современных электронных компьютеров, ему просто не хватит времени.

Перемножить два больших числа легко, а разложить на множители очень большое число трудно. Данная идея и схожая с ней положена в основу защиты всех

секретных данных во всемирной сети. Все современные системы шифрования основаны на недоказанных математических предположениях.

Основным предметом рассмотрения является квантовый компьютер. Его разработчики планируют настолько ускорить некоторые математические операции, что разложить на множители трехсотзначное число станет возможно за минуты.

Основу квантового компьютера составляют частицы, у которых не все параметры однозначны. У обычного компьютера логическим элементом является 1 бит, который имеет только два значения – 1 и 0. Логическим элементом квантового компьютера тоже является бит, но в нем есть своя неоднозначность, как в двухщелевом опыте. Он может одновременно иметь значение как 0, так и 1, и показать на выходе одно или другое с некоторой вероятностью, поэтому его называют кубит – квантовый бит [1].

Бит и кубит отличаются, как два ящика. В один кладем белый или черный кубик, а в другой насыпаем много белых и много черных камней. Из первого ящика точно знаем, что достанем белый кубик, который туда клали, а из второго ящика тянем случайный камень, он точно либо черный, либо белый, но вероятность выдачи черной определяется соотношением белых и черных камней в ящике. Способность случайным образом проявить одно состояние из нескольких называется в квантовой физике суперпозицией.

Кубит как математическая абстракция – это квантовая система, у которой есть всего лишь два уровня и которая может находиться в произвольной суперпозиции тех уровней, причем это управляемая система какими-то внешними сигналами и мы можем переводить ее из одного состояния в другое. Так что в одном кубите содержится сразу и 0, и 1, в двух кубитах числа от 0 до 3, а в 10 кубитах – сразу все значения от 0 до 1023 [1].

В квантовый компьютер можно загрузить в виде суперпозиции сразу все возможности разложения на множители наш ключ и в несколько операций получить результат, которого так жаждут взломщики. Программа на квантовом ассемблере, который сейчас есть, довольно короткая (в пределах 1000 команд), но этого достаточно.

Квантовый компьютер пригодится для решения любых задач, где привычная электроника пасует перед оценкой огромного количества вариантов, которые нужно перебирать один за другим. Так что криптографический анализ далеко не главное. Квантовая система – это суперпозиция, одновременное присутствие многих классических систем, то есть квантовая система это то, что на уровне законов природы может параллельно выполнять одни и те же действия, например для разных входных

данных. Если говорить про оптимизацию, где требуется перебрать много вариантов и посмотреть какой из них является лучший. Квантовый компьютер, скорее всего, ничего не будет считать. Квантовая система гораздо богаче, чем классическая. При работе с ней требуется повторить много миллионов раз вычисления, набрать какую-то статистику и с этой статистикой работать.

Разберемся, как выглядит этот таинственный вычислительный элемент – кубит. Дело в том, что все неоднозначные свойства квантового мира, которые были перечислены ранее, остаются у системы кубитов пока их ничего, так скажем, не коснулось. Если кубиты перегрелись, в них попало ненужное излучение, они зацепили оболочку процессора, все квантовые вычислительные чудеса пропадают – система утрачивает когерентность. Все надо начинать заново.

Сейчас существует много разных подходов для создания кубитов. Наиболее распространены сверхпроводящие кубиты. Также активно изучают кубиты на холодных атомах или на ионах, но есть и ряд других альтернативных подходов.

На данный момент открыт новый проект по исследованию физических принципов создания магнонов кубитов. Магнон – это как бы частица, в которую объединяются одинаковые свойства нескольких других частиц при некоторых особенных внешних условиях. Звуковую волну при похожих условиях можно тоже считать квазичастицей – фононом. Хотя понятно, что у звука нет никакой элементарной частицы, а магнон ведет себя как элементарная частица магнитного поля. Но у магнитного поля, как и у звука, не бывает элементарных частиц. Но эти квазичастицы замечательная идея. Некоторые странности, живущие на очень большом количестве настоящих элементарных частиц, обладают полноценными квантовыми свойствами и позволяют использовать себя как очень устойчивый кубит. У таких кубитов, которые ученые создают в группе магнитоплазмоники и сверхбыстрого магнетизма Российского квантового центра, с точки зрения технологий есть очень важное преимущество – их ионные и сверхпроводящие «собратья» существуют только при температуре, близкой к абсолютному нулю, а вот кубиты, как надеются ученые, смогут работать при комнатной температуре [1].

Чтобы квантовые компьютеры стали частью наших повседневных технологий, предстоит решить еще множество технологических проблем. Но когда все это будет сделано, вряд ли у нас на рабочем столе появится новое устройство – квантовый компьютер. При этом не все задачи можно решить с его помощью. Будущее будет, скорее всего, гибридным: какие-то задачи, возможно, будут решать классические процессоры, а какие-то только с применением квантовых технологий.

Шифрование тоже можно сделать квантовым и взломать такой шифр станет принципиально невозможно. Конфиденциальность квантовых коммуникаций основана на фундаментальной хрупкости элементарных частиц, в частности фотонов, при помощи которых можно передавать информацию.

В квантофизике есть теорема, которая называется «Теорема о запрете клонирования». Она означает, что, один раз детектируя фотон, нельзя в точности воспроизвести фотон с той же самой информацией. Соответственно, тот пользователь сети, который принимает недоверенный сигнал, поймет, что кто-то внедрился в канал связи и перехватывает информацию. Если в этот момент передается, какой либо ключ шифрования, то данный ключ дискредитируется, и создается новый, который передается заново [3].

Для того чтобы закодировать информацию именно в квантовое состояние фотона, нужно найти что-то у фотона, кроме частоты, что обладает квантовой хрупкостью и неоднозначностью, то есть может находиться в состоянии суперпозиции и сразу непоправимо меняется в процессе измерения.

У фотона есть некоторые квантовые состояния поляризации, которые можно измерить. Исход измерения вероятностный, он не детерминированный. Но зато то состояние, которое у фотона было испорчено, будет разрушено. На хрупкости квантовых состояний фотонов как раз основана игра квантовой криптографии.

У фотона, как и у других элементарных частиц, есть еще одна чисто квантовая характеристика – спин. Совсем грубо это можно представить так, что фотоны на лету вращаются как волчки или волновой моделью фотона, что электрическая составляющая волны как бы «водит хоровод» вокруг магнитной составляющей. Данную модель можно подтвердить с помощью опыта. Явление закручивания вокруг друг друга электрической и магнитной компоненты электромагнитной волны называется поляризацией света. Ее можно обнаружить с помощью поляризационного фильтра [4].

Рассмотрим на опыте. Имеем фильтр с продольной поляризацией, который преодолевают только те фотоны, у которых волны в момент прохождения через фильтр оказались параллельны направлению поляризатора, остальные фотоны как бы ударяются в фильтр и дальше не проходят. Расположим фильтр как показано на рис. 1, чтобы он пропускал фотоны, поляризованные вертикально.



Рис. 1. Фильтр, пропускающий вертикально поляризованные фотоны

Когда фотон приближается к фильтру, то суперпозиция, в которой находится его спин, определяет возможность разных поляризаций с разными вероятностями. Например, наиболее вероятно, что какой-то фотон поляризован диагонально. Обнаружив на пути вертикальный фильтр, фотон мгновенно «делает выбор»: удариться о фильтр и погаснуть (рис. 2) или изменить поляризацию на вертикальную и преодолеть его (рис. 3).

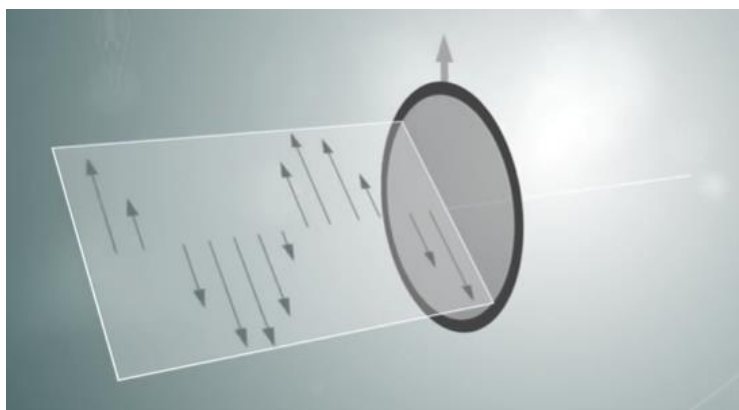


Рис. 2. Разрушение фотона вертикальным фильтром

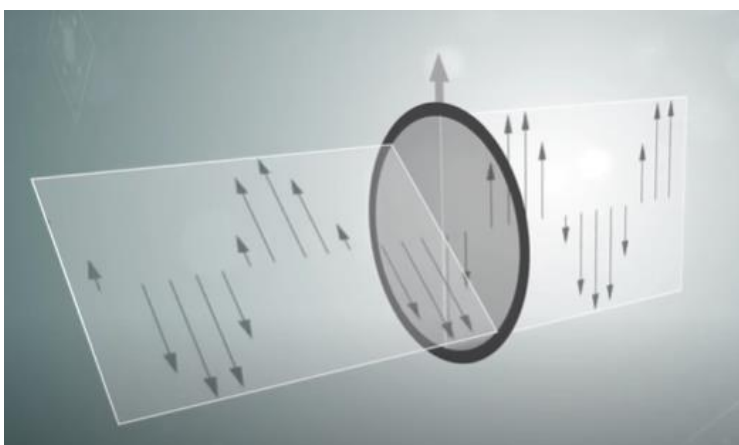


Рис. 3. Прохождение фотона через вертикальный фильтр

Совсем не имеют шансов пройти сквозь вертикальный фильтр только фотоны, которые проявляют горизонтальную поляризацию [5].

В соответствии с законами квантового мира, вероятность преодоления фильтра равна квадрату косинуса угла между направлением фильтра и поляризацией фотона. Следовательно, если угол равен 0, значит вероятность прохождения фотона через фильтр равна 100 %. У вертикали с горизонталью угол 90 градусов, его косинус равен 0, а значит 0 % вероятность того, что горизонтальный фотон пройдет через вертикальный фильтр. А диагональных фотонов по этому закону пройдет ровно 50 %, ведь квадрат косинуса 45 градусов равен $1/2$.

Итак, через фильтр прошли фотоны, которые стали вертикально поляризованными, из разных первоначальных состояний, которых мы не знаем и никогда не узнаем. Именно на таких квантовых чудесах строятся системы квантового шифрования.

Квант – физически неделимый, полкванта не бывает. Спин поляризация фотона может быть вдоль оси фотона, либо перпендикулярна оси. Это является некоторым базисом, в котором может быть только два исхода измерения.

Если образовалась такая вероятность, что спин перпендикулярен оси измерения, такой фотон не обнаружим, он разобьется о фильтр.

На такой неоднозначности суперпозиции спина основана идея квантовой передачи информации. Например, если фотон прошел через горизонтальный фильтр, он несет бит информации, равный 1, а если через вертикальный – бит равен 0.

Допустим, мы можем закладывать 0 в вертикальную ось, а 1 в горизонтальную. В этом базисе можем «готовить» фотоны и отправитель будет передавать его, а получатель будет в этом же базисе их мерить и записывать 0 либо 1. Получается, можно передавать информацию, шифруя ее в поляризации фотона. Но криптографии на данном моменте еще нет, потому что может образоваться третий пользователь, который видел, как расположены поляризационные фильтры и с помощью такого же фильтра может перехватывать все частицы, украсть информацию, приготовить фотон нужной поляризации и отправить заведомому получателю.

Поэтому делается немного иначе. Отправитель выбирает два бита и пересылает их адресату. Первый бит для записи фотона (0 либо 1), а второй для базиса (канонический либо диагональный). После того как адресат получает фотон, он случайным образом выбирает базис измерения и в нем мерит свой фотон. Если базисы пользователей случайно совпали, то у них получился один и тот же бит информации. Потом собеседники могут обменяться сведениями о том, какие фильтры использовались при передаче каждого фотона, и базисы, которые у них не совпали, уничтожить. В квантовой криптографии это называется просеиванием ключа. Теперь

взломщик не знает, как расположен фильтр, и возможности перехватить информацию у него нет. Злоумышленник должен вступить в эту же самую игру: он должен выбирать случайные базисы измерения, делать проективные измерения, далее он начнет вносить ошибки в процедуру распределения ключей, и ключ начнет частично разрушаться. По этим ошибкам злоумышленник и вычисляется [6].

Таким образом, если пользователи сети обменялись наборами своих случайных базисов по всем фотонам, потом для пробы проверили несколько переданных значений и не обнаружили ничего, что противоречит законам квантовой механики – они могут быть полностью уверены, что этим ключом обладают только они двое. Данный ключ никто не взломает, так как ни у кого просто не может оказаться его копии, а значит можно шифровать любую самую конфиденциальную информацию.

Литература

1. Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита: монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. – СПб.: Лань, 2019. – 170 с.
2. Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника: учебное пособие / А. Н. Игнатов. – СПб.: Лань, 2011. – 496 с.
3. Аплеснин, С. С. Основы спинтроники: учебное пособие / С. С. Аплеснин. – 2-е изд. испр. – СПб.: Лань, 2010. – 274 с.
4. Макроскопические квантовые эффекты в спиральной нанотрубке, связанные с асимметрией электрон-фотонного и электрон-фононного воздействия в продольном магнитном поле / В. Д. Кревчик, А. В. Разумов, С. А. Губина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2012. – № 4. – С. 125-134. – ISSN 2072-3040.
5. Марголин, В. А. Введение в нанотехнологию: учебник / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. – СПб.: Лань, 2012. – 253-347с.
6. Дрон, К. К. О перспективах совместного использования методов квантовой и классической криптографии / К. К. Дрон, О. В. Артюшкин // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. – 2018. – № 24. – С. 8-11. – ISSN 2305-1256.

Методы анализа больших данных

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 рассмотрены основные понятия и области применения больших данных, приведены примеры их источников. Также рассмотрен ряд важных характеристик, сформулированы основные принципы работы с большими данными. Рассмотрены наиболее распространенные методы анализа больших данных, такие как глубинный анализ данных, краудсорсинг, машинное обучение, искусственные нейронные сети. Методы работы с большими данными позволяют выявлять ранее неизвестную информацию, а также различные закономерности, что позволяет принимать наиболее эффективные решения.

С развитием информационных технологий и техники постоянно растут объемы информации, генерируемые человечеством. Каждые 40 месяцев на протяжении 80-х годов 20 века удваивалось общее количество информации, которые могут хранить все технические средства мира, а в настоящий момент ежедневная генерация исчисляется в 2,5 экзабайта. Стандартными методами обработки информации с целью ее эффективного использования являются методы математической статистики, теории баз данных [1]. Однако все в большей степени хранящиеся данные являются неструктурированными и изменчивыми. Источниками таких данных могут выступать постоянно получаемые данные с различных измерительных устройств, устройств аудио- и видео-регистрации, потоки сообщений в социальных сетях, устройства класса «интернет-вещей», а также информация, находящаяся в обращении внутри предприятий и организаций. Необходимость выявления закономерностей в больших массивах неструктурированных данных обусловило появление новых методов обработки и анализа больших данных.

Под большими данными (Big Data) понимают массивы данных, которые нельзя обработать, проанализировать при помощи обычных аналитических методов в связи с очень большим объемом и сложной структурой данных [2]. Сложность анализа при работе с большими данными обуславливается особенностями получения, разделения,

хранения, передачи, процесса визуализации, сохранения анонимности полученных данных. Анализ больших данных, как правило, предполагает применение определенных методов работы с данными для того, чтобы выявить различные закономерности, а также другую полезную информацию. Точность при работе над большими данными позволяет получать информацию с наиболее высокой степенью полезности и принимать лучшие решения с целью повышения эффективности работы предприятия или организации.

Примером области применения больших данных может являться сельское хозяйство. Сенсоры, датчики и другие технические устройства устанавливаются на территории фермерских хозяйств и объединяются в единую сеть, основанную на больших данных. Подобные сети позволяют фермерам получать визуализированное представление всех процессов сельскохозяйственного производства, а также интегрировать в систему данные о потребностях рынка. Фермерам доступна информация о состоянии почвенных ресурсов, погоде и влажности, степени созревания плодов. Это позволяет в режиме реального времени оптимизировать хозяйство под текущие условия рынка [3].

Другим примером может являться сфера онлайн-торговли. Компании используют большие данные для анализа интернет-покупок, они сравнивают покупки, которые совершают их клиенты, с тем, что покупают другие пользователи. Результатом такого анализа является информация о том, что может понадобиться их клиентам сейчас или в будущем.

Большие данные также используются в медицине. При помощи технологий происходит сбор, обмен и анализ накопленных данных врачами и учеными, что позволяет совершенствовать медицинскую диагностику, лечение пациентов. Анализ аккумулируемых статистических данных позволяет предупреждать риски инфекций и заболеваний [4]. Также большие данные помогают создавать умную систему карантина в периоды эпидемий. Ряд стран во время эпидемии коронавируса активно применяет приложения, использующие возможности больших данных, для анализа социальных контактов пользователя и его перемещения, что позволяет в случае его заболевания свести опасные последствия к минимуму.

Для анализа больших данных кроме физического объема существует ряд других важных характеристик, которые определяют сложность анализа и обработки данных. Изначально существовал набор признаков VVV (volume, velocity, variety – объем данных, скорость приращения данных и необходимость их быстрой обработки, возможность одновременной обработки данных). Этот набор признаков был выработан

в 2001 году компанией Meta Group для того, чтобы показать равнозначность всех трех аспектов при управлении данными [5].

Потом появились и расширенные версии изначального набора признаков, такие как VVVV (была дополнительно включена в набор veracity – достоверность), VVVVV (были дополнительно включены в набор viability – жизнеспособность и value – ценность), VVVVVVV (были дополнительно включены в набор variability – переменчивость и visualization – визуализация).

Следуя вышеописанным признакам, для больших данных были сформулированы следующие принципы работы.

Горизонтальная масштабируемость – это основной принцип обработки для больших данных. Больших данных становится постоянно все больше и больше с каждым днем. Поэтому нужно постоянно увеличивать число вычислительных узлов, по которым будут распределены необходимые данные, с учетом того, что обработка данных не должна приводить к падению производительности.

Отказоустойчивость. Этот принцип является прямым следствием горизонтальной масштабируемости. В связи с тем, что вычислительных узлов может быть очень много и их количество будет увеличиваться, не исключено, что будет расти вероятность сбоев и выхода из строя оборудования. Такая возможность должна обязательно учитываться при работе с большими данными и предполагать введение превентивных мер.

Локальность данных. Издержки на передачу данных могут сильно вырастать, так как, в связи с высокой распределенностью, данные зачастую находятся на одном сервере, а обрабатываются на другом. Разумно проводить обработку данных на той же машине, где эти данные и хранятся.

Вышеперечисленные принципы сильно отличаются от тех, которые характерны для общераспространенных, централизованных и вертикальных моделей хранения с высокой степенью структурированности данных. Поэтому для работы с большими данными постоянно разрабатывают новые методы.

Согласно определениям международной консалтинговой компании McKinsey, выделяют следующие методы работы с большими данными.

Data Mining (глубинный анализ данных) – это комплекс методов, задача которых – обнаружить ранее неизвестные закономерности и полезную информацию в некотором массиве данных. К методам этого класса относят обучение ассоциативным правилам, категорирование данных, регрессионный анализ и анализ кластеров [6].

Смешение и интеграция данных – это набор техник, предназначенных для интегрирования разнородных данных для их последующего глубокого анализа. Разнородные данные из разных источников приводятся к единому формату, если имеется несколько источников данных об одном объекте, то данные дополняются с целью получения полного представления, отсеиваются избыточные данные.

Машинное обучение – набор методов искусственного интеллекта, ключевой особенностью которых является решение задач за счет обучения в процессе многократного решения сходных задач. Используются методы обучения без учителя – это методы, относящиеся к задачам кластеризации, к задачам поиска закономерностей, частотных правил и т. д.; методы обучения с учителем, которые позволяют выполнять прогнозирование; методы классификации [7].

Искусственные нейронные сети – это программный комплекс и математическая модель, спроектированные по подобию биологических нейронных сетей, конечной задачей сетей является решение задач оптимизации и моделирования [8]. С точки зрения машинного обучения, нейронная сеть представляет собой частный случай методов распознавания образов, дискриминантного анализа, методов кластеризации и т. п. С математической точки зрения, обучение нейронных сетей – это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации. Наиболее популярные нейронные сети – перцептроны (Perceptrons, P), сети прямого распространения (Feed Forward, FF), рекуррентные нейронные сети (RNN), сети Кохонена (KohonenNetwork, KN), сети Хопфилда (Hopfield Network, NN).

Имитационное моделирование – метод построения моделей, задача которых описывать необходимые процессы, как если бы они происходили в реальности. Имитационное моделирование позволяет выявить структуру исследуемых данных, динамику изменений, способствуя быстрому реагированию на изменение разнородных признаков.

Пространственный анализ – это набор методов, позволяющих извлекать полезную информацию топологического и геометрического типа из данных. Данный метод используется для решения сложных локационно-ориентированных задач, в которых имеется необходимость находить закономерности, оценивать тенденции.

Статистический анализ – методы математической статистики, такие как:

- корреляционный анализ, позволяющий выявить взаимосвязи и оценить влияние изменения одних данных на другие;
- анализ временных рядов, который позволяет оценить интенсивность и частоту изменений данных с течением времени;

– А/В-тестирование, используя этот метод сравнивают наборы тестовых и контрольных групп, в которых некоторые значения показателей намеренно изменены, для того чтобы узнать, какое из изменений приносит наилучший эффект.

Визуализация аналитических данных – графическое представление информации в виде гистограмм, диаграмм, рисунков, а также применяя интерактивные возможности и анимацию. Может применяться как для формирования исходных данных для дальнейшего анализа, так и для получения конечных результатов. Метод позволяет наглядно представить самые важные моменты анализа.

Подводя итог можно с уверенностью сказать, что большие данные прочно вошли в инструментарий сегодняшнего дня. Использование больших данных позволяет выявлять ранее неизвестные закономерности и использовать их на благо человека.

Литература

1. Фролов, М. В. Использование OLAP-технологий для оптимизации обработки данных в информационной системе вузовского центра дополнительного образования / М. В. Фролов, О. В. Виштак // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – Т. 1. – С. 114-116.

2. UPLAB: [сайт]. – URL: <https://www.uplab.ru/blog/big-data-technologies> (дата обращения: 06.04.2021). – Текст: электронный.

3. Половинченко, М. И. Большие данные и их применение в агробизнесе / М. И. Половинченко, В. С. Елисеев // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2021. – № 7. – С. 46-49.

4. Ильяшенко, В. М. Применение технологии больших данных в здравоохранении / В. М. Ильяшенко // Сборник научных статей по итогам работы круглого стола с международным участием «Мир в эпоху глобализации экономики и правовой сферы: роль биотехнологий и цифровых технологий». – М.: Учебно-курсовой комбинат «Актуальные знания», Ассоциация «Союз образовательных учреждений», 2021. – С. 247-249.

5. IT.Enterprise: [сайт]. – URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye> (дата обращения: 05.04.2021). – Текст: электронный.

6. Замятин, А. В. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие / А. В. Замятин. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 120 с.

7. Рябенков, Р. А. Машинное обучение / Р. А. Рябенков, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 224-228.

8. Сидоренко, Д. Е. Анализ возможности использования нейронных сетей для оценки качества программных продуктов / Д. Е. Сидоренко, И. В. Михеев // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 242-247.

УДК 373.1

Использование информационных технологий в инклюзивном образовании

¹Куликова Елена Геннадьевна, учитель;

²Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и технологии»;

¹Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Основная общеобразовательная школа села Быков Отрог» Балаковского района Саратовской области;

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

Использование информационных технологий в образовательном процессе играет важную роль для коррекции и компенсации недостатков развития детей, относящихся к категории учащихся с ограниченными возможностями здоровья, позволяет вовлечь их в процесс обучения, создать условия для развития познавательной деятельности. Это является основой для создания адаптивной образовательной среды, обеспечивающей индивидуализацию обучения с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося.

Инклюзия в образовании признана Россией на государственном уровне. Под инклюзивным образованием понимается целенаправленный процесс обучения и социализации лиц с особыми образовательными потребностями в образовательных организациях общего, профессионального и дополнительного образования. Практическая реализация инклюзивного образования остается очень сложной проблемой. Образовательный процесс исключительных детей – это целый комплекс

проблем, относящихся не только к образованию, но и к другим сферам жизни общества.

Сложность инклюзивного (включающего) образования связана с многообразием определений особых образовательных потребностей. Классификация данных потребностей в нашей стране определяется традиционными четырьмя группами: слепота, глухота, психомоторные отклонения, отставание в умственном развитии [1]. Поэтому основной целью инклюзивного образования является поддержание уровня образования для всех, когда уделяется особое внимание снятию препятствий для участия в обучении.

Включение детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) в образовательный процесс требует создания адаптивной учебной среды, помогающей ребятам в обучении и реализации их потенциала. Необходимо совершенствование методов преподавания, использование современных педагогических технологий, ориентированных на ученика.

Одним из перспективных направлений в методике инклюзивного образования является активное использование информационных технологий, позволяющих одинаково эффективно организовать работу с разными категориями учащихся с ограниченными возможностями здоровья. Цифровизация инклюзивного образования позволяет сформировать познавательную активность обучающихся, индивидуализировать образовательный процесс при сохранении его целостности, создать возможность построения открытой системы образования [2].

Информационно-образовательные ресурсы (ИОР) – это комплекс программных, технических, телекоммуникационных и методических средств, который позволяет наиболее полно и целесообразно использовать информационные разработки в сфере образования и внедрять их во все сферы образовательной деятельности.

Использование образовательных интернет-ресурсов создает условия для создания единого информационно-образовательного пространства, обеспечивающего каждому пользователю доступ к любым источникам информации (отечественным и зарубежным) и предоставляющего учащимся возможность выбора формы обучения и уровня образования [3]. Также открываются новые перспективы для индивидуального обучения, выбора профессии и специализации, появляется возможность использования дистанционных технологий образования. Для осуществления этих целей создана система взаимосвязанных образовательных порталов, серверов и сайтов в области образования, условия для доступа к ресурсам библиотек, учебных заведений и работы в режиме видеоконференции.

Использование образовательных ресурсов сети Интернет открывает широкие возможности при проведении учебного процесса, проверки уровня знаний по различным предметам и дисциплинам, проведения опросов, играет важную роль для коррекции и компенсации недостатков развития детей, относящихся к категории учащихся с ОВЗ.

Существует большое количество информационных ресурсов в сети Интернет, различающихся по типу и методике обучения, характеру содержания, решаемым педагогическим задачам, широте охвата учебного материала, уровню образования, формам представления информации, реализации интеллектуальных функций. Рассмотрим наиболее часто используемые в инклюзивном образовании виды ИОР.

Электронные учебники – программное обеспечение, используемое в процессе обучения, заменяет собой традиционные бумажные издания. В настоящее время под термином «электронный учебник» понимают не только аналог бумажного издания, но и сложный комплекс программных средств на электронных устройствах, позволяющий проводить ученикам не только демонстрацию учебных текстов, но и презентацию мультимедийного материала с возможностью интерактивной проверки знаний и обновлением учебного материала из централизованного источника [4].

Электронный учебник имеет ряд достоинств, отличающих его от бумажного аналога:

- учет индивидуальных особенностей обучающегося;
- удобство навигации и перехода к необходимому материалу;
- наглядность и разнообразие форм представления обучающего материала;
- возможность получения контекстной помощи при изучении;
- возможность интерактивной проверки знаний для самоконтроля.

Погружение обучающегося в мультимедийную интерактивную среду позволяет повысить восприятие материала, что является очень важным фактором при обучении детей с ОВЗ. В настоящее время электронный учебник является наиболее распространенным средством обучения, поскольку включает в себя все необходимые методики обучения и тестирования, а также возможность коммуникации не только с педагогом, но и с другими обучающимися, что часто является проблемой для детей с ОВЗ.

Демонстрационно-обучающая программа – это программное средство, позволяющее представить сложную информацию об исследуемом предмете в простой и наглядной форме. Может быть использована на разных этапах учебной деятельности как на аудиторных занятиях, так и при самостоятельной подготовке. Обычно работа с

такими программами построена на основе диалога с пользователем и не требует вмешательства учителя [5].

Демонстрационно-обучающие программы предназначены для изучения явлений и экспериментов, которые невозможно повторить в школьной лаборатории, но которые могут быть смоделированы с помощью ЭВМ, управляющей математическими операциями на основании заложенных алгоритмов и изображающей на дисплее процесс протекания эксперимента.

Одним из наиболее активно развивающихся видов демонстрационно-обучающих программ являются виртуальные лаборатории. Использование виртуальных лабораторий позволяет учитывать индивидуальные качества личности обучаемых. Интеграция в виртуальных лабораториях текстовой, аудио- и видеоинформации, а также материала разного уровня сложности, детализация рассматриваемых объектов и процессов, возможность производить действия в разном темпе обеспечивает удовлетворение образовательных потребностей обучающимся разных категорий.

Виртуальные лаборатории предоставляют пользователю возможность стать участником действий в абстрактном пространстве, в котором можно задать виртуальные объекты и условия взаимодействия этих объектов.

Как отмечает И.В. Роберт [6], в настоящее время можно выделить три подхода к осуществлению информационного воздействия пользователя с объектами виртуального мира:

1) Подход, реализующий идею «погружения» в виртуальный мир. Используя специальные устройства: джойстринг, «интерфейс-перчатка», очки-телемониторы, «информационный костюм», пользователь имеет возможность перемещаться внутри виртуального пространства, манипулировать объектами виртуального мира.

2) Подход, обеспечивающий «оконное» представление трехмерного пространства виртуального мира через экран компьютера.

3) Подход, реализующий взаимодействие с объектами виртуального мира «третьим лицом». Пользователь отождествляет себя с движущимся изображением на экране и управляет его действиями.

Все рассмотренные подходы могут использоваться в работе с обучающимися с ОВЗ, поскольку объединяют обучение с игрой, что позволяет более успешно усвоить новый учебный материал, а также провести проверку знаний без создания стрессовой ситуации для ребенка.

Программы компьютерного контроля и тестирования выполняют функцию управления учебным процессом с целью необходимой корректировки учебного плана для получения более качественного уровня подготовки обучающегося.

Компьютерный контроль – это процедура проведения педагогических измерений для установления соответствия уровня знаний обучающегося запланированной модели знаний. Эффективность зависит от гибкости и разнообразия созданных контролирующих материалов, степени адаптивности системы к особенностям и уровню подготовленности обучающегося.

Компьютерное тестирование – это аттестационная процедура, позволяющая объективно оценить соответствие личностной и экспертной модели знаний с использованием компьютерных средств и специально организованных тестов [7]. Главная цель тестирования – оценка уровня соответствия в количественной форме.

Использование компьютерного тестирования позволяет выбрать необходимый уровень заданий, темп выполнения, что обеспечивает индивидуализацию обучения детей с ОВЗ.

Внедрение в образовательный процесс информационных технологий открывает широкие возможности для исследовательской и творческой деятельности обучающегося с ОВЗ, что стимулирует развитие его интеллектуальных способностей, повышает интерес к изучаемому предмету и позволяет усвоить информацию наиболее полно и качественно. Таким образом, использование информационных технологий в инклюзивном образовании позволяет расширить применение различных методов обучения, повысить качество образования, усовершенствовать контроль усвоения знаний.

Литература

1. Макарьев, И. С. Инклюзия как неотъемлемая составляющая современной образовательной парадигмы: методическое пособие / И. С. Макарьев. – СПб.: ГБ ПОУ «Охтинский колледж», 2015. – 64 с.
2. Рахматуллина, Э. Д. Использование информационных технологий в инклюзивном образовании / Э. Д. Рахматуллина // Образование и воспитание. – 2020. – № 3 (29). – С. 82-84.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты) / И. В. Роберт. – М.: ИИО РАО, 2008. – 234 с.

7. Архипов, А. Ю. Информационные системы для тестового контроля знаний обучающихся / А. Ю. Архипов, Н. М. Виштак // Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании: сборник трудов I Международной научно-практической конференции. – М: НИЯУ МИФИ, Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 149-153.

УДК 004.7

Реорганизация Интернета как способ его усовершенствования

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

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

В статье рассматриваются вопросы реорганизации Интернета и возвращения его ко времени, когда совершались значительные научные открытия и внедрялись

инновации. Большое внимание уделяется проектам, которые занимаются созданием такого Интернета, в котором ключевая роль отдавалась бы конфиденциальности персональных данных. Концепция такой организации сети заключается в способе хранения и представления информации. Основная цель проектов, занимающихся разработкой сетей свободного интернета, заключается в хранении данных на серверах независимых центров обработки данных. Сделаны выводы о ценности приватности данных и восприятия интернета как свободного рынка, а не рекламной платформы.

В современном мире человек уже привык к тому, что происходит постоянная цифровизация общества. Появляются все новые разработки в мире IT-технологий. Однако в последнее время стала все более заметна тенденция к пересмотру традиционных устоев интернета. Бесспорно, сейчас человек уже вряд ли может представить себе жизнь без Всемирной паутины, сложно переоценить пользу, которую он извлекает от использования интернета. Однако существуют компании, деятельность которых направлена на своего рода реорганизацию интернета, пересмотр его концепции и улучшение сети.

1. Фонд Dfinity – это некоммерческая научно-исследовательская организация, базирующаяся в Цюрихе, Германии [1]. Команда Dfinity состоит из лучших в мире криптографов, экспертов по распределенным системам и программистов. Своей целью компания ставит улучшение Интернета, вывод его на совершенно другой уровень путем реорганизации и создания потенциально нового способа работы в сети – Интернет-компьютера.

Интернет-компьютер – децентрализованная технология, направленная на расширение функциональных возможностей интернета, распространяющаяся в сети независимых центров обработки данных. Такой подход позволяет программному обеспечению свободно распространяться в интернете, а не на коммерческих облачных сервисах, контролирующихся крупными фирмами. Dfinity вводит новый стандарт, называющийся компьютерным интернет-протоколом (ICP). Теперь, чтобы распространить в интернете любое программное обеспечение, не требуется фиксированный физический адрес. ПО может распространяться между серверами независимых центров обработки данных. Несомненно, такой подход уже можно назвать прорывом в сфере IT-технологий, однако важен не столько способ распространения программных продуктов в сети, сколько последствия таких изменений. Применение Интернет-компьютера ставит своей целью возвращение интернета к временам, когда Всемирная паутина считалась платформой для творческих идей и новаторского начала разработчиков. Сейчас же наблюдается монополизация

интернета, сеть воспринимается как рынок с несомненным господством рекламы. Интернет-компьютер намерен исправить возникшую ситуацию.

Интернет-компьютер размещает программное обеспечение в защищенной от взлома и несанкционированного доступа среде, которая позволяет создавать продукты, не зависящие от систем резервного копирования и брандмауэров. Этот подход к организации распространения данных в сети позволяет компаниям отказаться от автономной инфраструктуры, такой как серверы баз данных.

Ситуация растущей монополизации сервисов в сети может быть решена за счет поддержки автономного программного обеспечения, у которого отсутствует конкретный владелец. Этот способ позволяет создавать открытые версии веб-ресурсов – социальных сетей или сервисов, которые работают как неотъемлемая часть самого интернета. Другими словами, будут созданы приложения, никому не принадлежащие и никем не контролирующиеся. Это позволяет пользователям получить гораздо более надежные гарантии сохранности конфиденциальности их данных. Центры обработки данных будут оплачиваться крипто-токенами разработчиков за выполнение их кода, но центры не будут иметь доступа к самим данным. Именно такой способ организации хранения данных осложняет доступ рекламодателей к отслеживанию действий пользователя в интернете.

Децентрализованный интернет может привести к такой форме управления данными в сети, при которой мнение всех разработчиков и пользователей касательно регуляции работы с информацией в интернете может быть услышано и учтено. Однако Dfinity не единственная компания, занимающаяся вопросом реорганизации интернета.

2. Сеть SAFE Network (безопасный доступ для всех) – это принципиально новый способ доступа к приложениям, важнейшей ценностью которых выступает конфиденциальность данных пользователей [2]. Программное обеспечение SAFE предоставляет доступ к электронной почте, хранилищу данных, приложениям, конференциям и многому другому.

SAFE Network отказывается от использования традиционных центров обработки данных, так как те подвержены краже информации и отслеживанию активности пользователей в интернете другими лицами. Компания предлагает свой способ организации работы и хранения данных в интернете. Технология SAFE заключается в объединении всех свободных вычислительных мощностей пользователей системы, что позволит создать глобальную свободную сеть.

Сеть SAFE Network предлагает такое обеспечение конфиденциальности данных пользователей в интернете, аналогов которому на данный момент не существует.

Пользователям больше не придется доверять персональные данные организациям. Теперь каждый может сам осуществлять контроль над своими сведениями. За предоставленные вычислительные ресурсы и неиспользуемое пространство на жестком диске пользователи сети будут получать оплату с помощью сетевого токена Safecoin.

Автономная сеть SAFE позволяет полностью исключить человеческое вмешательство в вопросы организации хранения данных в интернете. Больше никаких людей и компаний, устанавливающих цены, никаких изменений конфигураций и правил узлов. Человеческое вмешательство в сеть заканчивается на запуске самонастраивающегося, самовосстанавливающегося программного обеспечения. Такая сеть предоставляет доступ к хранению данных всем пользователям. После того, как пользователь предоставляет сети свои зашифрованные данные, от него не требуется никаких действий, направленных на обеспечение их безопасности. До тех пор, пока сам владелец данных не решит получить к ним доступ, они остаются полностью конфиденциальными. Сеть SAFE с помощью специальной интеллектуальной системы перемещает информацию между узлами, постоянно переназначая ее различным группам. Именно такой подход позволяет обеспечить сохранность и приватность данных. Переход на использование автономных сетей ставит своей целью избавление от «частных» хранилищ, которые рано или поздно, по мнению создателей, будут взломаны. Конфиденциальность данных пользователей превыше всего.

Использование технологии SAFE позволит перестроить традиционный способ хранения информации пользователей. Например, достижения современных систем в области распознавания голоса, видеоизображения не перестают удивлять человеческое воображение. Однако это является причиной беспокойства пользователей за сохранность личных данных. Сеть SAFE применяет технологию, при которой пользователь создает учетную запись без посредников. Отпадает необходимость хранить пароли в системе. Именно это предотвращает риск кражи пароля, а вместе с тем возможность доступа сторонних лиц к конфиденциальной информации.

SAFE Network – сеть с открытым исходным кодом. Цель такого подхода состоит в создании ресурса, предоставляющего любому пользователю сети возможность распространить данные в интернете и получить доступ к обмену информацией с другими людьми по всему миру.

3. Технология Solid – совместная разработка Тима Бернерса-Ли, создателя Всемирной паутины, с группой исследователей из Массачусетского технологического института [3]. По мнению разработчика, интернет в своем развитии сильно отклонился от первоначального направления. Положение, в котором он находится сейчас, можно

считать критическим, так как сеть давно превратилась в торговую площадку, на которой получение прибыли вышло на первый план.

Концепция интернета изначально заключалась в создании общедоступной площадки для творчества и разработки креативных инновационных продуктов. Первый популярный браузер, Mosaic, содержал средства мультимедиа и редактирования. Впоследствии эти инструменты были удалены, так как показались слишком сложными для среднестатистического пользователя сети. Именно это и послужило отправной точкой изменения интернета.

Сформулированная 15 лет назад идея о формировании единого интернет-пространства сейчас имеет возможность воплотиться в жизнь. В технологии Solid реализована возможность сквозного редактирования документов, система управления данными и их обновления через WebSockets.

Технология Solid направлена на восстановление баланса в среде распространения и хранения конфиденциальных данных. В большинстве случаев пользователи не знают, с какой целью используется та или иная информация, которую они предоставляют во время использования сети Интернет. Следовательно, такие ситуации порождают случаи, когда конфиденциальные данные перестают храниться должным образом и попадают в общий доступ. Solid ставит своей целью исправление и предотвращение возникновения таких ситуаций.

Технология Solid предполагает полный контроль пользователей над своими данными. Человек самостоятельно может накладывать ограничения на хранение и использование персональных сведений. Согласно идеям рассматриваемой технологии, все данные пользователя будут храниться в одном месте и человек всегда будет знать, где, когда и кем запрашиваются его конфиденциальные сведения. Именно с хранилищем всех данных и будут взаимодействовать различные приложения. Solid рассматривается как экосистема для хранения информации во всех возможных видах [4].

Монополизация в сфере интернет-пространства всегда была следствием стремления технологических компаний к получению огромной прибыли. Это приводит к тому, что сеть рассматривается только в качестве торговой площадки. Интернет перестает быть платформой для создания разработчиками совместных проектов и независимым пространством, в котором каждый пользователь может быть услышан и получает возможность реализовать свой творческий потенциал. Интернет превратился в платформу, господство на которой принадлежит рекламе. В последнее время эта проблема встает особенно остро, потому что вопросы прибыли, связанные с

монополией крупных предприятий, не дают возможности роста и развития инновационным продуктам. Именно поэтому компании, разрабатывающие пути реорганизации интернета и пересмотра вектора его развития, привлекают все больше внимания.

Таким образом, Интернет как свободное пространство – это тот идеал, к которому должно стремиться информационное общество. Благодаря разработкам компаний, рассмотренных в статье, намечается новый вектор в развитии всемирной сети.

Литература

1. DFINITY Foundation. Internet Computer. DFINITY Foundation. Internet Computer: [сайт]. 2021. – URL: <https://dfinity.org/faq/> (дата обращения: 28.03.2021). – Текст: электронный.

2. Safe Network. Safe Network: [сайт]. 2021. – URL: <https://safenetwork.tech/faq/> (дата обращения: 01.04.2021). – Текст: электронный.

3. Solid – проект по защите личных данных. Хайтек+: [сайт]. 2021. – URL: <https://hightech.plus/2018/10/01/solid---proekt-po-zashite-lichnih-dannih-ot-sozdatelya-interneta-tima-bernersa-li/> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.

4. Технология Solid. Хабр: [сайт]. 2021. – URL: <https://habr.com/ru/company/globalsign/blog/425171/> (дата обращения: 03.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 004.932.2

Автоматизированная система сегментации изображения

Наранович Оксана Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры

«Информационные технологии и физико-математические дисциплины»;

Калько Алексей Игоревич, старший преподаватель кафедры

«Информационные технологии и физико-математические дисциплины»;

Михновец Анна Васильевна, студент специальности

«Информационные системы и технологии»

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,

г. Барановичи, Республика Беларусь

Статья посвящена представлению автоматизированной системы, демонстрирующей сегментацию изображения методом k -средних.

Процесс сегментации изображения широко используется для последующей обработки спутниковой съемки при изучении появления новых островов в Арктике и мониторинге мест обитания моржей; отслеживании морских акваторий и загрязнении рек при авариях на дамбах; при оказании помощи в поисках артефактов археологам; наблюдении изменений погодных условий и др.

Обработка больших цифровых данных требует не только изучения и использования машинного обучения, но и разработки автоматизированных систем на основе имеющихся методов и алгоритмов.

Накоплен значительный опыт машинного обучения для распознавания не только объектов, природных явлений, верификации и аутентификации личностей с использованием стандартных приборов видеонаблюдения [1], также распознавание эмоций человека для последующего анализа его выбора и предпочтений, дальнейших действий, поступков [2].

Автоматизированная идентификация человека является частью современного машинного обучения и компьютерного зрения, а распознавание пола является одной из подзадач идентификации человека. Компьютер можно обучить распознаванию гендерной принадлежности человека, анализируя некоторые ключевые области на лице, которые всегда анатомически различаются у мужчин и женщин [2].

Для анализа изображений их следует сегментировать, т. е. разбить на множество частей. Пиксели, из которых состоят сегменты, могут иметь некоторую схожесть по цвету, яркости или текстуре. Установлено, что яркость каждого фрагмента несет информацию о высоте его расположения в пространстве (чем ярче точка на изображении, тем выше она находится, тусклые точки соответствуют нахождению элемента на подложке) [3].

Цель сегментации заключается в упрощении и изменении представления изображения, чтобы его было проще и легче анализировать. Неправильное выделение сегментов в изображении, в конечном счете, может отразиться на качестве распознавания и даже сделать его невозможным. Поэтому задача сегментации является чрезвычайно важной и актуальной.

Задача данного исследования состоит в разработке клиент-серверного приложения для проведения сегментации изображения, то есть в разбиении цифрового изображения на несколько сегментов (множество пикселей). Данная задача была решена средствами среды программирования Microsoft Visual Studio 2019, алгоритм написан на языке программирования C#.

Для решения поставленной задачи был выбран метод, основанный на кластеризации, – метод к-средних. Кластеризация методом к-средних разбивает по заданным пикселям все множество объектов (изображение) на заданное число кластеров так, чтобы средние значения для кластеров по каждому из пикселей максимально различались [4].

В этом алгоритме точки данных назначаются кластеру таким образом, чтобы сумма расстояний между пикселями данных и центрами кластеров была бы минимальной [5]:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2, \quad (1)$$

где k – количество кластеров; n – количество итераций; c_j – центр кластера j ; $(x_i^{(j)} - c_j)$ – расстояние от центра кластера до пикселя.

Алгоритм метода состоит из 4 шагов [5]:

1. задаем количество кластеров k , которые должны быть сгенерированы данным методом;

2. случайным образом выбираем начальные центры кластеров. Если $k = 2$, то будет определено два кластера и изображение будет разделено на два сегмента;

3. определяем расстояние от каждого центра до каждого пикселя, как евклидово расстояние между тремя составляющими цвета (RGB):

$$(R2 - R1)^3 + (G2 - G1)^3 + (B2 - B1)^3. \quad (2)$$

Вычисляется расстояние от первого пикселя до каждого центра кластеров и определяется наименьшее расстояние между пикселем и центрами. Для центра кластера, расстояние до которого является наименьшим, пересчитываются координаты, как среднее арифметическое всех точек данных этого кластера. Центр смещается в пространстве соответственно этим подсчетам. Расстояние между кластерами является средним значением всех расстояний между всеми возможными пикселями из всех кластеров;

4. пиксель помещается в кластер, к центру которого он расположен ближе, чем к остальным центрам. Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжается до тех пор, пока не выполнено одно из условий: пиксели остаются в одних и тех же кластерах; число итераций равно максимальному числу итераций.

К достоинствам алгоритма к-средних можно отнести простоту и быстроту использования, понятность и прозрачность. Недостатки алгоритма к-средних: алгоритм слишком чувствителен к выбросам, которые могут исказить среднее. Возможным решением этой проблемы является использование модификации алгоритма – алгоритм

k-медианы; алгоритм может медленно работать на больших базах данных. Возможным решением данной проблемы является использование выборки данных [6].

Однако главным недостатком данного метода является выбор центров кластеров случайным образом и результаты работы программы, запущенной несколько раз для одного и того же изображения, будут отличаться [7].

В разработанном клиент-серверном программном приложении клиент и сервер взаимодействуют посредством сообщений. Клиент отправляет запрос на подключение, сервер выполняет этот запрос и отправляет ответ клиенту, то есть происходит включение сервера. В дальнейшем клиент отправляет изображение для сегментации серверу, а сервер в свою очередь запускает сегментацию полученного изображения и после проведения сегментации возвращает сегментированное изображение клиенту. Также клиент может отправить запрос на разрыв соединения, сервер выполняет этот запрос и отправляет ответ клиенту, т. е. происходит выключение сервера.

После успешного запуска сервера пользователи могут производить работу с изображением с помощью клиентского приложения. При нажатии на кнопку «Загрузить» загружаем изображение из файловой системы. Загрузка цветных изображений осуществляется в формате .BMP, .JPG, .PNG. На рис. 1 в клиентской части программного продукта представлено исходное и сегментированное изображение с пятью отчетливо доминирующими цветовыми оттенками. Клиент может сохранить сегментированное изображение.

В разработанном программном продукте также можно сегментировать не все изображение, а его часть, для этого серверу отправляются входные данные изображения и указывается тип сегментации.

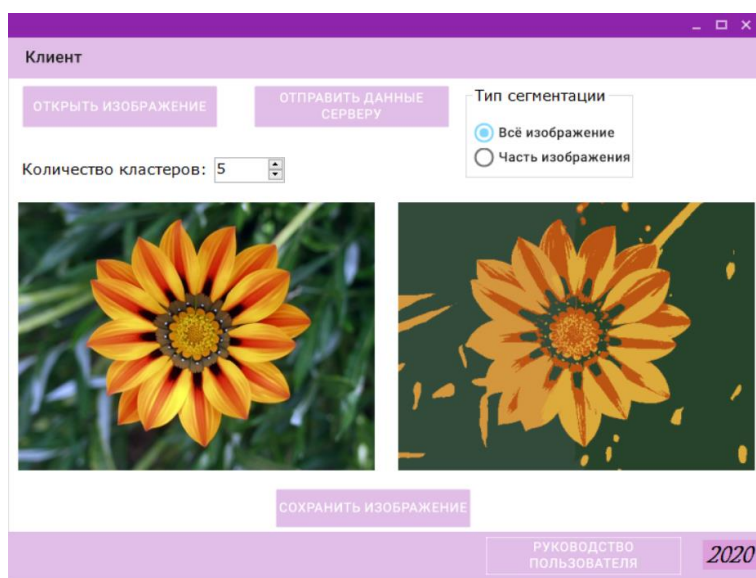


Рис. 1. Отображение сегментации в клиентской части

В серверной части программного продукта отображается сегментация всего изображения, клиентской части возвращается только часть изображения, на рис. 2 представлен результат сегментации.

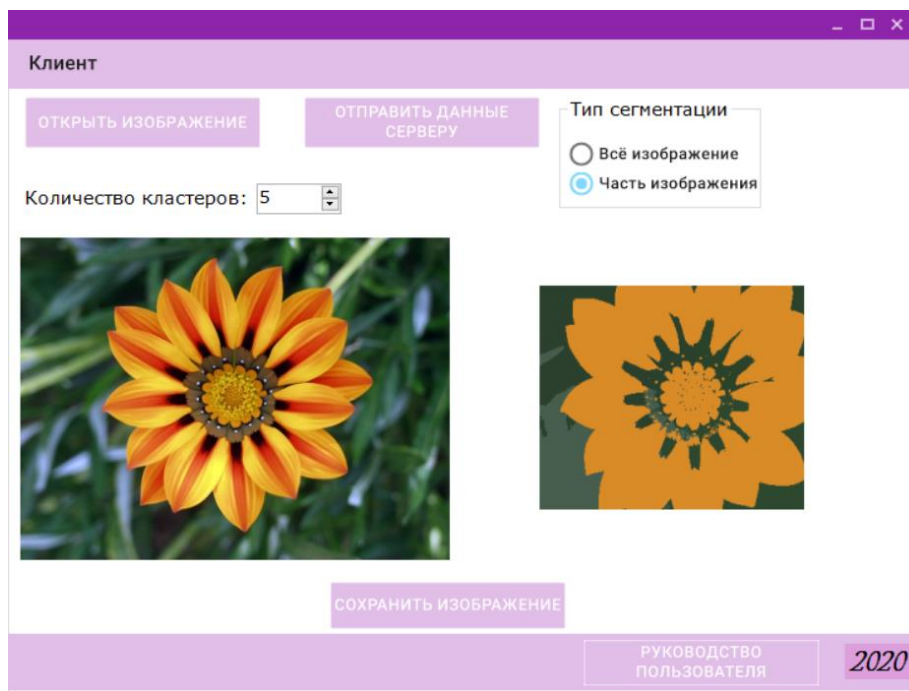


Рис. 2. Сегментация части изображения

Для сравнения на рис. 3 представлен результат сегментации этого же изображения с количеством кластеров, равным 15.

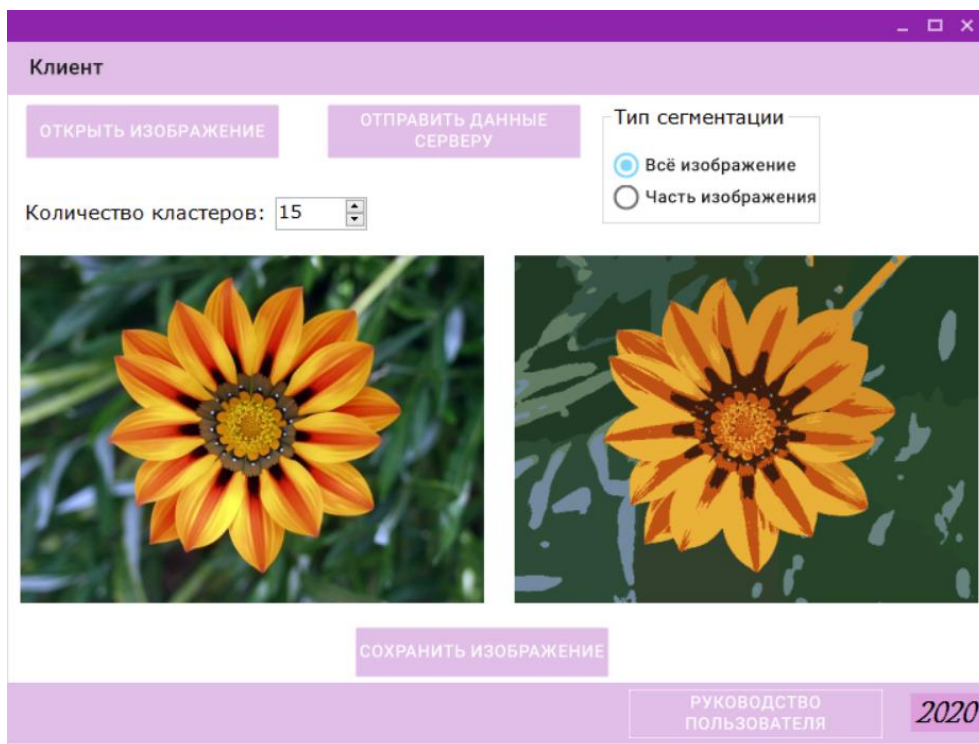


Рис. 3. Результат сегментации с количеством кластеров, равным 15

На рис. 3 видно, что при большем количестве кластеров сегментированное изображение более похоже на исходное.

Таким образом, тестирование программного продукта показало допустимую устойчивость получаемых результатов сегментации изображения, качество которого можно улучшать при не однократном использовании программы.

Данный программный продукт позволяет: загружать изображение для сегментации, выбирать тип сегментации (все изображение либо его часть), вводить количество кластеров для сегментации, производить сегментацию изображения, сохранять сегментированное изображение и может использоваться для проведения занятий по изучению рассмотренной темы.

Литература

1. Сандруцкий, Д. И. Верификация личности на основе бинокулярной стереорекострукции поверхности лица / Д. И. Сандруцкий, О. И. Наранович // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2018. – № 6 (51): [сайт]. – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6070> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
2. Шах, А. В. Информационная система таргетирования рекламных роликов по гендерному признаку / А. В. Шах // *Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал.* – 2018. – № 3. – С. 66-73.
3. Рабцевич, В. В. Оценка ошибок сегментации АСМ-изображений / В. В. Рабцевич, А. Т. Нгуен, В. Ю. Цветков // *BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3-4, 2018 / editorial board: M. Batura [etc.].* – Minsk, BSUIR, 2018. – Pp. 373 – 377.
4. Наследов, А. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных / А. Наследов. – СПб.: Питер, 2013. – 416 с.
5. ML – Алгоритм кластеризации K-средних: [сайт]. – URL: <https://coderlessons.com/tutorials/python-technologies/uznaite-mashinnoe-obuchenie-s-python/ml-algorithm-klasterizatsii-k-srednikh> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
6. Лекция 14: Методы кластерного анализа. Итеративные методы: [сайт]. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/184> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст: электронный.
7. Котелина, Н. О. Кластеризация изображения методом k-средних / Н. О. Котелина, Б. Р. Матвийчук // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика.* – 2019. – Вып. 3. (32). – С. 101–112.

Преимущества применения сетевых образовательных технологий

Панкратов Алексей Алексеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

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

Проблема использования информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе в настоящее время рассматривается как одна из центральных проблем в системе образования. Статья посвящена вопросам применения технологий связи в образовательном процессе. Рассматривается влияние интернет-коммуникации на процесс обучения. Описаны преимущества и недостатки интеграции информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс.

В настоящее время государственная политика направлена на решение вопросов профессиональной компетентности специалистов, отвечающих требованиям и стандартам современного общества. Специалист должен быть, во-первых, востребован на рынке труда, а во-вторых, конкурентоспособен и мобилен. Последние два качества формируются в системе компетентного подхода к образованию, позволяющего будущему специалисту приобрести профессиональные навыки, необходимые для успешной профессиональной деятельности и личностного развития.

Основой компетентного подхода является практико-ориентированная деятельность, направленная на получение студентами профессиональных умений, необходимых для успешной самореализации. Применение компетентного подхода позволяет обучающимся на основе имеющихся знаний разрешать противоречия и проблемные ситуации, возникающие в процессе учебной деятельности [1]. Более того, большое внимание уделяется умению студентов использовать эти знания на практике. В такой ситуации все субъекты образовательных отношений должны быть готовы к новым источникам информации и общению, способствующему приобретению и развитию новых навыков, обеспечивающих развитие личности специалиста, способного к успешной профессиональной самореализации.

Очевидно, что такой подход требует качественного изменения процесса и содержания образования. Система подготовки специалистов может быть

модернизирована путем включения в образовательный процесс нетрадиционных методов и форм обучения, которые в настоящее время начинают использоваться на всех уровнях образования.

Внедрение интерактивных технологий обучения в образовательный процесс приводит к повышению качества подготовки студентов и является необходимым условием эффективной реализации компетентностного подхода [2]. Преимуществами такого подхода являются:

- переход от информативных форм и методов обучения к активным;
- переориентация от подхода, основывающегося на знаниях, к практической деятельности;
- возможность сочетать теоретические знания студентов с их практическими потребностями.

Использование информационно-коммуникационных технологий становится одной из важных составляющих педагогического процесса и образования в целом, так как их использование позволяет улучшить учебный процесс. Для студентов информационно-коммуникационные технологии позволяют расширить источники получаемой информации. Эти возрастные категории довольно легко владеют всеми возможными информационными средствами для того, чтобы обеспечить себя необходимыми знаниями. Благодаря внедрению информационно-коммуникационных технологий обучающиеся получают доступ ко многим образовательным сайтам, позволяющим им оперировать достаточно большим объемом информации.

Таким образом, можно говорить об индивидуализации и дифференциации образования, что является важной составляющей Федерального государственного образовательного стандарта. Все это, в конечном счете, позволяет судить об автоматизации процесса усвоения, закрепления и применения учебного материала с учетом интерактивности образовательной среды, что свидетельствует о формировании необходимых навыков [3].

Цифровое образование, несомненно, удобно и эффективно как для студента, так и для преподавателя. В связи с развитием интернет-ресурсов оно становится, прежде всего, доступным для всех участников образовательных отношений, поскольку каждое образовательное учреждение располагает необходимой материально-технической базой для реализации требований Федерального государственного образовательного стандарта.

Кроме того, это образовательные технологии позволяют развивать систему непрерывного образования. Эта форма уже давно активно используется в

образовательной системе высшего и послевузовского образования. Это так называемая дистанционная форма обучения, которая приемлема в ситуации, когда студент должен получить образование, но не имеет возможности продолжить очное обучение по определенным обстоятельствам.

Так, дистанционное обучение позволяет жителям тех регионов (например, жителям Крайнего Севера), которые не имеют другой возможности, получить качественное образование или профессиональную переподготовку. Значительная территориальная удаленность от вуза, невозможность оторваться от работы – это лишь малая часть факторов, определяющих данную форму обучения.

Также данная технология эффективно используется при работе с обучающимися-инвалидами, которые не способны в силу определенных обстоятельств находиться «очно» в одном образовательном пространстве (в аудитории) вместе с остальными учащимися. Таким образом, при определении образовательного маршрута с использованием дистанционных форм обучения люди с ограниченными возможностями и проблемами со здоровьем получают полноценное образование, обучаясь в более удобном темпе и гибком режиме.

Для обеспечения коммуникации при дистанционном образовании активно используются цифровые технологии, позволяющие использовать информационно-образовательные ресурсы, сосредоточенные на единой платформе, например, систему электронного обучения LMS Moodle. Кроме того, активно используются площадки для проведения вебинаров: Lync Web App, Zoom, Skype, Webinar, Microsoft Teams. Такие образовательные платформы давно существуют в университетах, поскольку они являются одним из требований к организации деятельности высших учебных заведений со стороны Министерства науки и высшего образования Российской Федерации [4].

Единая платформа онлайн-курсов позволяет студентам легко получать информацию по дисциплинам учебного курса. Преподаватели, как и студенты, являются равноправными участниками учебного процесса и именно они определяют содержание курсов, отвечают за их наполнение, систематизацию, дифференциацию и контроль знаний студентов. Таким образом, дистанционное образование фокусируется на индивидуальном развитии каждого обучающегося, независимо от его возраста, места жительства и способностей [5].

Современная практика показывает, что цифровое образование, которое используется все чаще, создает условия для более быстрого и насыщенного развития учащихся. Цифровое образование можно охарактеризовать следующим образом:

- Гибкость системы. Студент имеет возможность выбирать направление

своего развития в зависимости от своих интересов и потребностей. В зависимости от объема и сложности задания студент планирует время, которое необходимо ему для выполнения задания.

- Мобильность позволяет обучающемуся совершенствоваться и развиваться за счет достаточно объемного потока информации, максимально быстро реагировать на изменения образовательной среды.

- Технологии позволяют студенту организовать свой учебный процесс с использованием различных информационно-коммуникационных ресурсов.

- Интерактивность и возможность доступной коммуникации, которая достигается за счет легкости диалога преподавателя и студента, даже если он находится в режиме онлайн (например, с возможностью дистанционного обучения).

При всем этом многообразии характеристик в пользу интерактивно-коммуникативных форм обучения, проявляющихся в рамках цифрового образования, не следует забывать и о минусах использования этих технологий. Компьютерные виртуальные программы и онлайн-курсы не заменят живого взаимодействия между студентом и преподавателем. Отсутствие непосредственного общения в этой ситуации также может сказаться на качестве изучаемого материала, повлиять на силу усвоения знаний. Кроме того, возникает проблема сетевой культуры. Очень важно вовлекать студентов в продуктивную учебную деятельность и отвлекать от бесполезного серфинга в Интернете.

Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе обосновано их практической значимостью в организации образовательного процесса на всех уровнях. Эта технология помогает обучающимся гибко осваивать учебную программу в свободном темпе. Широкое использование мультимедийных учебных материалов и электронных ресурсов позволяет студентам приобретать знания и овладевать компетенциями в определенных областях знаний. При должном уровне организации обучения субъектов образовательного процесса с помощью электронных ресурсов увеличивается объем приобретаемых знаний и умений, а вместе с тем повышается их ответственность за эффективность образовательной деятельности [6].

Цифровые ресурсы, которые достаточно активно используются в образовательной деятельности студентов, позволяют преодолеть барьеры традиционного образования: темп освоения программы, выбор методов и форм обучения, выбор преподавателя. В этой ситуации образование рассматривается как динамичный процесс. Таким образом, с увеличением важности практических навыков,

по сравнению с компонентом знаний, все большее значение приобретает практико-ориентированное, индивидуализированное образование. Несомненно, главной целью всей образовательной системы России является повышение качества образования, что возможно только при участии компетентного педагога, владеющего различными образовательными технологиями, среди которых важная роль отводится информационно-коммуникационным технологиям [7]. Очевидно, что студентам и преподавателям доступно множество конкурирующих источников: цифровые образовательные ресурсы, учебные программы, онлайн-курсы и различные онлайн-сервисы и т. д.

Таким образом, использование информационно-коммуникационных технологий в образовании создает новый этап цифрового преобразования общества, который делает эту технологию общедоступной и надежной для решения задач развития качества образования.

Литература

1. Компетентностный подход в обучении: учебно-методическое пособие / составители О. В. Еремкина [и др.]. – Рязань: РГУ имени С.А. Есенина, 2010. – 48 с.
2. Реутова, Е. А. Применение активных и интерактивных методов обучения в образовательном процессе вуза / Е. А. Реутова. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2012. – 58 с.
3. Виштак, Н. М. Интерактивность как базовая характеристика электронных образовательных ресурсов нового поколения / Н. М. Виштак, Ю. А. Кох // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии в атомной энергетике». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 72-81.
4. Виштак, О. В. Сервисы удаленного доступа для организации учебного процесса в магистратуре / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Векторы развития магистратуры будущего в условиях глобальных вызовов: сборник статей участников Международной конференции. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2020. – С. 30-34.
5. Виштак, Н. М. Системы взаимодействия участников учебного процесса / Н. М. Виштак, М. И. Калистратов // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 181-185.

6. Виштак, О. В. Электронные образовательные ресурсы как базовый компонент информационно-образовательной среды / О. В. Виштак, М. В. Фролов // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С. 142-146.

7. Звонников, В. И. Оценка качества результатов обучения при аттестации (компетентностный подход): учебное пособие / В. И. Звонников, М. Б. Чельшкова. – М.: Логос, 2020. – 280 с.

УДК 377.1

Опыт освоения онлайн-курсов химии по индивидуальной траектории

Петров Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Балтабаев Искандер Маликович, студент направления
«Физика и теплофизика ядерных энергетических установок»;

Симановский Марк Анатольевич, студент направления
«Теоретическая физика и математическое моделирование»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», г. Москва

В работе рассмотрены некоторые особенности изучения химии для нехимических специальностей по индивидуальной образовательной траектории. Приведен пример целевого подбора онлайн-курсов с электрохимическим модулем в расчете на дальнейшее применение полученных знаний.

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) в вузах создали новые возможности для индивидуализации обучения, они способствуют усвоению необходимых знаний, умений и компетенций [1, 2] – как по образовательной программе в целом, так и по отдельным модулям. Студент может использовать корпоративные образовательные порталы, комплект учебных электронных элементов: контролирующих (рабочая тетрадь, опрос, пакет, семинар); коммуникативных (форум, чат, электронная почта); информационных (основной ресурс, веб-страница, ссылки на каталоги и пояснения; глоссарий). Действует обратная связь, внедрены облачные системы.

В работе рассмотрены пути расширения кругозора студентов в ходе освоения курса общей химии, читаемого на первом курсе нехимического вуза. Готовясь стать специалистом-разработчиком в области современной энергетики, студент может заинтересоваться химическими аспектами того или иного явления в этой области, выходящего за рамки основной образовательной программы. Тогда использование ИКТ предоставляет благоприятные условия для составления индивидуальной траектории обучения студента, подключая соответствующие онлайн-курсы, имеющиеся на различных платформах.

Индивидуальная образовательная траектория (ИОТ) – это личностно-ориентированная организация учебной деятельности студента в вузе при педагогической поддержке [3]. Учитывая многолетний опыт факультативов и проектной деятельности с участием студентов, внимание студентов прежде всего было обращено на необходимость добротного освоения базовых дисциплин первого семестра, включая основные закономерности химических процессов. В ходе обучения под руководством опытных преподавателей часть студентов выделилась из основной массы, научившись необходимой самоорганизации и показав повышенную успеваемость. Из их числа были отобраны наиболее способные к выбору и исполнению ИОТ. Им были назначены наставники, были составлены временные коллективы по той или иной тематике.

Авторы данной работы рассмотрели случай расширения электрохимического модуля по желанию студентов, которых заинтересовало в этом разделе сочетание базовых физико-химических знаний с актуальным практическим применением. Наиболее целесообразно было его освоить непосредственно в ходе прохождения общеобразовательной химии (на втором семестре), поскольку на более старших курсах, насыщенных специальными дисциплинами, был бы существенный разрыв с базовой химической информацией. На платформах Coursera, edX, Universarium и других можно найти несколько онлайн-курсов, достаточно компактных и доступных первокурснику. Были изучены особенности этих курсов и отзывы на форумах. Все курсы в той или иной степени опираются на базовые знания, содержащиеся в общепризнанных современных учебниках, но имеют специфику по отдельным направлениям. Для практического освоения нами были выбраны два курса: НИЯУ МИФИ [4] и университета Кентукки [5]. В качестве базового в ИОТ включили курс «Общая химия» НИЯУ МИФИ. Все три курса используют ИКТ.

На первом этапе студенты подтвердили знания по основным закономерностям химических процессов (рис. 1, 2).

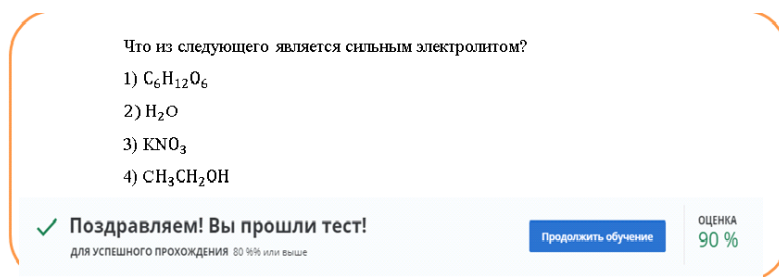


Рис. 1. Пример вопроса и результат итогового теста по растворам (онлайн-курс университета Кентукки)

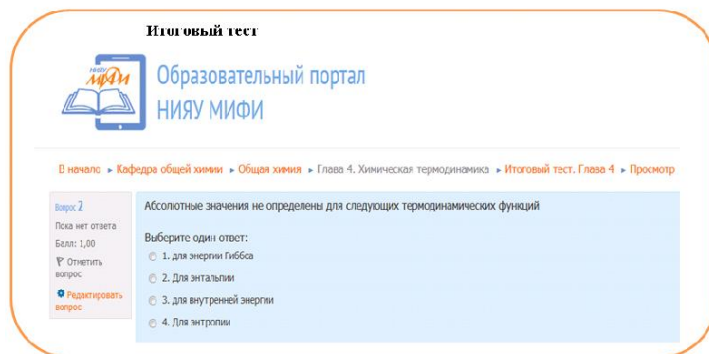


Рис. 2. Пример вопроса из итогового теста по термодинамике (НИЯУ МИФИ)

Далее изучали основное содержание раздела. Познакомились с национальными единицами измерений и наименованиями веществ, не совпадающими с принятыми в России и рекомендованными ИЮПАК, Например, в университете Кентукки принята углеродная шкала электродных потенциалов. Студентам удалось успешно пройти контрольные точки. Регулярно, раз в неделю проводились консультации наставника. Внимательные студенты содействовали выявлению некорректных вопросов на стадии разработки программного обеспечения онлайн-курсов (рис. 3, 4).

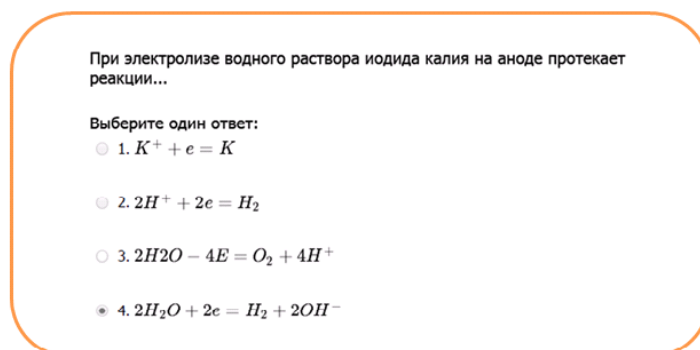


Рис. 3. Пример ошибки системы: невозможно выбрать правильный ответ, так как все предложенные неправильны

Освоив онлайн-курсы, можно было приступить к анализу достижений инженерной электрохимии. Приведем один из разобранных студентами примеров.

На катоде в водных электролитах молекулы воды могут подвергаться следующим превращениям

Выберите один или несколько ответов:

- 1. $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+ + 4e$
- 2. $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH$
- 3. $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$
- 4. $2H_2O - 4e = H_2 + OH^- - 2e$

Ответы системы: варианты 2, 4

Рис. 4. Пример ошибки системы: в числе правильных ответов в нее заложен неправильный вариант 4

В Федеральной политехнической школе Лозанны (EPFL) собрали эффективную солнечно-водородную энергетическую систему для космических исследований [7]. Она состоит из солнечных панелей, вырабатывающих электричество, емкости с водой, никелевых электродов и мембраны, разделяющей водород и кислород (рис. 5).

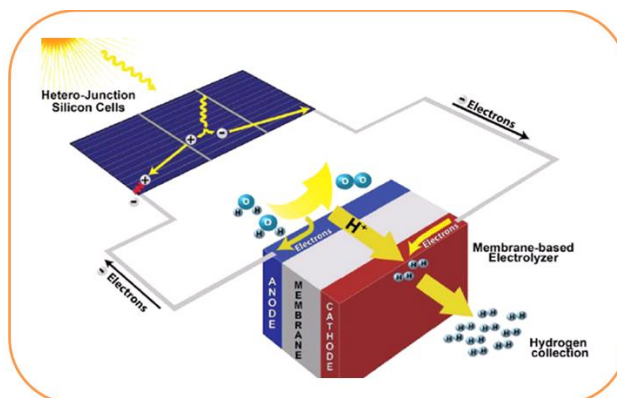


Рис. 5. Солнечно-водородная энергетическая система EPFL: слева кремниевая панель, справа электролизер с отдельным отводом кислорода и водорода

Мембрана обеспечивает высокую ионную проводимость. Преобразование солнечного света в водород высокое: 14,2 процента. В дневное время солнечные панели вырабатывают электричество для электролиза воды. Полученный газообразный водород накапливается в специальных емкостях и может быть использован для выработки электричества в топливных элементах ночью. Из анализа конструкции следует, что, несмотря на ожидаемое обычно высокое перенапряжение, фирме удалось добиться выделения водорода на никеле. По-видимому, этому способствовала специальная обработка поверхности катода, подобно тому как обрабатывают электроды в устройствах для фотоэлектролиза [8]. Созданием более совершенных устройств студенты могут заняться на старших курсах – на физико-технических этапах обучения.

С помощью расширения кругозора по данной теме с применением ИКТ решаются задачи улучшения понимания явлений. Индивидуализация рассмотрения позволяет подготовленному студенту углубленно осваивать сложные, многогранные темы – такие как создание современных электрохимических систем.

Таким образом, комплекс программно-технологических методов с применением современных ИКТ помогает преподавателю и студентам эффективно провести учебный процесс по индивидуальной образовательной траектории.

Литература

1. Елисеев, В. А. Теоретические основы фундаментальной естественно-научной подготовки студентов технического вуза в условиях использования информационных технологий: специальность 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования»: автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук / В. А. Елисеев; Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина. – Елец, 2007. – 340 с.

2. Гусева, А. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А. И. Гусева, В. С. Киреев – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.

3. Шапошникова, Н. Ю. Индивидуальная образовательная траектория студента: анализ трактовки понятия / Н. Ю. Шапошникова // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 5. – С. 1-6.

4. Электрохимия: учебное пособие для вузов / Е. А. Ананьева [и др.]. – М: МИФИ, 2006.

5. Course «Electrochemical processes» / Coursera.org / University of Kentucky Course «Electrochemical processes» / Coursera.org /University of Kentucky. – 2019.

6. Общая химия: лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Е. А. Ананьева [и др.]. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010.

7. Эффективная солнечно-водородная энергетическая система: сайт. – URL: <https://nplus1.ru/news/2016/08/25/solartohydrogen> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

8. G. Zeng et al. Development of a photoelectrochemically self-improving Si/GaN photocathode for durable H₂ production // Nature Materials (2021): [сайт]. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41563-021-00965-w> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

Элементы химического прогнозирования для инженерно-физических специальностей

Петров Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Общая химия»;

Балтабаев Искандер Маликович, студент направления
«Физика и теплофизика ядерных энергетических установок»;

Симановский Марк Анатольевич, студент направления
«Теоретическая физика и математическое моделирование»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Мотивация к изучению общеобразовательной дисциплины может быть усилена с привлечением студента к прогнозированию свойств веществ и явлений. Это может быть полезным в дальнейшем при работе с материалами и в контакте с технологическими процессами. Закрепление навыков прогнозирования можно проверить при контроле остаточных знаний по основным закономерностям, изученным в курсе общей химии.

Небольшая по объёму дисциплина «Общая химия», читаемая для «нехимиков» на младших курсах, обычно вынуждена допускать фрагментарность и неглубокое пояснение. Вследствие подобных ошибок падает интерес к изучению науки, затрудняется выполнение основных дидактических принципов [1].

Опыт показывает, что необходимо последовательно учить студента решать задачи с элементами прогнозирования на основе полученных знаний. Закономерности и правила, изученные в курсе, полезно распространять на возможно более широкий набор аналогичных свойств и явлений. Соответствующие типовые упражнения и задачи можно почерпнуть в учебной литературе [2, 3]. Подходящим примером является известное применение кинетики реакций первого порядка к определению земных запасов радиоактивного изотопа [2, 4]. При обучении следует использовать современные методы, привлекательные для любознательной молодёжи: доступный в вузе математический аппарат и информационно-коммуникативные технологии [5].

В данной работе рассмотрены некоторые закономерности и правила, изложенные в основных главах общей химии [2, 3], на предмет достижимого прогнозирования. Поставлена задача выделить соответствующие примеры в строении

вещества, общих закономерностях химических процессов, электрохимии. Затем предложить связать подобными примерами весь курс.

На современных платформах Coursera, edX и других можно выделить несколько онлайн-курсов [6-9], достаточно компактных и доступных первокурснику. В тестах встречаются вопросы с элементами прогнозирования.

В настоящее время онлайн-курс «Общая химия» [9] внедрен в университете в учебный процесс по всем специальностям и направлениям и действует во всех случаях применения дистанционного обучения. Мы надеемся на усиление мотивации студентов при особом внимании к прогнозным вопросам.

Эксперимент по проверке остаточных знаний по характерным закономерностям включает следующие теоретические вопросы: вещество; законы стехиометрии; химическая номенклатура; строение вещества – в этих разделах студенты часто допускают ошибки в составлении названий, расстановке стехиометрических коэффициентов и индексов, встречается этот недостаток и у специалистов. Церий путают с селеном и цирконием, бериллий с висмутом и берклием, актиноиды с актинидами и т. д. Теряются при определении характерных свойств элементов и соединений. Нередко студенты ошибаются в распределении электронов по уровням и подуровням, путают их последовательность, энергетическую шкалу с пространственной.

Сейчас известны 118 химических элементов, а те или иные реакции изучены более, чем с 100. ИЮПАК регулярно вводит очередные изменения в классификацию химических элементов и номенклатуру. Появились прогнозы свойств новых и ещё не открытых элементов. Каждый день открывают десятки новых химических веществ. Видимо, нужны остаточные знания по электронному строению атома и основным типам химической связи, периодичности фундаментальных свойств элементов. Например, можно запросить составить электронную формулу теннессина в энергетических ячейках, оценить его возможные валентные состояния, предположить свойства оксида. И, конечно, нужно уметь составлять химические уравнения реакций разных типов, включая впервые изученные именно в вузе, а также проблемные.

В разделах, посвящённых энергетике и кинетике химических процессов, а также химическому равновесию, отметим возможность прогнозирования теплового эффекта, направления и скорости реакции, а также возможного смещения равновесия.

В разделах, посвящённых электрохимическим системам, привлекает внимание возможность прогноза окислительно-восстановительных свойств в различных условиях, получения чистых элементов электролизом, защиты от коррозии.

Сводный тест остаточных знаний нами составлен в основном из вопросов итоговых тестов действующего онлайн-курса [9]. Добавлен ряд вопросов по близким темам, построенных по аналогичной методике. Общий критерий отбора вопросов – возможность использовать их для прогнозирования свойств веществ и явлений. Всего вопросов 20, на ответы давали 30 мин.

В качестве примера приведём фрагмент вопросов варианта теста.

Вопрос 1. Оксиды металлов делятся на: ... Выберите один или несколько ответов:

1) амфотерные; 2) смешанные; 3) кислотные; 4) несолеобразующие; 5) основные.

Вопрос 2. Определите возможный класс оксида ренгения ${}_{111}\text{Rg}$. Выберите один (наиболее вероятный) ответ: 1) амфотерный; 2) смешанный; 3) кислотный; 4) солеобразующий; 5) основной.

Вопрос 3. Для достижения степени превращения 75 % для реакции первого порядка, константа скорости которой равна $4,6 \text{ мин}^{-1}$, потребуется ... Выберите один ответ: 1) Здесь нет правильного ответа; 2) 9,2 мин; 3) 1 мин; 4) 4,6 мин; 5) 0,02 мин.

Вопрос 4. Равновесие в системе, где протекает реакция разложения $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3 \downarrow \rightleftharpoons \text{La}_2\text{O}_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ сместится вправо при Выберите один или несколько ответов: 1) удалении углекислого газа из сферы реакции; 2) увеличении парциального давления углекислого газа; 3) введении дополнительного количества La_2O_3 ; 4) увеличении объема системы; 5) введении дополнительного количества $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$.

Вопрос 5. Катодную поляризацию (метод катодной защиты) железа можно создать, используя ... Выберите один или несколько ответов: 1) контакт с медью; 2) внешний источник тока; 3) контакт с магнием; 4) контакт с оловом.

Нами проведен онлайн-опрос группы из 10 студентов 2-го курса со средней успеваемостью. Из полученных ответов в среднем 69 % верные. Среди лучших (90 % и выше) ответы на вопросы об оксидах металлов, электроотрицательности, смещении равновесия. Среди неудачных (40 % и ниже) вопросы о ренгении и коррозии – эти темы пока слабо освещаются в курсе. Параллельно вели опрос большого количества студентов первого курса (эквивалентного уровня) по итоговым тестам онлайн-курса «Общая химия», включающим среди прочих и вопросы теста остаточных знаний. Показатели первого курса 70-80 %, что несколько лучше, чем у старшекурсников. Тем не менее, с учётом отсутствия химических дисциплин на старших курсах, остаточные знания можно признать удовлетворительными. Их закрепление, конечно, зависит от степени привлечения химических знаний выпускающими кафедрами в дальнейшей подготовке специалистов. Поэтому предварительным показателем вполне могут

служить остаточные знания на втором курсе, где междисциплинарные связи с химией и перспективы её применения освещены по меньшей мере в дисциплине «Введение в специальность». В дальнейшем это можно наблюдать в некоторых специальных дисциплинах по инженерно-физическим и физико-техническим направлениям.

Как положительный фактор в отношении старшекурсников к химии можно также рассматривать их отзывы о полезности вопросов теста. Студентов просили оценить эту характеристику из 100 баллов, исходя из лучшего знакомства с будущей профессией, а также из общих личных соображений. В среднем они оценили вопросы на 79 %. Этот показатель, мы уверены, внесёт заметный вклад в мотивацию к изучению курса, при условии повышения доли прогнозных вопросов в контрольных точках курса.

Заключение и выводы. Студенты, привлекаемые к опросам прогнозного характера, показывают удовлетворительные остаточные знания и положительно отзываются о полезности химического прогнозирования.

Для усиления мотивации студентов к изучению химии рекомендуется увеличить долю элементов прогнозирования в контрольных мероприятиях, включая онлайн-тесты с применением ИКТ.

Литература

1. Елисеев, В. А. Теоретические основы фундаментальной естественно-научной подготовки студентов технического вуза в условиях использования информационных технологий: специальность 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования»: автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук / В. А. Елисеев; Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина. – Елец, 2007. – 340 с.

2. Brown T. L., et al. Chemistry: the central science. N. Y. et al, 2015.

3. Коровин, Н. В. Общая химия / Н. В. Коровин. – М.: Академия, 2013.

4. Закономерности протекания химических реакций (химическая термодинамика, кинетика, равновесие): учебное пособие / Е. А. Ананьева, М. Ф. Звончевская, Ж. С. Кучук. И. В. Сорока; под ред. В. В. Сергиевского. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – 96 с.

5. Гусева, А. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. И. Гусева, В. С. Киреев – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.

6. Course «Electrochemical processes»/Coursera.org/University of Kentucky, 2019.

7. Thermodynamics and kinetics / K. A. Nelson and M. Rawendi. MIT, 2018: [сайт]. – URL: <https://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-60-thermodynamics-kinetics-spring-2008/index.htm> (дата обращения: 15.04.2021). – Текст: электронный.

8. Protecting the World: Introducing Corrosion Science and Engineering // Coursera | Online courses & credentials from top educators. – 2019: [сайт]. – URL: www.coursera.org/learn/corrosion/ (дата обращения: 15.04.2021). – Текст: электронный.

9. Общая химия / Е. А. Ананьева, М. А. Глаголева, Ж. С. Кучук, Т. Б. Миндлина. – НИЯУ МИФИ, образовательный портал. 2019.

УДК 620.9:004.04

Применение KNIME при решении некоторых задач энергетики

Подгорнов Александр Александрович, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

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

Статья посвящена решению задачи прогноза потребления электроэнергии в Саратовской области на основе авторегрессионной модели, построенной с помощью прикладного программного пакета KNIME. Рассматривается период: 2019-2020 годы. Главным достоинством применяемых технологий является возможность решения широкого круга задач управления, оптимизации, прогнозирования в энергетике.

В настоящее время большое значение имеет эффективное использование энергетических ресурсов. Поэтому технологии Big Data широко используются энергетическими компаниями, разного рода потребителями электроэнергии. 80 % компаний в энергетической отрасли считают, что Большие Данные предоставляют новые возможности в бизнесе, а 75 % считают критическим фактором для выживания в будущем. Увеличение числа проектов по аналитике данных в реальном времени вызвано существенным ростом числа датчиков и устройств, выступающих в роли непрерывного генератора данных.

В задачах построения прогнозных моделей сбоев в сети, управления потреблением энергии, использование машинного обучения при моделировании тарифов, применения данных в реальном времени для динамического управления системами широко применяются методы аналитики больших данных [1, 2].

Объединение возможностей машинного обучения и данных, получаемых с датчиков в реальном времени позволяет предотвращать сбои в энергосети и снижение рисков возникновения аварий. Сегодня, согласно исследованиям агентства Gartner, термин Big Data соответствует наибольшей относительной доли публикаций и обсуждений для различных технологических направлений.

С помощью технологий больших данных решают задачи визуализации, машинного обучения (с учителем и без учителя), задачи классификации и кластерного анализа, регрессионного анализа и другие. В данной статье решается задача прогноза потребления электроэнергии в Саратовской области на основе авторегрессионной модели, построенной с помощью прикладного программного пакета KNIME. Рассматривается период: 2019-2020 годы.

KNIME – бесплатная система, имеет графический интерфейс, поддерживающий цикл интеллектуального анализа данных (доступ к данным различных форматов, трансформация данных, аналитические функции, визуализация и подготовка отчетов) [3]. Основой KNIME является поток работ. Процесс анализа представляется в виде графа. Вершинами графа являются настраиваемые узлы, которые имеют вход (входы) и могут иметь выход (выходы). Информация на входе узла преобразуется согласно правилам, которые определяются аналитиком, и доступна для других узлов на выходе.

Сначала необходимо провести разведочный анализ [4], состоящий из последовательных шагов при использовании базовых узлов (рис. 1).

Исходные данные были представлены в формате таблицы Excel, содержащей ежемесячный отчет по совокупному фактическому потреблению электрической энергии в Саратовской области в МВт. Временной ряд состоял из значений потребляемой электрической энергии с минимальным временным интервалом в 1 час за период 2019-2020 годы.

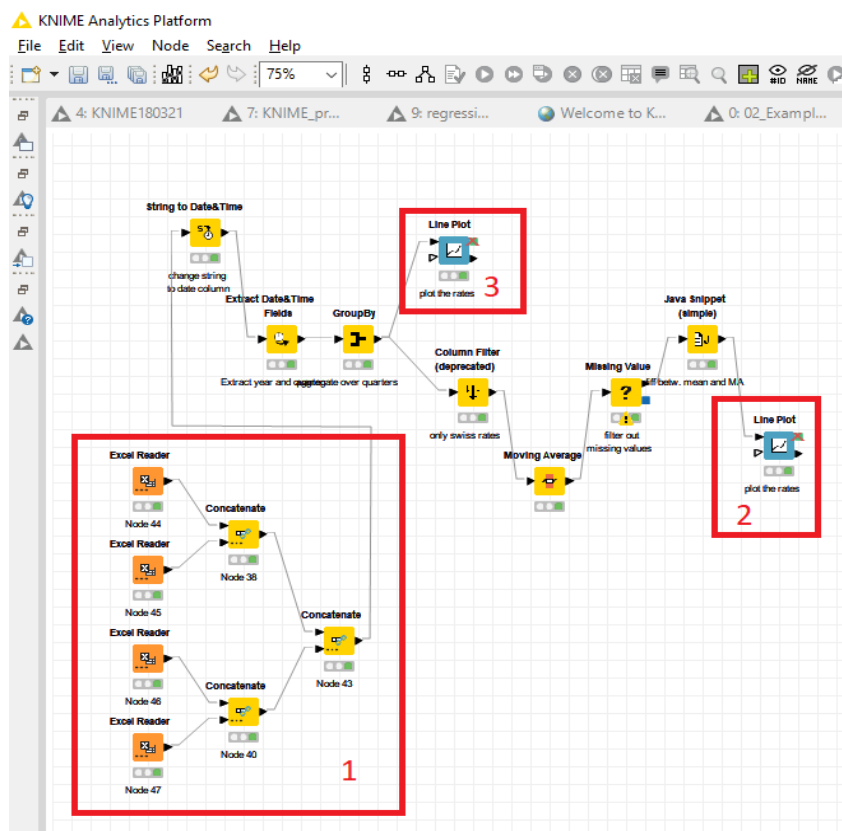


Рис. 1. Граф предварительного анализа используемых данных

На рис. 1 в 1 блоке (отображается квадратом с цифрой 1) происходит чтение файлов в формате Excel. Каждый узел считывает файл, содержащий данные за полугодовой период. Узел Concatenate объединяет две таблицы. Столбцы с одинаковыми именами объединяются. Если одна входная таблица содержит имена столбцов, которых нет в другой таблице, столбцы могут быть либо заполнены отсутствующими значениями, либо отфильтрованы, т. е. их не будет в выходной таблице.

В блоке 2 находится узел Line plot, строящий линейный график с использованием библиотеки диаграмм на основе JavaScript. Конфигурация узла позволяет выбрать размер образца для отображения и включить определенные элементы управления, которые затем доступны в представлении, также имеется возможность задать заголовок или выбрать различные столбцы x и y для анализа. Между блоками 1 и 2 находятся узлы GroupBy – группирует строки таблицы, ColumnFilter – фильтрует колонки таблицы, Moving Average. Последний узел вычисляет скользящее среднее столбца. Значения скользящей средней отображаются в новом столбце в конце таблицы или (если выбрано) заменяют исходные столбцы. Для всех оконных методов (Назад/Центр/Вперед простой/гауссовский, Среднее

гармоническое) ячейки, которые не имеют полного окна (в начале и конце таблицы), заполняются пропущенными значениями.

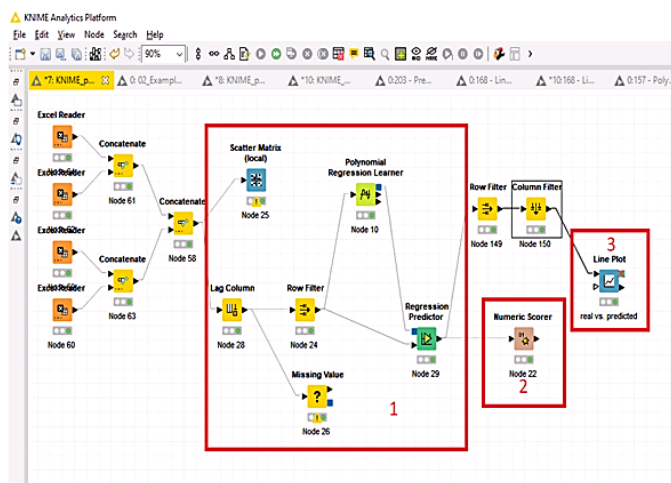


Рис. 2. Граф формирования авторегрессионной модели

В результате работы графа, представленного на рис. 1, были визуализированы средние дневные значения временного ряда за рассматриваемый период (в блоке 3, узел Line plot). Также на рис. 3а представлены усредненные по периоду в 21 день значения временного ряда и линия тренда.

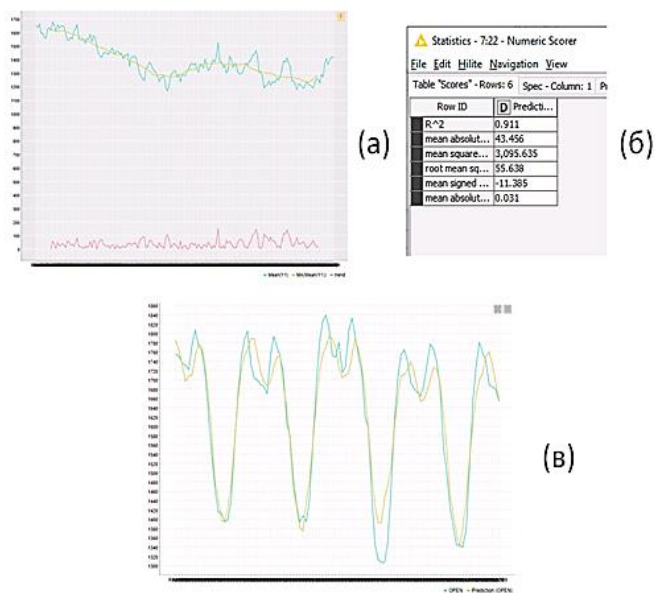


Рис. 3. Графики результатов работы используемых моделей

Поток работ, связанный с формированием авторегрессионной модели, представлен на рис. 2. Основная часть работ выполнена в блоке 1 данного рисунка.

В узле Scatter Matrix графически отображается матрица рассеяния. Каждый элемент матрицы E_{ij} представляет собой диаграмму рассеяния столбцов i и j , где значения i -го столбца отображаются по оси x , а значения j -го столбца по оси y , в то

время как координаты отображаются поочередно со всех сторон графика. Узлами Lag Column и Row Filter формируются лаг автокорреляции, обучающая и выборка для предсказания на обученной модели соответственно. Процесс обучения и предсказания происходит в узлах Polynomial Regression Learner, Regression Predictor. Узел Numeric Scorer выдает статистику сформированной модели, результаты представлены на рис. 3б.

На рис. 3в представлены для сравнения графики реального потребления электроэнергии в Саратовской области (маркер OPEN) и предсказание сформированной авторегрессионной моделью (маркер Prediction(OPEN)). Из приведенной статистики и построенных графиков видно неплохое совпадение результатов расчета с реальным потреблением электроэнергии.

Литература:

1. Уэс Маккинли Python и анализ данных / А. А. пер. с англ. Слинкин– М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.
2. Чио К. Машинное обучение и безопасность / пер. с англ. А. В. Снастина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 388 с.
3. KNIME: сайт / Download KNIME Analytics Platform: [сайт]. – URL: <https://www.knime.com/downloads> (дата обращения: 19.04.2021). – Текст: электронный.
4. Орлов, А. И. Прикладная статистика: учебник / А. И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.

УДК 004.94

Применение программных средств визуального программирования для получения компьютерных моделей промышленных изделий

Рязанов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инженерная геометрия и основы САПР»

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

Современное развитие алгоритмов компьютерной графики и средств трехмерного моделирования позволяет получить компьютерные модели различных промышленных изделий практически любой сложности. Очень часто необходимо

выполнять проектирование изделий, которые отличаются только геометрическими размерами. Разработан и описан алгоритм проектирования промышленного бункера в среде визуального программирования Дупато при помощи средств поверхностного моделирования.

В машиностроительном производстве широко применяются детали и конструктивные элементы [1, 2], которые представляют собой геометрические тела, которые являются сварными конструкциями, например, промышленные бункеры (рис. 1).

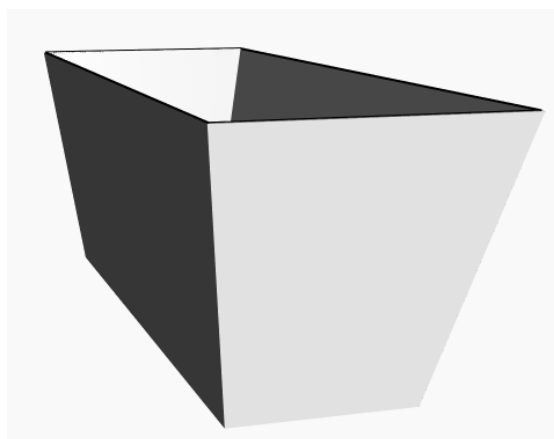


Рис. 1. Компьютерная модель проектируемого бункера

Для их проектирования применяются разнообразные системы автоматизации проектирования, например: Solidworks, Autodesk Inventor и т. д. Применение перечисленных программ требует от конструктора знания их функциональных возможностей и необходимого набора команд [3-5]. Но очень часто возникает необходимость в разработке изделия без знания программ, применяемых для проектирования [6]. Для этого удобно использовать среду визуального программирования Дупато.

Дупато – это современный язык программирования, который позволяет объединить средства визуального программирования и возможность применения аналитических выражений в процессе построения программных отношений [7-9]. Процесс визуального программирования идет путем применения графических пользовательских интерфейсов для построения алгоритма решения поставленной задачи.

На рис. 2 представлен алгоритм построения боковой поверхности и основания проектируемого бункера. Для этого необходимо задать его геометрические размеры и выполнить команды создания нижнего и верхнего его сечений.

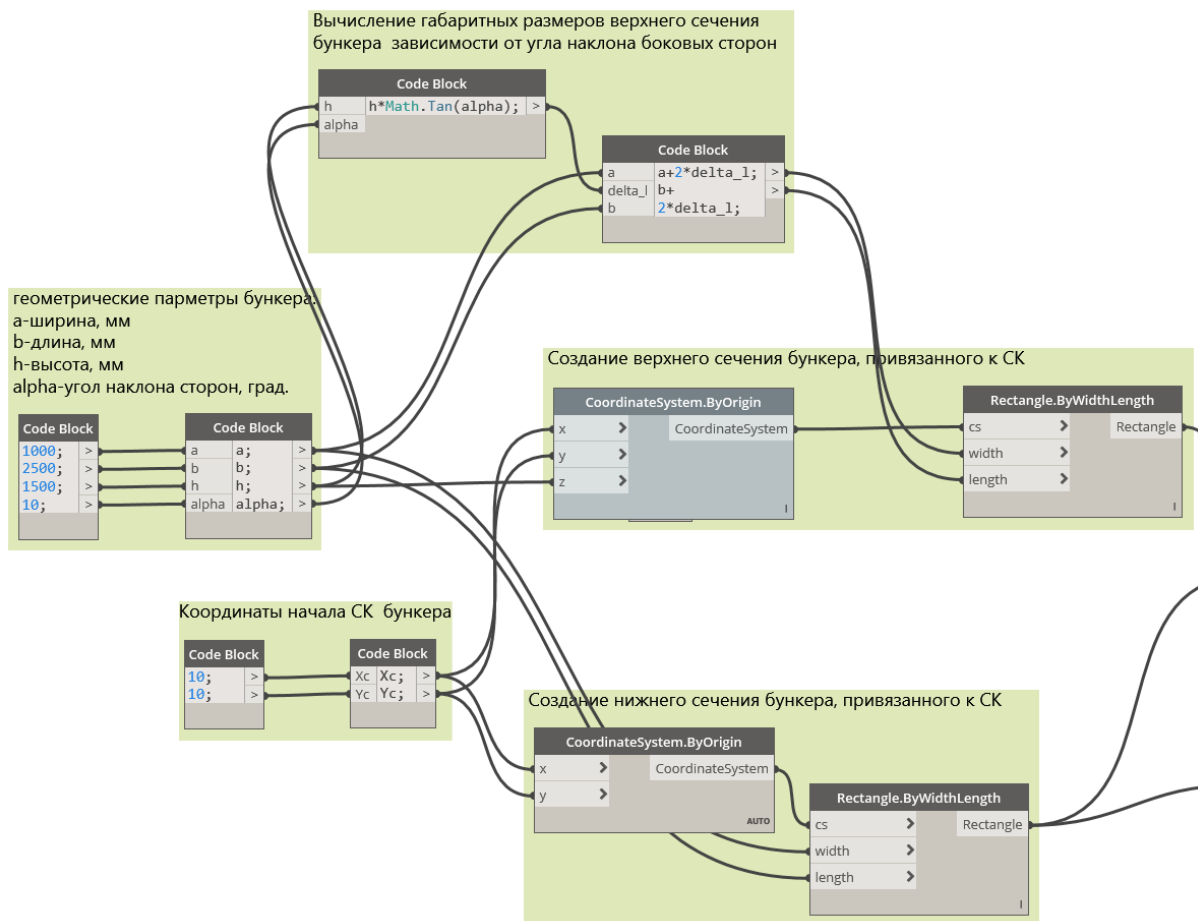


Рис. 2. Алгоритм расчета сечений дна и верхней части бункера

Результатом выполнения алгоритма является поверхностная геометрическая модель проектируемого изделия. После получения верхнего и нижнего сечений проектируемого бункера воспользуемся операцией `Surface.ByLoft`, которая позволяет получить поверхность выдавливания, которая задана полученными сечениями (рис. 3).

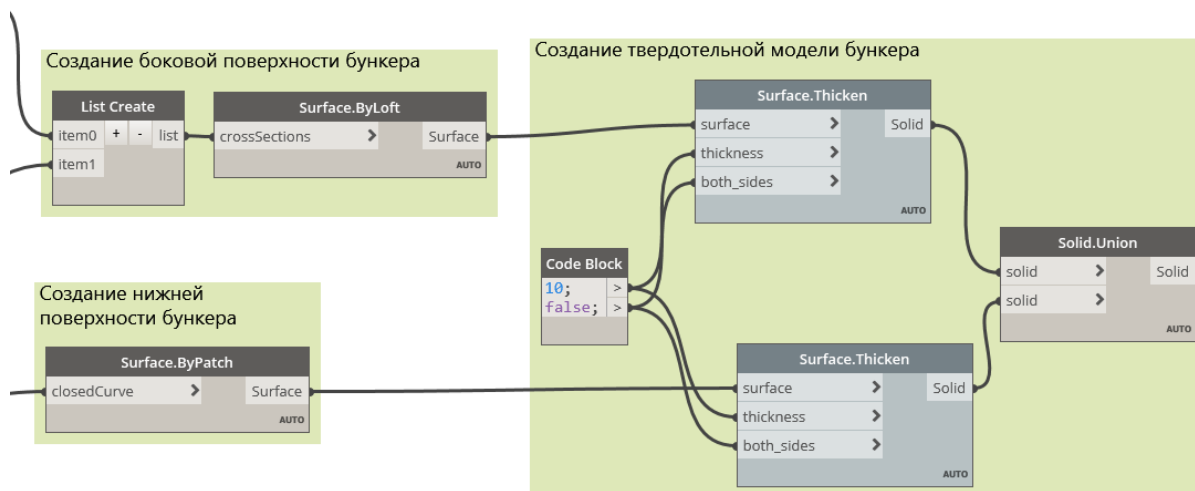


Рис. 3. Алгоритм получения твердотельной модели бункера

Для удобства применения полученной модели необходимо ее преобразовать в твердотельную модель. Для этого боковая поверхность и основания выдавливаются на необходимую толщину материала и объединяются в одну деталь.

Среда визуального программирования Dупато позволяет достаточно быстро получить необходимую конструкцию. При этом геометрические параметры задаются на этапе конструирования, что дает возможность изменения этих параметров в процессе проектирования для получения изделия с другими геометрическими размерами.

Литература

1. Антропова, Т. В. Получение пространственных поверхностных моделей машиностроительных изделий сложной технической формы / Т. В. Антропова, С. А. Рязанов // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 175-180.

2. Марьина, А. А. Разработка конструкторской документации и проведение конструкторского надзора / А. А. Марьина. // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: материалы конф. Саратов, 2017. – № 8. – С. 290-293.

3. Марьина, А. А. Информатизация образовательной среды студентов / А. А. Марьина // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А. «Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики»: – Саратов: Изд-во СГТУ, 2020. – С. 159-164.

4. Решетников, М. К. Оценка параметров червячных передач на основе методов 3D компьютерной графики / М. К. Решетников, С. А. Рязанов // Геометрия и графика. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 34-38. DOI: 10.12737/article_5ad0971a86af78.65167837.

5. Рязанов, С. А. Аналитические зависимости кинематического формообразования начальных поверхностей элементов червячной передачи / С. А. Рязанов, М. К. Решетников // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 65-75. DOI: 10.12737/article_5d2c2dda42fda7.79858292.

6. Рязанов, С. А. Геометрическая модель производящей поверхности, эквивалентной рабочей поверхности зуборезного инструмента «червячная фреза» / С. А. Рязанов // Геометрия и графика. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 56-60. DOI: 10.12737/article_5d2c24f391d6b6.68532534.

7. Рязанов, С. А. Расчет координат модифицированного профиля производящей поверхности зуборезного инструмента / С. А. Рязанов, М. К. Решетников // Геометрия и графика. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 35-46. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-35-46.

8. Слесарев, С. В. Информатизация образовательных технологий в условиях цифровой экономики / С. В. Слесарев, С. В. Федюков // За качество образования: материалы IV Всероссийского форума (с межд. участием). – Саратов: Изд-во СГМУ, 2019. – С. 479-481.

9. Федюков, С. В. Актуальные вопросы образовательной системы в России / С. В. Федюков, С. В. Слесарев, А. А. Толстая // За качество образования: материалы V Всероссийского форума. – Саратов: Изд-во СГМУ, 2020. – С. 458-467.

УДК 004

Потенциал развития и популярность ИТ-сферы в России

Свергун Никита Николаевич, 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 обозначены перспективы развития информационной сферы в стране, проведен анализ статистики развития отрасли информационных технологий и ее возрастающая популярность в связи с этим. Приведены результаты анализа профессий выпускников среднего профессионального и высшего образования за 2020 год.

Развитие информационных технологий любой страны зависит от уровня экономики и наличия финансовых, кадровых и иных ресурсов в стране. Несмотря на то, что Россия обладает такими ресурсами, страна не является лидером в создании информационно-коммуникационных технологий, хоть и в практических навыках использования ИКТ входит в двадцатку лучших по сравнению с другими странами мира.

Однако в последние годы страна предпринимает меры по развитию данной сферы, что должно способствовать снижению зависимости экономики страны от

сырьевого экспорта за счет увеличения экспорта продукции отрасли информационных технологий (ИТ), повышению уровня образования и производительности труда за счет ускоренного внедрения ИТ в важнейшие сферы экономики и улучшению общего инвестиционного климата в России. Такой путь развития является перспективным потому, что способен стать основным ресурсом для поднятия национальной экономики вместо природных богатств страны. Сегодня перспективы развития информационных технологий в России определяются «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы». Кроме того, 2021 год в России объявлен Годом науки и технологий, в связи с чем в ИТ-сфере происходят следующие изменения.

С 1 января начал действовать закон о налоговом маневре для ИТ-отрасли. Благодаря ему у компаний существенно снижается финансовая нагрузка: налог на прибыль – 3 % (было 20 %); страховые взносы – 7,6 % (было 14 %); удаленная работа теперь регламентирована Трудовым кодексом.

С учетом вышеизложенного, результаты по развитию информационной отрасли можно представить в табл. 1.

Таблица 1

Основные индикаторы развития отрасли информационных технологий

Целевой показатель	Факт 2020 год	Прогноз 2025 год
Удельный вес ИТ отрасли в ВВП, проценты	1.06	1.45
Удельный вес численности занятых в ИТ отрасли в численности занятых по экономике, проценты	0.55	0.60
Производительность труда в ИТ отрасли млн руб.	3.32	3.35
Объем экспорта компьютерных и информационных услуг, млрд долл.	5.45	8.33

Развитие инновационной экономики и рынка информационных технологий обуславливает все возрастающую потребность в ИТ-специалистах, которые наряду с глубокими базовыми знаниями в области информационных технологий (ИТ) обладают профессиональными компетенциями [1]. Для удовлетворения постоянно растущего спроса на специалистов в ИТ-отрасли в стране необходим всесторонний анализ наличия образовательных программ в этой сфере.

Рассмотрим данные за 2020 год, содержащиеся в издании «Образование в цифрах. 2020. Краткий статистический сборник» [2].



Рис. 1. Обзор профессий выпускников среднего профессионального образования

Как видно из рисунка 1, 43 % специалистов среднего звена в направлении инженерного дела и технических наук от 539800 выпускников – это 232114 человек, из них 6 % – это всего 13926 человек в сфере ИТ. 27 % от 539800 – это 145746 человек, из которых 22 % – это 32064 человека – выпуск специалистов среднего звена с дипломами в сфере экономики, управления и юриспруденции. Статистика показывает, что ИТ-специалистов существенно меньше (в 2,3 раза) в сравнении с другими профессиями. При том, что рынок труда ИТ-сферы растет с каждым днем.

Для составления корректного вывода необходимо также рассмотреть высшее образование [2].



Рис. 2. Обзор программ выпускников высшего образования

Наглядно представленные данные на рис. 2 дают понять, что выпуск в ИТ и ИБ сферах составляет всего 10176 человек, в то время как выпуск экономистов и юристов составляет 147920 человек.

На 908.6 тысяч выпускников вузов всего 3 % – специалисты в сфере вычислительной техники; 1 % – специалисты по ИТ и защите информации; 24 % получили дипломы в сфере инженерного дела: 44 % получили дипломы в сфере экономики, управления и юриспруденции. Иначе говоря, ИТ-специалистов вузы выпустили в 14,5 раз меньше, чем экономистов и юристов.

Проанализировав рынок труда, можно с уверенностью сказать, что спрос на специалистов ИТ-сферы постоянно растет. ИТ-специалисты востребованы, а значит и высокооплачиваемы. В табл. 2 приведены вакансии и предлагаемая заработная плата.

Таблица 2

Оплата работы на «удаленке»

№ п/п	Вакансия	Регион	Зарплата
1	Технический директор	Москва	От 230 000 руб. на руки
2	Руководитель ИТ-проектов	Москва	От 300 000 руб. на руки
3	Разработчик клиентских Web-приложений	Москва	От 250 000 руб. до вычета налогов
4	Разработчик Android	Санкт-Петербург	От 200 000 до 280 000 руб. на руки
5	Senior Goalang разработчик	Нижний Новгород	От 180 000 руб. на руки
6	Продуктивный UI/UX дизайнер	Новосибирск	От 150 000 руб. руки
7	Web аналитик	Москва	До 200 000 руб. на руки
8	Администратор баз данных	Екатеринбург	От 200 000 руб. до вычета налогов

И также статистика по уровню зарплат в области разработки программного обеспечения, взятая с сайта hh.ru, представлена на рис. 4.



Рис. 4. Статистика уровня зарплат разработчиков ПО

Наиболее желанными являются специалисты, постоянно актуализирующие свои профессиональные навыки. Специалисты по работе с большими данными (165 тысяч

рублей), Python-разработчики (158 тысяч рублей), IOS-разработчики (156 тысяч рублей) и специалисты продуктового управления (149 тысяч рублей) [3].

В соответствии с приведенным выше анализом информации касательно ИТ-сферы в стране, можно сделать вывод, что спрос на специалистов этого направления будет только увеличиваться, при том, что выпуск из учебных заведений по специальностям и направлениям подготовки в сфере информационных систем и технологий значительно меньше доступных рабочих мест. Следовательно, ИТ-направление в России имеет огромный потенциал и популярность.

Литература

1. 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. – № Т20. – С. 4836-4840.

2. Образование в цифрах. Краткий сборник. HSE: официальный сайт. – 2021. – URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/404878648.pdf> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.

3. Крупнейшая российская компания интернет-рекрутмента для поиска работы. HH: [сайт]. – 2019. – URL: <https://hh.ru/> (дата обращения: 13.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 621.039

Развитие концепции технологии цифрового двойника исследовательской ядерной установки

Тебелев Леонид Дмитриевич, аспирант кафедры

«Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»
Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Димитровград

В данной аналитической записке, на основе текущих нормативных документов в области цифровизации, рассматривается актуальное состояние развития технологии цифровизации промышленного производства. Описана концепция

цифрового двойника исследовательской ядерной установки и предложены возможные пути реализации проекта по разработке цифрового двойника и его целесообразность.

Применение технологии цифрового двойника для исследовательского реактора позволяет визуализировать основные технологические, нейтронно-физические и теплогидравлические параметры реактора в виде модели. Такой подход к выводу данных с ИЯУ обусловлен развитием информационных технологий в области хранения и передачи больших объемов данных, что в случае с исследовательскими реакторами позволяет повысить оперативность и безопасность управления при проведении экспериментов, оптимизировать издержки и трудозатраты.

Основной задачей проекта является внедрение современных цифровых систем, получение опыта разработки и применения технологий нового поколения, в частности, цифровых двойников. Актуальность проекта высока, так как цифровой двойник является масштабируемой технологией, и опыт реализации ЦД ИЯУ может быть применен при проектировании и эксплуатации других исследовательских реакторов.

Эпоха распространения информационно-коммуникационных технологий, начавшаяся во второй половине двадцатого века с создания цифровых компьютеров и последующей эволюции информационных технологий, сегодня постепенно трансформируется. Новые разработки и технологии все более характеризуются слиянием производственных и цифровых технологий и размытием граней между физическими и цифровыми сферами. Данный процесс цифровой трансформации в мировом сообществе называется четвертой промышленной революцией или «Индустрией 4.0».

В динамически меняющихся экономических условиях набирающей обороты четвертой промышленной революции, основной целью становится цифровая трансформация существующих бизнес-моделей и кардинальное изменение сложившихся практик ведения бизнеса, включая организацию процессов и людей внутри предприятия, внедрение новых стандартов и принципов работы.

Концепция четвертой промышленной революции определяется как внедрение «киберфизических систем» в заводские процессы. Предполагается, что эти системы будут объединяться в одну сеть, связываться друг с другом в режиме реального времени, самонастраиваться и учиться новым моделям поведения. Такие сети смогут выстраивать производство с меньшим количеством ошибок, взаимодействовать с производимыми товарами и при необходимости адаптироваться под новые потребности потребителей и бизнес-процессов.

В рамках федеральной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и проекта цифровизации атомной отрасли в ГК «Росатом», для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности промышленности и экономики, намечены пути развития «сквозных» цифровых технологий (СЦТ) до 2024 года. В частности, в рамках дорожной карты развития СЦТ «Новые производственные технологии», одним из ключевых приоритетов является развитие технологии цифровых двойников реальных технологических объектов и процессов.

Цифровой двойник (ЦД) представляет собой цифровую модель определенного физического объекта или процесса с потоками информационных данных, обеспечивающими связь между физическим и цифровым состояниями. Цифровой двойник – это гибридная модель, одновременно физическая и цифровая. Такое цифровое представление позволяет упростить и усовершенствовать работу физических прототипов изделий, предоставляя более широкие возможности получения и обработки данных об объекте или процессе [1].

В рамках концептуального наброска можно представить проект работ «Математическая и 3D-модель реактора» и предположить для него подготовку следующих данных:

- Конструкционная цифровая 3D-модель ИЯУ, позволяющая визуализировать основные конструкционные особенности в пределах корпуса реактора.
- Набор необходимых математических моделей, описывающих происходящие в активной зоне и контурах охлаждения реактора физические и теплогидравлические процессы.
- Текущая компоновка АЗ и загрузка облучательных устройств в экспериментальных каналах.
- Экспериментальные и расчетные данные об эксплуатационных режимах реактора для обоснования применимости и корректности расчетных и математических моделей.
- Архивирование основных технологических параметров и показаний АСУЗ.
- Сопоставление и анализ расчетных и экспериментальных значений технологических параметров и показателей АСУЗ.

Описанные выше подготовительные работы обеспечат наполнение ПО цифрового двойника информацией о реакторе и производственных процессах для возможности реализации ключевых функций ЦД ИЯУ.

Для определения целей, содержания технологии и требований к ЦД реактора была проанализирована нормативная документация в области сквозных цифровых технологий.

Следуя национальным стандартам в области умного производства и цифровых двойников, можно выделить следующие требования, предъявляемые к функциональности ЦД:

- Цифровой двойник, в общем смысле, представляет возможности по детальному моделированию процессов физического объекта и предоставление информации об изменении технологических параметров и характеристик процессов при эксплуатации реального объекта.

- Цифровой двойник производства основан на цифровой модели, которая постоянно обновляется и изменяется по мере изменения физического аналога, с целью синхронного представления состояния, условий работы, конфигурации объекта моделирования и его состояния.

Таким образом, ЦД реактора должен, на основе математических и расчетных моделей физических процессов, обеспечивать возможности моделирования характеристик реактора и процедуры проведения эксперимента, а также обеспечивать предиктивный анализ характеристик с применением интегрированных расчетных моделей по исходным пользовательским параметрам или параметрам, получаемым с информационно-измерительной системы (ИИС) реактора.

В рамках проекта ЦД ИЯУ предполагается создание программной платформы, позволяющей производить мониторинг актуальной информации об эксплуатационных параметрах реактора в режиме реального времени. Помимо мониторинга, должна быть реализована система архивирования данных о процессе эксплуатации реактора с разработкой соответствующих баз данных (БД) о загрузках реактора, проводимых экспериментах и других производственных процессах на реакторе.

Таким образом, главная задача ЦД – возможность влиять на стоимость и качество продукции при производстве, за счет повышения информативности о производственных процессах, происходящих на реакторе, и предоставлении данных для оптимизации этих процессов. Улучшенное понимание производственных процессов на реакторе открывает пути для снижения затрат на эксплуатацию и планирование.

Параллельная же задача – мониторинг и выявление отклонений от условий нормальной эксплуатации, которые могут привести к значительным последствиям. ЦД

может позволить прорабатывать внедрение и изменение технологических процессов без реального вмешательства в работу реактора.

Основная функциональная задача ЦД – возможность отражать конструктивные особенности и реальные характеристики составляющих узлов, информация о которых отслеживается и контролируется в процессе эксплуатации в реальном времени, и обеспечение возможности предиктивных оценок основных характеристик на основе расчетных моделей реактора и математических моделей физических процессов [2].

Функционально ЦД реактора предлагается представить несколькими модулями (рис. 1).

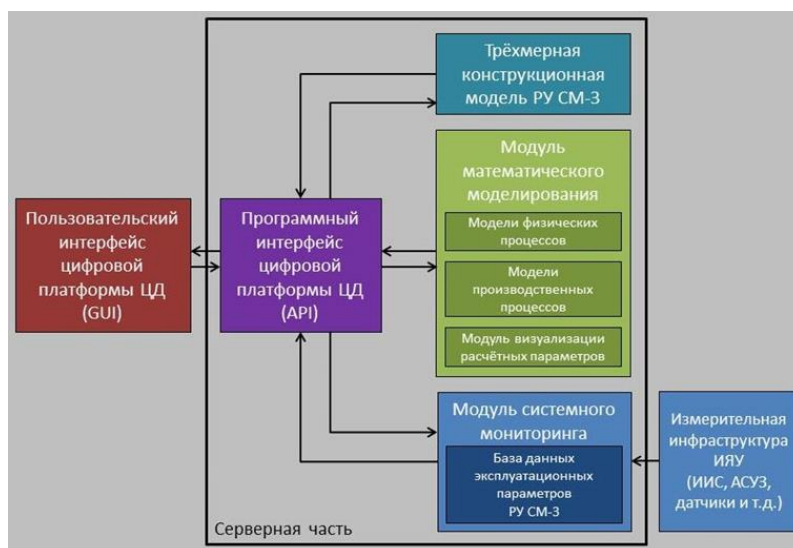


Рис. 1. Концептуальная схема функциональных модулей ЦД реактора СМ-3

Сначала формируется база данных эксплуатационных параметров активной зоны и контуров охлаждения реактора на основе сведений, поступающих из информационно-измерительной системы и автоматизированной системы управления и защиты (загрузка активной зоны, положение рабочих органов системы управления и защиты, загрузка экспериментальных каналов, расход и температура теплоносителя на входе или выходе и прочее). Через программный интерфейс платформы эта информация передается в расчетный модуль и возвращается в базу данных эксплуатационных параметров с дополненными расчетными сведениями. Из базы данных после проведения всех расчетов и получения полного объема информации сведения поступают в модуль визуализации расчетных параметров для их представления в конструкционной модели и пользовательском интерфейсе в визуальном удобном виде.

Реализация проекта цифрового двойника исследовательской ядерной установки является актуальной научной и практической задачей и носит характер пилотного внедрения цифровых решений на производстве. Реализацию проекта разработки цифрового двойника стоит разделить на два этапа. На первом этапе следует провести

анализ текущего состояния инфраструктуры реактора, оценить необходимость модернизации текущей системы мониторинга для централизованного сбора и хранения данных на единой цифровой платформе. На втором этапе следует приступить к созданию самого цифрового двойника, то есть связыванию реального и цифрового объекта через программные интерфейсы передачи данных, к централизованному хранению информации, поступающей от измерительной системы реактора в модуль системного мониторинга, и выводу, и визуализации данных о реакторе в режиме реального времени. Важной задачей второго этапа является верификация системы расчетных моделей для подтверждения корректности получаемых результатов.

Литература

1. Комраков, А. В. Концепция цифрового двойника в управлении жизненным циклом промышленных объектов / А. В. Комраков, А. И. Сухоруков // Сетевой научный журнал «Научная идея». – 2017. – № 3 (3).

2. Боровков, А. И. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентноспособной продукции нового поколения / А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, В. М. Марусева // Трамплин к успеху. Цифровая экономика знаний. – 2018. – № 3. – С. 13-17.

УДК 004.94

К вопросу проектирования программного модуля поддержки деятельности организации

Федяшина Ольга Игоревна, студент направления
«Информационные системы и технологии»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена анализу бизнес-процесса оказания услуг, в частности управлению заказами, при введении в процесс автоматизированной системы – программного модуля. Модель автоматизированной информационной системы разрабатывается с помощью средств объектно-ориентированного подхода.

Сфера услуг, как вид экономической деятельности, – это совокупность организаций. Основная цель таких организаций – это оказание различных платных услуг по индивидуальным заказам. Сфера услуг решает важнейшие социально-экономические проблемы, и ее значение в жизни общества постоянно растет.

Программный модуль поддержки управления заказами, играющий одну из ключевых ролей в клиенто-ориентированном сервисе, является обеспечивающим для основного бизнес-процесса оказания услуг организации и создается с целью:

- обеспечения сбора и первичной обработки исходной информации, необходимой для подготовки отчетности по показателям деятельности – учет заявок и обращений;

- создания единой отчетности по показателям деятельности – аналитический отчет, отчеты, печать документов;

- повышения качества (полноты, точности, своевременности, согласования) информации – планировщик заказов, их управление, складской учет;

- оценивания текущей загрузки работников, сотрудников и ресурсов.

На этапе логического моделирования автоматизированная система представляется в виде объектной модели. Она разрабатывается в соответствии с методологией объектно-ориентированного подхода и основанной на нотации унифицированного языка моделирования (UML) – визуальное моделирование информационных систем и процессов. Использование объектно-ориентированного подхода позволяет описать в виде диаграмм как концепцию, так и особенности реализации разрабатываемого ресурса [1]. 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 [2].

Для проектирования программного модуля поддержки деятельности организации выделяют следующие диаграммы: вариантов использования, последовательности, классов, компонентов, развертывания.

1. Разработка диаграммы вариантов использования

Диаграммы сценария использования описывают бизнес-среду организации или компании, в которую входят не только руководство, работники, а также клиенты, поставщики и так далее. Диаграммы включают основные процессы деятельности и как эти процессы взаимодействуют друг с другом и средой.

В исследуемом бизнес-процессе управления заказами выделили следующие функциональные возможности и действующих лиц (актеров), представленные на рис. 1:

- «Менеджер» или «Кассир» – актер, использующий систему для оформления, редактирования заказ-нарядов и управления информацией о клиентах;
- «Клиент» – актер, так же, как и кассир, использует систему для получения информации об организации, оформления, редактирования заказов;
- «Администратор» – актер, использующий систему для оформления заказов, редактирования заказов, управления информацией не только о клиентах, но и менеджеров, находящихся в подчинении у администратора, создания отчетов, учета о выполненных работах со стороны приема и оформления заказов.

На данной диаграмме: человечки – главные актеры, которые участвуют в формировании заказа, его подтверждении, обработке, изменении (это клиент, кассир и администратор); овалы – это варианты использования, то есть, это те конечные действия, которые выполняет актер (например, получение заявки, регистрация клиента, работа с заказом и так далее); стрелки – это те взаимодействия, которые происходят между действующими лицами (актерами) и прецедентами (вариантами использования).

Также на рис. 1 показаны отношения «Расширения», то есть для определенного варианта использования нужно выполнить конкретные условия, определенные для расширения. В «Оформление заказа» входят «Подтверждение заказа» и «Отмена заказа» – они и будут являться расширением для основного прецедента.

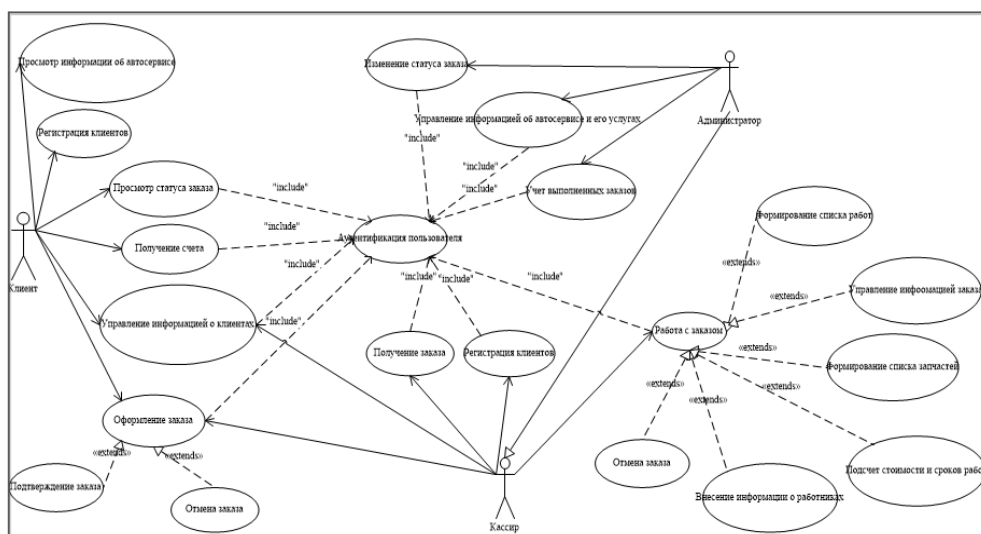


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

Данная диаграмма для каждого прецедента включает в себя проверку пользователя при входе в автоматизированную систему. Поэтому ее выделили как

отдельный прецедент – «Аутентификация пользователя». Со всеми остальными прецедентами этой системы она имеет отношение включения.

Диаграмма вариантов использования отражает функциональный аспект проектируемой АИС управления заказами.

2. Диаграмма последовательности

Диаграмма последовательности в языке визуального моделирования объясняет взаимодействие объектов системы с информационной стороны взаимодействия друг с другом – обмен сообщениями. Далее нужно выделить главные события для системы и создать диаграммы для каждого из них.

На диаграмме последовательности, представленной на рис. 2, используются стандартные стереотипы классов.

— «Актер» – экземпляр участника процесса (роль на диаграмме). Актерами будут выступать клиент и менеджер.

— «Класс-разграничитель» – экранная форма, которая принимает и передает данные обработчику. В данном проекте такими формами выступают «Форма авторизации» и ее альтернатива «Форма регистрации» (если клиента нет в базе данных), а также «Форма заказа» (клиент или менеджер заполняет форму данными для оформления заказа).

— «Класс-контроллер» – элемент, который используется для выполнения некоторых операций. Для процесса авторизации/регистрации таким элементом будет «Менеджер доступа» (проверяет логин и пароль клиента в базе данных для входа в систему либо проверяет данные клиента при регистрации и занесении этих данных в базу), а для оформления заказа «Менеджер заказа» (проверка данных в заказе, создание заказа, получение данных из базы данных).

— «Класс-сущность» – элемент, который хранит информацию об объектах. Это базы данных, таблицы, которые хранят информацию о клиентах, работниках автосервиса, видах работ и заказах.

Для регистрации/авторизации представлен элемент «Система», который показывает конечную точку, когда клиент вводит логин и пароль.

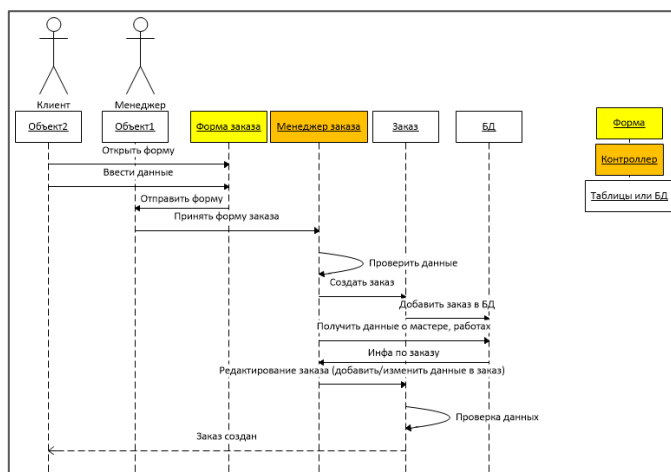


Рис. 2. Диаграмма последовательности «Оформление заказа»

3. Диаграмма классов

Автоматизированная система – программный модуль – управление заказами строится на основе диаграммы классов (для описания состава атрибутов классов), преобразованной в модель базы данных. Сама база данных для системы разрабатывается на основе методологии IDEF1X. Данная диаграмма отражает статическую часть системы.

Логическая модель данных, полученная путем преобразования диаграммы классов и приведения ее к нормальной форме Бойса-Кодда, показана на рис. 3.

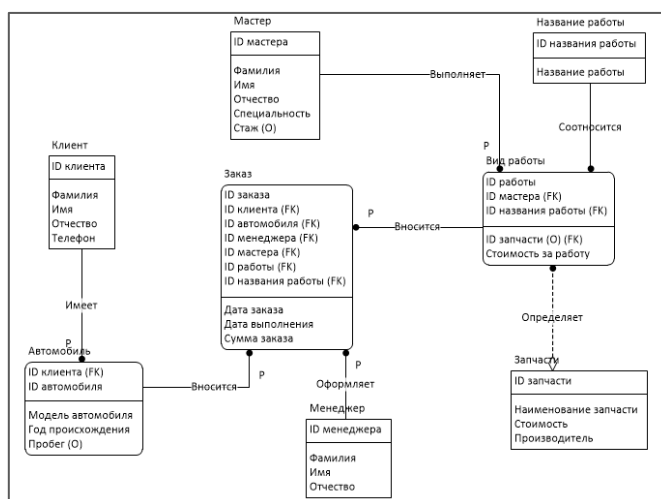


Рис. 3. Полная атрибутивная модель

4. Диаграмма состояний

Состояние – условие или ситуация в ходе жизненного цикла объекта, в течение которого он удовлетворяет логическому условию, выполняет определенную деятельность или ожидает события.

Примерные действия, которые необходимо выполнить для того, чтобы оформить заказ: получение заказа для его дальнейшего выполнения; оформление заказа на

осуществление услуг; подтверждение заказа; редактирование заказа; расчет стоимости и сроков выполнения и так далее.

Эта диаграмма отображает деятельность «Оформление заказа» от авторизации клиента в системе и оформления заказа до расчета стоимости и сроков и выдачи окончательного счета.

Также присутствуют внутренние действия – действия, которые выполняют пользователи, в то время как система ожидает окончания этих действий для дальнейшей работы. Такими действиями, где система ожидает завершения действий пользователя, являются: «Ввод логина и пароля», «Ввести данные», «Принять форму менеджером», «Добавить данные» и «Изменить данные».

5. Диаграмма компонентов

Диаграмма компонентов описывает свойства физического представления системы, определяет архитектуру программного модуля, устанавливая зависимости между программными компонентами. Программные части автоматизированной системы представляют собой исполняемые файлы. При этом также пунктирными линиями показывают отношения между этими программными компонентами.

На диаграмме компонентов информационная система будет представлена в виде базы данных, в которой содержатся определенные модули. Эти модули, например, модуль «Администратор» или «Модуль управления пользователями», представляют собой таблицы, исполняемые файлы, проверки на корректность данных и так далее.

6. Диаграмма развертывания

Диаграмма развертывания предназначена для анализа не программной части, а аппаратной – какие компоненты, рассмотренные на диаграмме компонентов, на каких устройствах, процессорах осуществлялись и исполнялись.

Автоматизированная информационная система учета заказов, описанная с помощью объектно-ориентированного подхода, будет представлена трехуровневой системой: сервером базы данных, сервером приложений и клиентами этой системы. Система содержит два сервера (сервер базы данных и сервер приложений) и три клиентские рабочие станции (клиент, кассир и администратор).

При таком проектировании создается объектно-ориентированная модель информационной системы, которая позволит осуществлять прием заказов, регистрацию клиентов в БД, что улучшит организацию процесса, сократит издержки.

Литература

1. Виштак, О. В. Использование объектно-ориентированного подхода к проектированию образовательного web-квеста / О. В. Виштак, И. А. Штырова // Современные образовательные Web-технологии в реализации личностного потенциала обучающихся: сборник статей участников Международной научно-практической конференции, Арзамас, 20-21 мая 2020 года. – Арзамас: Арзамасский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», 2020. – С. 241-245.

2. Очкур, Г. В. Реинжиниринг бизнес-процессов компании / Г. В. Очкур // Актуальные проблемы современности: наука и общество. – 2019. – № 1 (22). – С. 23-27.

УДК 004.4

Анализ мобильных игровых приложений по математике

Ходакова Нина Павловна, доктор педагогических наук,
профессор департамента методики обучения

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
города Москвы «Московский городской педагогический университет», г. Москва

На современном этапе развития образования использование мобильных приложений оказывает эффективное влияние на успешность обучения математики. В данной статье рассмотрены вопросы, касающиеся достоинств, недостатков, а также возможностей использования мобильных приложений на уроках, которые способствуют повышению мотивации ученика и развитию у него логического мышления и воображения.

В настоящее время в учебном процессе активно используются игровые образовательные технологии [1-5]. Причем, учитывая современное развитие компьютерной техники и достаточно развитые у обучающихся информационные компетенции, на первый план выходит использование мобильных образовательных технологий [6, 7].

Нами был проведен анализ мобильных приложений по математике и выделены возможности их использования на уроках математики. В настоящее время одной из лучших развивающих игр для школьников является игра «Фиксики», которая имеет такие явные преимущества, как яркое и красочное оформление игрового приложения, использование любимых персонажей, веселое музыкальное сопровождение. Однако

следует отметить недостатки: наличие рекламных элементов, отсутствие свободной навигации.

В приложении «Монстрики» представлены следующие разделы: сложение, вычитание, таблица умножения, деление. Играя в этом приложении, школьники неосознанно участвуют в процессе изучения математики, благодаря великим приключениям с белкой Тоб. Этот персонаж потерялся в мире Monster Numbers, поэтому надо ей помочь, преодолевая бесчисленные препятствия и восстанавливая разрушенный корабль Тоба. Школьники могут прыгать, бегать, спускаться с гор, летать, стрелять, при этом обязательно следует выполнять математические действия, которые всегда адаптированы к возрастному уровню.

Игровое приложение «Пазлы» позволяет выучить в игровой форме сложение, вычитание, умножение и деление. Более 100+ математических головоломок на выбор играющего, причем следует действовать по следующему алгоритму:

1. решить любой математический пример на игровой доске;
2. найти пазл с правильным ответом;
3. повернуть пазл так, чтобы он соответствовал месту на доске, просто нажав на него;
4. перетащить пазл с ответом на тот пример, ответом на который он является;
5. зафиксировать пазл на месте.

При этом получается очень красивая картина, которая реализована через выполнение действий сложения, вычитания, умножения и деления. Как преимущества игрового приложения выделим следующие:

1. три уровня сложности;
2. более 100 головоломок.

В математическом приложении «Математические хитрости» для учащихся средних классов представлены способы математических вычислений, которые обучающиеся могут использовать при:

1. умножение на 50;
 2. умножение двух чисел с одинаковыми разрядами десятков;
 3. умножение двух чисел с одинаковыми разрядами десятков и сумма их чисел разряда единицы является 10;
 4. возведение в квадрат чисел, которые заканчиваются 1;
 5. возведение в квадрат чисел, которые заканчиваются 2;
 6. возведение в квадрат чисел, которые заканчиваются 3.
- Это позволяет осваивать методы быстрого устного счета.

«Quick Brai» – это игра для тренировки ума, развивающая концентрацию, скорость мышления, память, математические навыки, устный счет. В Quick Brain главная цель – достичь максимально возможного количества правильных ответов, за определенный промежуток времени, что значительно повышает концентрацию деятельности, скорость мышления, математические навыки обучающихся.

В приложении «Мастер математики» в игровой форме представлены первые шаги в изучении Математики. При этом рассматриваются базовые примеры сложения, вычитания, умножения и т. д. Далее осуществляется переход к более сложным заданиям: дроби, квадратные корни, возведение в степень; а затем к еще более сложным, как решение уравнений, логарифмов и т. д.

Используя бонусы игры, идет развитие персонажа от младенца до более взрослого ребенка, ученика, студента, вплоть до профессора. При этом возможно развитие особых навыков персонажа, включая коллективную деятельность.

Таким образом, даже краткий обзор мобильных приложений по математике показывает, что они способствуют повышению качества обучения детей, помогают лучше понять и усвоить материал по математике.

Литература

1. Можаров, М. С. Использование современных технологий в области интерактивного обучения программированию: тенденции и перспективы / М. С. Можаров // Вестник ТГПУ. – 2017.
2. Попова, Л. А. Применение игровых технологий на уроках в начальной школе. Ролевая игра / Л. А. Попова. – 2016.
3. Хапаева, С. С. Использование ЭОР при организации развивающей деятельности дошкольников / С. С. Хапаева, М. С. Филатьева // Информатика и образование. – 2015. – № 3 (262). – С. 39-43.
4. Байкова, М. И. Использование электронных образовательных ресурсов для активизации познавательной учебной деятельности / М. И. Байкова, Н. П. Ходакова // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. – 2020. – С. 139-141.
5. 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.

6. Штырова, И. А. Использование мобильного приложения для вузовского подразделения дополнительного образования / И. А. Штырова, Н. М. Виштак, С. А. Ремаренко // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 153-157.

7. Виштак, Н. М. Использование мобильных технологий в вузе / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. А. Ремаренко // Сборник трудов V Международной юбилейной научной конференции «Проблемы управления, обработки и передачи информации». – Саратов: Саратовский государственный технический университет. – 2017. – С. 615-618.

УДК 331.5

Применение современных информационных решений при адаптации сотрудников в новой компании

Шляхта Дмитрий Николаевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Качков Михаил Сергеевич, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Лебедева Яна Владимировна, студент направления

«Информационные системы и технологии»;

Шаталин Александр Николаевич, студент направления «Экономика»;

Очкур Галина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные системы и технологии»

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

Статья посвящена рассмотрению такой актуальной проблемы современного информационного общества, как адаптация сотрудника в новой компании. Особое внимание уделено изучению перспективности и оправданности применения программных продуктов в качестве инструмента знакомства сотрудника с трудовым процессом и адаптации в новой среде. В данной исследовательской работе практическая значимость использования информационных средств рассмотрена с точки зрения удобства и экономической выгоды применения их в качестве средств адаптации в компании. В результате исследования сделаны выводы касательно эффективности использования чат-бота, разработана логика его работы и экономически обоснован выбор именно этого информационного продукта.

Способность приспосабливаться к новым условиям среды обитания – неотъемлемая часть человеческой природы. Данный процесс называется адаптацией. В современном менеджменте под адаптацией часто понимается способность индивидуума следовать профессиональным и организационным условиям труда из-за смены места работы или перехода на новую должность. В ходе адаптации новый сотрудник не только выстраивает новые связи с коллегами, руководством или подчиненными, но также встраивается в систему предприятия, изучая корпоративную культуру и этику поведения компании [2].

Необходимость управления этим процессом со стороны организации неоспорима в силу того, что статистические данные многих организаций говорят об особо высоком проценте увольнений, приходящихся на первый месяц работы сотрудников. Также большая часть несчастных случаев приходится на первое время работы в компании. Из-за этого необходимо организовать и спланировать действенные средства интеграции сотрудника в новую, незнакомую для сотрудника, трудовую среду. Тщательно подготовленные методы адаптации способны стать ключевым фактором для эффективного управления человеческими ресурсами.

Чаще всего выделяют два направления для адаптации.

– Первичное. Когда, прежде всего, идет речь о сотрудниках, только вставших на путь «трудовых рельсов», например, выпускники различных учебных заведений без опыта работы в подобных компаниях.

– Вторичное. Это касается тех сотрудников, которые перешли с одной компании в другую, имея опыт адаптации в другой компании, или при повышении сотрудника на более высокую должность.

Традиционно повышенное внимание уделяют при адаптации сотрудников первичного направления, так как они, не имея весомого опыта работы, более уязвимы. Существует несколько аспектов адаптации сотрудника.

– Социально-психологический аспект. Данный аспект отражает приспособление к нормам поведения и взаимоотношений к относительно новому трудовому социуму.

– Профессиональный аспект. Постепенное улучшение и доработка профессиональных навыков с учетом особенностей данной организации.

– Организационный аспект. Прежде всего, это понимание механизмов управления компанией, усвоение ролей и иерархической ступени должностей.

Первичному и вторичному направлению адаптации характерны следующие этапы:

1. Тестирование уровня профессиональной подготовки нового сотрудника. Данный этап необходим для понимания разработки индивидуальной системы адаптации.

2. Введение в основы. Практическое знакомство работника со своим рабочим местом, требованиями и обязанностями, которые связаны непосредственно с компанией-нанимателем.

3. Действенная адаптация. Этот этап в значительной степени обуславливается включением сотрудника в межличностные отношения с коллегами путем внедрения в трудовой коллектив под полноправным рабочим статусом.

4. Функционирование. Заключительный этап, процесс завершения которого тесно связан с полным переходом нового сотрудника к стабильной работе, преодолев при этом производственные и межличностные проблемы [3].

До определенного времени на всех этапах адаптации сотрудника на новом месте за одним или несколькими «новичками» закрепляли наставника, который должен был сопровождать и направлять новых работников компании и полностью руководить процессом адаптации. Но с внедрением различных информационных решений процесс адаптации новых сотрудников стал более технологичным, инновационным, персонализированным, продуктивным и увлекательным. Масштабируемость некоторых решений позволила сэкономить и сократить время, затрачиваемое HR-специалистами, линейными руководителями, наставниками на инструктажи, ориентацию и обучение специалистов. Благодаря полному или частичному отказу от работы с бумажной документацией процесс адаптации существенно ускоряется, а процент ошибок снижается. Самые популярные и эффективные масштабируемые средства для цифровой адаптации сотрудников описаны в (табл. 1).

Для компании «Росатом» представляется возможность использования разработанного прототипа чат-бота, который обладает следующим функционалом:

- отправка файлов пользователю;
- выдача ссылки на сайт компании;
- просмотр и добавление событий календаря с помощью Google Calendar API;
- отправка сообщения администратору (руководителю отдела);
- регистрация и авторизация сотрудников;
- вывод сведений о должности и зарплате сотрудника из базы данных.

Средства для цифровой адаптации сотрудников

Средство для адаптации новых сотрудников	Описание и возможности
Цифровая документация	Документы, необходимые для выполнения некоторых задач и формальностей в первые дни работы, могут быть переведены в цифровой формат и встроены в процесс адаптации. Например, наставник или чат-бот может направлять необходимые документы сотруднику без личного контакта с ним.
Виртуальный тур	Относительно новая технология, которая способна провести виртуальный тур по основным местам работы, которые впоследствии предстоит посетить сотруднику. Данная технология позволяет значительно облегчить навигацию в новой компании и быстро привыкнуть к ней.
Социальная сеть	Корпоративные социальные сети помогают облегчить знакомство с наставниками, коллегами, HR-специалистами и другими сотрудниками.
Платформа или портал	Сложно представить крупную компанию без собственного сайта или платформы. Как правило, на них есть доступ в личный кабинет сотрудника, в котором находится личная информация, обязанности, способы оплаты заработной платы и многое другое.
Геймификация	Из основных инструментов для цифровизации адаптационных процессов является построение игровых симуляторов, которые представляют собой цифрового помощника, способного «за руку» провести будущего коллегу по всем тернистым путям корпоративной культуры.
Интерактивные видеоролики и квесты	Данные инструменты больше подходят для начальной адаптации сотрудников или в рекламных целях.
Мобильные приложения с элементами геймификации	Адаптация со специальными заданиями, которые помогают новичку лучше разобраться в рабочих обязанностях и влиться в коллектив. За прогрессом сотрудника следит наставник, который в случае необходимости может прийти на помощь.
Чат-боты	С помощью чат-бота новый сотрудник может получить ответы на многие интересующие вопросы. Новичок может расспросить бота про правила работы в компании, ее структуру и историю, узнать, где взять заявление на отпуск. В базу знаний можно добавить расписания автобусов и сведения о ближайших кафе. Также бот напоминает об окончании испытательного срока и сообщает о важных корпоративных новостях.
Виртуальная реальность	Технологии дополненной и виртуальной реальности используют, когда новичку необходимо не просто ознакомиться с культурой компании, но и отработать разные сценарии поведения. Это становится особенно полезным, когда сотрудника необходимо внедрить в какие-то сложные или даже экстремальные условия, но времени или возможности на реальное погружение в эти условия нет [5].

Чат-бот написан на языке Python, с помощью библиотеки aiogram. Aiogram представляет собой довольно простой и полностью асинхронный фреймворк для API Telegram Bot [4]. Взаимодействие с Telegram и Google Calendar происходит с помощью ключей доступа.

Каждое сообщение пользователя в чате с Telegram ботом проверяется на совпадение с командами управления интерфейсом на стороне python-скрипта. Если найдено совпадение, то выполняется код для соответствующего обработчика. Для упрощения навигации созданы несколько меню с кнопками, каждая из которых соответствует определенной команде. В python-скрипте реализован автомат конечных состояний (Finite state machine), с помощью которого можно переключать режимы ввода команд и простого текста. В любом режиме ввода можно выйти в главное меню с помощью специальной команды, что отменит текущую операцию.

На рис. 1 представлена схема функций чат-бота



Рис. 1. Схема функций чат-бота

На рис. 2 представлен интерфейс чат-бота.

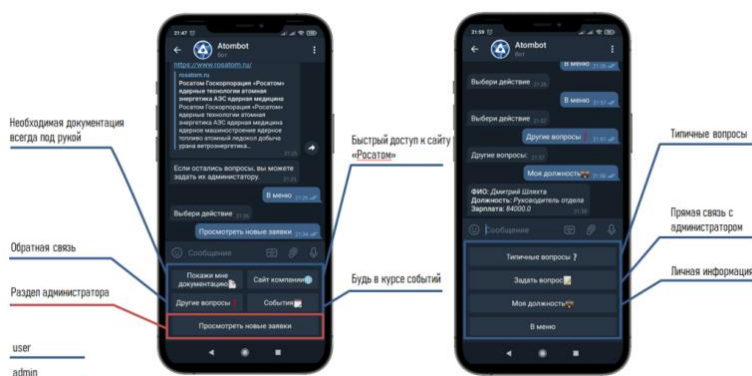


Рис. 2. Интерфейс чат-бота

Разработка и внедрение чат-бота позволит организации достичь положительного экономического эффекта, т. к. проект способен оптимизировать расходы, связанные с адаптацией сотрудников. Данные расходы на одного человека ежемесячно составляют 44,5 тысячи рублей и складываются из потерь от растяжения сроков проектов, снижения продуктивности команды и затрат, связанных с поиском новых сотрудников. Реализация чат-бота обусловлена увеличением коэффициента текучести кадров в ГК «Ростатом». В среднем 10 % от общего числа уволившихся составляют люди, которые

не смогли адаптироваться к организационной среде и работе в компании. В табл. 2 представлены значения коэффициента текучести кадров и количества уволившихся сотрудников, в том числе по причине неэффективной системы адаптации [1].

Таблица 2

Показатели динамики увольнений сотрудников

Год	Коэффициент текучести кадров, %	Количество уволившихся сотрудников, чел.	Количество уволившихся сотрудников по причине сложности адаптации, чел.
2017	10	24730	2473
2018	12,7	32436	3244
2019	13,2	35165	3517

Суммарные затраты на разработку, внедрение, настройку, обслуживание и дальнейшее расширение функциональных возможностей бота составят 7,5 млн руб. Планируется, что внедрение чат-бота повысит эффективность адаптации на 25 %, т. е. дополнительное количество успешно адаптировавшихся сотрудников при помощи чат-бота возрастет до 879 человек. Учитывая ежемесячные значения адаптационных издержек на одного сотрудника, суммарная ежегодная экономия денежных средств посредством бота составит 39 млн руб., тем самым проект должен будет окупиться за 3 месяца.

Таким образом, чат-бот является эффективным с экономической точки зрения средством дистанционной адаптации новых сотрудников в компании.

В условиях непрекращающейся цифровизации общества необходимо обращаться к современным, инновационным способам решения проблем адаптации сотрудников на предприятии. Именно чат-бот отвечает всем необходимым требованиям. Чат-бот предоставляет сотруднику возможность в кратчайшие сроки получить всю необходимую информацию и связаться с руководством в случае возникновения дополнительных вопросов. Это наиболее удобный, экономически выгодный и современный инструмент адаптации в компании с ее сложной организационной структурой.

Литература

1. Итоги деятельности государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2019 год // ГК «Росатом», 2019: [сайт]. – URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/033/03395b2a9751b4fcd385d746a2f9df15.pdf> (дата обращения: 04.04.2021). – Текст: электронный.

2. Мельникова, Е. Как адаптировать новых сотрудников во время удаленной работы / Е. Мельникова // vc.ru, 2020: [сайт]. – URL: <https://vc.ru/hr/149723-kak-adaptirovat-novyh-sotrudnikov-vo-vremya-udalennoy-raboty> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

3. Минченкова, О. Успешная адаптация сотрудников / О. Минченкова // Клерк, 2016: [сайт]. – URL: <https://www.klerk.ru/job/articles/439860/> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

4. Aiogram: [сайт]. – URL: <https://pyri.org/project/aiogram/> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

5. The VR Advantage: How virtual reality is redefining soft skills // PWC, 2020: [сайт]. – URL: <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/vr-study-2020.html> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 316.6; 159.9

**Социально-психологические особенности субъект-субъектного взаимодействия
в условиях современной системы образования**

¹Юферов Дмитрий Михайлович, педагог-психолог,
студент МИГиП (гештальт-терапия, 2 ступень);

²Наговицына Ольга Андреевна, старший преподаватель кафедры «Общая химия»

¹Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы
«Школа № 1158», г. Москва

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», г. Москва

В данной работе проведен анализ социально-психологического аспекта межличностных отношений через призму субъект-субъектного взаимодействия. Обсуждаются потребности обучающихся согласно возрастному развитию, а также влияние социальной депривации, возникшей вследствие пандемии и социальной изоляции, на механизмы социализации учащихся.

Несмотря на то, что в современном обществе и, в частности, в России психология (как практическая, так и теоретическая) приобретает все большую популярность, многие аспекты межличностных взаимоотношений остаются не до конца раскрытыми. К ним относится субъект-субъектные взаимоотношения. Это отношения,

при которых оба участника отношений рассматриваются не как функция, а как личность. Зачастую теоретические исследования, описывающие закономерности развития отношений, имеют обобщающий характер, что нередко приводит к потере субъект-субъектности при составлении общих рекомендаций по общению и взаимодействию между участниками отношений.

Этот вопрос чаще всего остается в поле деятельности психотерапии, где как раз имеется возможность индивидуального подхода к каждому конкретному клиенту, как субъекту клиент-терапевтических отношений.

Тем не менее, когда мы говорим об образовании, важно учитывать личностные особенности как обучающихся, так и педагогов школ, преподавателей вузов, администрации учебных организаций.

Нередко в погоне за высокими стандартами (участие в конкурсах, олимпиадах, баллы ЕГЭ и т. д.) теряется внутреннее содержание образовательного процесса: контакт учителя/преподавателя с обучающимся, установление доверительного контакта, взаимодействие «на равных» с позиции «Взрослый-Взрослый» [1]. В организациях и сообществах с высокой дистанцией власти, куда относятся в том числе школы и вузы, где руководящие лица решают наиболее актуальные с их точки зрения задачи, часто происходит разрыв субъект-субъектного взаимодействия с точки зрения видения ситуации с разных сторон участниками, находящимися по разные стороны процесса.

Если проследить путь развития личности от младенчества до зрелого возраста, то можно увидеть, как сменяется и расширяется круг взаимодействия от родительской семьи, группы детского сада, школьного класса, студенческой группы, друзей на разных этапах взросления, до создания собственной семьи и принадлежности к профессиональному кругу и обществу в целом. Но потребность в здоровом контакте остается важнейшей на каждом этапе жизни.

На развитие ребенка влияет субъект-субъектное отношение родителей в семье, их способность к отражению и принятию состояния, эмоций и переживаний ребенка. От того, что ребенок вырастает, его потребность во внимательном отношении не становится меньше. В школьные годы актуализируется потребность в принятии сообществом (класс, мини-группа друзей, учителя), установление доверительных отношений с окружающими [3].

Не случайно на Западе в школах, колледжах и университетах существуют различные клубы, братства и общества, где можно ощутить свою причастность. Схожая

ситуация и с распространенностью психотерапевтических групп, куда участники приходят регулярно, имея возможность быть услышанными и получить поддержку.

К сожалению, в системе образования практически отсутствует возможность выстраивания субъект-субъектного взаимодействия: учащиеся перегружены школьной программой и дополнительными занятиями, что особенно ярко выражено в старшей школе. В выпускных классах у некоторых учеников все свободное время уходит на подготовку к экзаменам и занятия с репетиторами, порой не хватает ресурсов на полноценный отдых и общение со сверстниками. В таких условиях ученик часто все силы посвящает ограниченному числу занятий, в которых обычно нет места предметам, по которым не сдают экзамены. У учителей также не хватает ресурса на инициацию и поддержание здорового контакта: подготовка к урокам, проверка домашних заданий, внеурочные мероприятия и различные конкурсы не оставляют возможности не выгорать и вести уроки с классом не как с общностью учеников, а с учетом особенностей каждого.

Потеря субъектности в классе/группе, восприятие учащихся как безликой серой массы приводит к симметричной реакции и со стороны самих учащихся: они начинают воспринимать учителя не как личность, а как некую функцию, «говорящую голову», способную только монотонно проговаривать учебный материал.

Родители, как авторитетные взрослые для любого ребенка, также часто перегружены: сложные задачи на работе, необходимость решать много бытовых проблем порой делает их внимание желанным, но недоступным для детей. И в таких условиях взрослеющие люди могут оставаться в изоляции, что негативно сказывается на психике.

Отсутствие субъект-субъектности усложняет восприятие образовательной программы, особенно по математическим и естественнонаучным дисциплинам, т. к. между учителем и учеником не выстраивается доверительный, здоровый контакт. Учащимся приходится усваивать информацию, находясь в постоянном стрессе.

С приходом пандемии и локдаунов эта проблема обострилась: мы столкнулись с тотальной изоляцией и депривацией межличностного общения. Образовательный процесс свелся к дистанционному преподаванию, ограниченному по времени (урок – 30 минут по рекомендуемым нормам), нет перемен в привычном понимании, где учащиеся могли бы общаться друг с другом, у части учащихся возникают технические трудности, не позволяющие им выходить на урок с включенной камерой и звуком, они остаются на таком уроке в виде «черного квадратика».

После пандемии нас ожидает серьезная социальная проблема: вырастет целое поколение людей, переживших длительную социальную изоляцию, что неминуемо скажется на их социальных навыках. Мы уже наблюдаем, как студенты-первокурсники хуже воспринимают материал по сравнению с очным обучением; также сложности у них вызывают устные формы контроля. При устном опросе по различным теоретическим темам, изучаемым в течение курса, студентам с трудом дается формулировка определений и законов, а также сложно сделать выводы на основании наблюдаемых явлений. Коммуникация с преподавателями также затруднена, поскольку студенты не каждый день приходят в университет, и многие возникающие вопросы могут задавать только при письменном общении, что также негативно сказывается на установлении субъект-субъектного взаимодействия [2].

Литература

1. Берн, Э. Игры, в которые играют люди. Люди, которые играют в игры / Эрик Берн; пер. с англ. А. Грузберга. – М.: Эксмо, 2008. – 576 с.

2. Крюкова, Е. Родители и их взрослые дети. Парадоксы отношений глазами психодраматиста. Гештальт и психодрама: связь поколений / сост. М. Лекарева; авт. вступ. ст. Н. Лубяницкая. – М., 2020. – С. 161-175.

3. Лекция: Домбровский А. «Нарциссизм и теория SELF». XXV Юбилейная международная научно-практическая онлайн-конференция МИГиП имени Н. Б. Долгополова «Гештальт и Психодрама: связь поколений в изменчивом мире».

4. Домбровский, А. «Если вам в детстве не додали любви». Три спасительных шага от психотерапевта: [сайт]. – URL: https://zen.yandex.ru/media/lilit_magazine/esli-vam-v-detstve-ne-dodali-liubvi-tri-spasitelnyh-shaga-ot-psihoterapevta-5e9ab30c88edb84e60bf6f0 (дата обращения: 14.04.2021). – Текст: электронный.

СЕКЦИЯ 3
«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

УДК 693

Реконструкция зданий методом торкретирования

Андреева Наталья Викторовна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Дворядкина Дарья Андреевна, студент направления «Строительство»

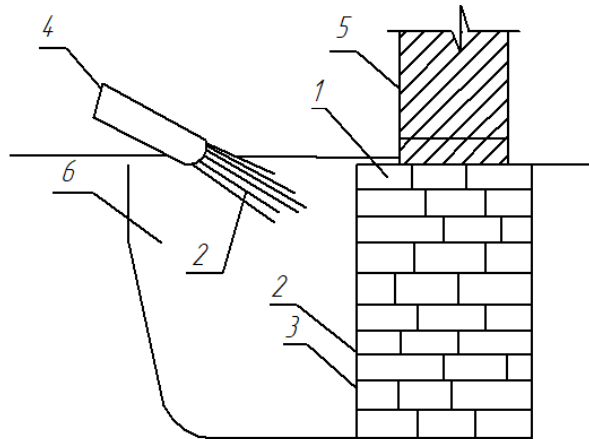
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье представлена информация о реконструкции зданий методом торкретирования. Указаны конструкции, которые эффективно восстанавливать с помощью метода торкретирования.

Метод торкретирования представляет собой послойное нанесение бетонной смеси на поверхность под давлением сжатого воздуха при помощи специальной установки. Этот метод с успехом применяется для восстановления и усиления строительных конструкций зданий и сооружений.

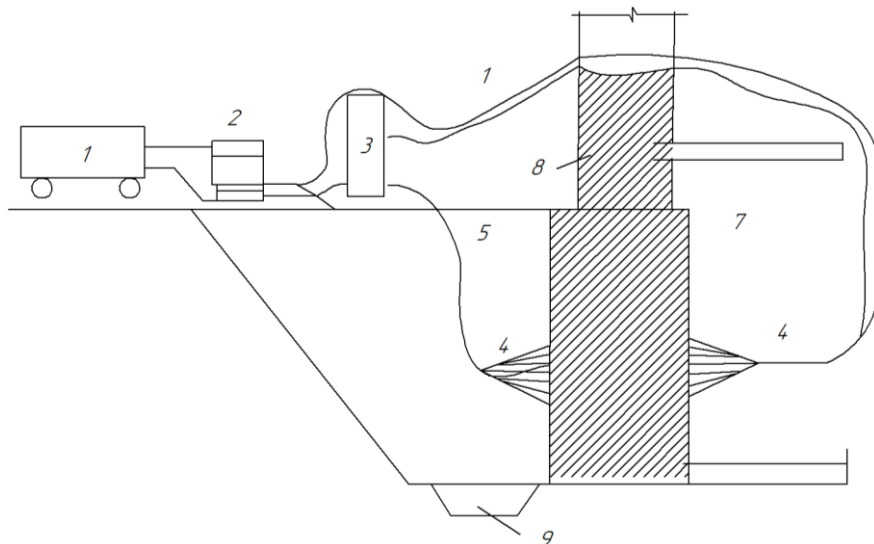
В частности, с помощью торкретбетона восстанавливают несущую способность фундаментов [1, 5], а в процессе эксплуатации слой торкретбетона защищает фундаменты от выветривания (рис. 1).

Зачастую метод торкретирования применяют в сочетании с методом укрепительной цементации. Слой торкретбетона защищает боковую поверхность усиливаемого фундамента от неблагоприятного воздействия подземных вод и служит в качестве вертикальной гидроизоляции [2].



*Рис. 1. Закрепление кладки и бетона ленточных фундаментов:
 1 – существующий фундамент, имеющий расщепление бутовой кладки; 2 – набрызг бетонной смеси под высоким давлением; 3 – торкретированная поверхность фундамента; 4 – цемент-пушка (или бетон-шприц-машина) для набрызга бетонной смеси; 5 – кирпичная стена; 6 – вскрытый пазух фундамента*

Достаточно эффективной технологией восстановления несущей способности фундаментов неглубокого заложения является устройство бетонной рубашки из фиброторкретбетона (рис. 2).



*Рис. 2. Технология восстановления несущей способности фундаментов методом торкретирования:
 1 – компрессор; 2 – бак с водой; 3 – цемент-пушка; 4 – сопло; 5 – материальные шланги; 6 – зона складирования грунта; 7 – восстанавливаемый фундамент; 8 – стена; 9 – дренажная система*

После нанесения слоев торкретбетона достигаются высокая адгезия и монолитность конструкции. Кроме повышения физико-механических характеристик и монолитности фундамента метод торкретирования позволяет создать

водонепроницаемую оболочку, что весьма важно при наличии высоких уровней грунтовых вод.

С помощью метода торкретирования выполняют усиление кирпичных стен. Усиление создается при помощи дополнительной железобетонной рубашки с одной или двух сторон кирпичной стены. При достаточно больших объемах работ используется метод торкретирования, если же объем выполняемых работ невелик, то нанесение раствора осуществляется ручным способом.

С помощью торкрет-бетона укрепляют своды, арки, боковые крепления транспортных магистралей и упрочения грунта мостов.

Метод торкретирования – это доступная и универсальная технология, позволяющая применять его в том числе и в труднодоступных местах во время строительства и реконструкции как гражданских, так и промышленных зданий и сооружений.

Литература

1. Коробова, О. А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: учебное пособие / О. А. Коробова. – Новосибирск: НГАСУ, 2008. – 332 с.
2. Методические рекомендации по проектированию и производству работ при усилении оснований, фундаментов и несущих конструкций существующих зданий и сооружений инъекционными методами. – М.: Российский Национальный Комитет по механике грунтов и фундаментостроению, 1997. – 55 с.
3. Афанасьев, А. А. Реконструкция жилых зданий / А. А. Афанасьев, Е. П. Матвеев. – М.: 2008. – 458 с.
4. Учебно-методическое пособие к самостоятельному изучению курса «Усиление оснований и фундаментов» для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль), «Промышленное и гражданское строительство». – Казань: КГАСУ, 2017. – 65 с.
5. Голова, Т. А. Метод торкретирования при реконструкции и строительстве новых зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки / Т. А. Голова / Сборник статей международной научно-методической конференции «Проблемы строительства и эксплуатации зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки». – Пенза: ПДЗ, 2006. – С. 134-136.

Использование различных технологий строительства в условиях низких температур

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

Климатические условия значительно влияют на технологию производства строительных работ. Возведение зданий и сооружений в условиях низких температур, вечной мерзлоты требует особого подхода к организации строительных процессов.

Технология земляных, бетонных, каменных и других видов работ напрямую зависит от температуры окружающей среды. Значительные трудности возникают при строительстве зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера [1].



Рис. 1. Устройство фундаментов

Устройство фундаментов. Технология устройства свайных фундаментов в условиях низких температур зависит от следующих факторов:

- мерзотно-грунтовые условия (температура грунта, влажность, льдистость, состав грунта, наличие грунтовых вод, их агрессивность и т. д.);

- время года и наличие машин и механизмов для производства буровых и свайных работ;
- конструкция сваи (цельно-сборная, составная, комбинированная, буронабивная, стыкованная);
- способ строповки и закрепления сваи в скважине по высоте и в плане;
- расположение сваи под несущими конструкциями (отдельно стоящие опоры, под зданием или сооружением);
- конструкция опорной части сваи (на растворе, щебне и др.);
- способ установки свай на проектные отметки (срубка сваи, подсыпка непросадочного материала под торец и др.);
- конструкции или способа защиты сваи от температурно-влажностных воздействий в зоне над поверхностью грунта и ниже его (при заводском изготовлении – в построечных условиях);
- способ инженерной подготовки грунта основания (охлаждение поверхности, глубинное охлаждение воздухом через скважины, холодильными колонками, саморегулирующимися охлаждающими устройствами и др.);
- способ механизации земляных работ в подполье здания или сооружения.

При устройстве свайных фундаментов в многолетнемерзлых грунтах допускается применять виды и конструкции свай, предусмотренные СП 24.13330, в том числе буронабивные, сваи-оболочки, а также составные (комбинированные) сваи из разных материалов [2].

Бетонные работы. Зимний период значительно влияет на возведение конструкций зданий и сооружений из монолитного бетона. Прекращение бетонных работ в зимний период увеличивает срок строительства объекта. Как следствие, возрастает себестоимость строительной продукции.

К технологии производства бетонных работ в зимний период предъявляется ряд следующих требований:

- выбор и технико-экономическое обоснование способа зимнего бетонирования, разработка технологической карты производства работ;
- необходимость подогрева бетонной смеси на стадии приготовления до температуры не более 35 °С;
- максимальное сохранение начальной тепловой энергии бетонной смеси при ее доставке на объект и в период укладки в конструкцию;
- удаление снега из заопалубленного пространства и наледи с арматурного каркаса;

- увеличение продолжительности уплотнения бетона на 25 % при его укладке в конструкцию;

- обеспечение заданных температурно-влажностных условий выдерживания бетона;

- достижение требуемой прочности бетона по морозостойкости до его замораживания [3, 5].

Формирование прочностных характеристик бетона в зимних условиях имеет свои особенности. Основной проблемой является замерзание в бетоне в начальный период его структурообразования химически несвязанной воды затворения с последующим увеличением ее объема до 9 % и сопутствующим разрушением связей в бетоне [4].

Каменные работы выполняются преимущественно в теплое время года. Но иногда существует необходимость осуществить этот вид работ при отрицательной температуре окружающей среды. Необходимость ведения каменных работ непрерывно в течение года возникла ещё в период первых «пятилеток».

Существует несколько способов выполнения каменных работ при отрицательных температурах:

1. Кладка способом замораживания раствора производится на открытом воздухе из не подогретых, но очищенных от снега и наледи камней, укладываемых на подогретый раствор. Под действием отрицательной температуры раствор замерзает и в таком состоянии находится до оттаивания кладки весной или при искусственном обогреве. Оттаявший раствор постепенно набирает прочность. Раствор подогревают не с целью его твердения, а лишь для удобства расстилания и обжатия (до замерзания) весом вышележащей возводимой кладки. Как сказано выше, снижение прочности зимней кладки происходит вследствие потери прочности раствором. В связи с этим становится очевидной область применения способа замораживания: его можно применять для кирпичной кладки, в которой раствор составляет 21-22 % объема конструкции и для крупноблочной кладки (в ней количество раствора незначительно). Бутовую кладку, содержащую примерно 37 % раствора, возводить способом замораживания нельзя [4].

2. Электроподогрев раствора предусматривает обустройство в создаваемой кладке системы металлических электродов, которые будут подогревать твердеющий раствор и кирпичи. В промежутках между ними будет создаваться контролируемое электротокосоемление с выделением достаточного количества тепловой энергии.

Монтаж строительных конструкций при отрицательных температурах. При замоноличивании стыковых соединений в зимних условиях должны приниматься меры, исключающие замораживание бетона в стыке до достижения им критической прочности. Для сборно-монолитных оболочек прочность бетона в швах к моменту замораживания должна быть не менее 70 % проектной. Для стыковых соединений конструкций, загружаемых полной эксплуатационной нагрузкой до оттаивания, необходимо получить до замораживания 100 %-ю прочность бетона и т. д.

До укладки бетонной смеси полости после установки арматуры и опалубки должны быть закрыты брезентом или каким-либо другим материалом от попадания в них снега, дождя и посторонних предметов. В случае если полости не закрыли и на арматуре, и в опалубке образовалась наледь, ее следует удалить перед укладкой бетонной смеси продувкой горячим воздухом. Не допускается для этой цели применять пар.

Для достижения бетоном или раствором до замораживания критической или проектной прочности следует предварительно прогревать полость стыка и укладывать подогретый до температуры не менее 20 °С бетон или раствор с последующим поддержанием необходимой температуры изотермического прогрева.

Закладные детали и выпуски арматуры в стыках сваривают при температуре наружного воздуха не ниже -30 °С.

Противоморозные добавки вводят в бетон для заделки армированных стыков. Среднесуточная температура, при которой эффективны эти добавки, составляет около 15 °С.

Индукционный прогрев рекомендуется для прогрева малообъемных и густоармированных стыков. Этот метод наиболее эффективен для прогрева стыков колонн железобетонного каркаса многоэтажных зданий.

При осуществлении прогрева бетона нагревательными проводами используется арматурный каркас, на котором закреплены провода определенной длины. Для того чтобы упростить строительство и снизить интенсивность труда, рекомендуется прокладывать кабели одновременно с установкой арматуры.

Сварка монтажных соединений стальных конструкций при низких температурах производится с предварительным местным подогревом стали до 120-160 °С в зоне шириной 100 мм с каждой стороны соединения.

Литература

1. Функ, А. А. Строительство зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях: особенности организации работ и используемых стройматериалов / А. А. Функ // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». – 2018. – № 4: [сайт]. – URL: <https://t-s.today/PDF/06SATs418.pdf> (дата обращения: 12.04.2021). – Текст: электронный.
2. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с Изменениями N 1-4). Официальное издание. – М.: Минрегион России, 2012.
3. Кирнев, А. Д. Технология возведения зданий и специальных сооружений / А. Д. Кирнев, А. И. Субботин, С. И. Евтушенко. – Ростов-на-Дону: Еникс, 2005.
4. Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для строительных вузов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. – М.: Высшая школа, 2004.
5. Голова, Т. А. Технология торкретирования как основа формирования монолитных конструкций / Т. А. Голова, А. Д. Жуков // Colloquium–journal. – 2019. – № 25-1 (49).– С.40-43.

УДК 693

Торкретирование как метод изготовления строительных конструкций

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 описывается эффективность использования метода торкретирования для изготовления строительных конструкций. Приведены примеры использования метода торкретирования в строительной практике.

Торкретирование как метод строительства известен давно. Эффективность его использования была выявлена еще в 1978 г. российскими учеными при комплексном испытании конструкций из торкретбетона и монолитного бетона (табл. 1) [1]. Конструкции, образованные методом торкретирования, отличаются высокой механической прочностью 40-60 МПа, плотностью до $2,4 \text{ кг/м}^3$, водонепроницаемостью не менее В 12 и морозостойкостью не менее М 300, хорошим сцеплением с мрамором – 30 кгс/см^2 , гранитом – $10-18 \text{ кгс/см}^2$, известняком – 25 кгс/см^2 .

Таблица 1

Комплексное испытание торкретбетона

Метод укладки	Предел прочности, МПа				Марка бетона	
	Сцепление нового слоя с кирпичным основанием	На осевое растяжение	На срез	На сжатие	На морозостойкость	По водонепроницаемости
Торкретирование	1,39	2,56	3,9	40,7	Мр-200	В-8
Обычный с уплотнением на вибростоле	0,62	2,09	3,2	29,0	Мр-150	В-4

В зарубежной практике строительства и реконструкции зданий и сооружений торкретирование получило наибольшее применение благодаря оптимизации строительно-монтажных работ. Понятие «торкретирование» обозначает название способа бетонирования, а именно бетонирования под давлением. При торкретировании бетонную смесь подают к месту производства работ по материалопроводу и наносят путем разбрызгивания под высоким давлением, что обеспечивает уплотнение смеси.

В зависимости от требований к конструктивным решениям, а также оснащённости строительной площадки выбирают «сухой» или «мокрый» способ торкретирования [2]. Производство торкрет-бетонных работ происходит непосредственно на строительной площадке.

Торкретирование характеризуется рядом положительных качеств, достоинство его применения для изготовления строительных конструкций заключается в следующих параметрах:

– создание сложных архитектурных конструкций зданий с использованием разнообразных опалубочных систем непосредственно на стройплощадке. Что обеспечивает высокую индустриальность этого метода;

– возможность использования различных мелких заполнителей, в том числе фибры [3];

– уплотненные покрытия из торкретбетона, помимо высокой прочности (прочность на изгиб на 40 % выше, на сжатие – на 15 % по сравнению с традиционным), обладают хорошими гидроизолирующими свойствами и высокой пожаробезопасностью, что повышает долговечность зданий и сооружений в целом;

– при реконструкции трудоемкой кладки из кирпича высокая степень механизации и использование в качестве опалубки восстанавливаемой поверхности позволяет снизить трудоемкость и стоимость работ;

– обеспечение высокой технологичности монолитных работ по сравнению с традиционным монолитным бетоном (усадка на 30 % меньше, чем у традиционного бетона), за счет использования уплотнённой смеси и односторонней опалубки;

– обеспечение высокой адгезии торкретбетона по отношению к поверхности ремонтируемого здания за счет технологии нанесения мелкозернистого бетона под давлением;

– упрощение технологических операций (транспортировки, укладки бетонной смеси и ее распалубки) за счет сокращения затрат ручного труда.

Монолитное строительство методом торкретирования в США связано с именем Дэвида Б. Юг. В 1975 он и два его брата успешно построили первый монолитный купол для хранения картофеля в Shelley, Штате Айдахо, диаметром 37 м и высотой 12 м (рис. 1). В 1979 г. они получили первый патент на процесс монолитного строительства купола [4, 5]. И, начиная с 1976 г., монолитные купола были построены в 45 государствах.

Благодаря этому методу появилась возможность спроектировать и построить купольные покрытия в диаметре от 106 до 355 м не только ярко выраженные в архитектурном плане, но и улучшенные в конструктивном плане, эффективности энергии и управлении стоимости. Поэтому строительство жилых и общественных зданий, конструктивно представляющих собой оболочки-полусферы, является широко развитым на территории США, так как такая форма здания выдерживает техногенные воздействия природы, такие как торнадо (рис. 1). Для изготовления таких конструкций может использоваться как сухой, так и мокрый способ торкретирования.



Рис. 1. Конструкция полусфер, выполненная методом торкретирования

Торкретирование хорошо зарекомендовало себя в качестве эффективного метода для создания укрепляющего слоя тоннельных выработок (рис. 2). Конструктивное решение включает в себя армирование волокнами и арматурными стержнями по поверхности выработок с последующим торкретированием послойно до проектной толщины тоннеля по 5-6 см. При этом арматурная сетка должна иметь ячейки размерами не менее 100x100 мм с диаметром 4 мм с расстоянием от укрепляемой поверхности породы не менее чем 20 мм. Сетка устанавливается на поверхность выработки стержневыми подхватами, заводимыми за опорные плитки анкеров или приваренными к выступающим концам анкеров. При возведении таких конструкций используется сухой метод торкретирования.

Применение торкретбетона позволяет уменьшить толщину обделки и объем выработки, исключить необходимость в двухсторонней опалубке, снизить трудоемкость в два раза, уменьшить стоимость обделки до 30 % по сравнению с монолитной технологией.



Рис. 2. Конструкция туннелей, выполненная методом торкретирования

Торкретирование успешно зарекомендовало себя при изготовлении чаш плавательных бассейнов (рис. 3); при этом преимущества способа уплотнения бетона под высоким давлением сочетаются с преимуществами самого строительства бассейна (минимальные затраты на оборудование строительной площадки и благоустройство окружающей территории). Для возведения чаши бассейнов все необходимое для бетонирования оборудование можно расположить на строительной площадке.



Рис. 3. Конструкция бассейна, выполненная методом торкретирования

Опыт применения метода торкретирования при изготовлении стенок монолитных железобетонных резервуаров также показал себя с положительной стороны (рис. 4). Возведение таких резервуаров обычным способом связано с применением двухсторонней опалубки, устройством дополнительных лесов,

сложностью подачи, укладки и уплотнения бетонной смеси подачи, а также большими трудозатратами. Все эти недостатки в основном устраняются при использовании метода торкретирования [6].



Рис. 4. Конструкция стенки монолитного резервуара, выполненная методом торкретирования

Таким образом, применение торкретбетона при изготовлении новых конструкций увеличивает индустриальность и безопасность производственных операций за счет высокой технологичности метода. Кроме того, применение метода торкретирования позволяет сократить трудозатраты и расход материалов, изготавливать сложные криволинейные поверхности в условиях строительной площадки, что способствует сокращению сроков строительства и его стоимости в целом.

Литература

1. Аракелян, Г. Г. Экобетон. Технология и организация восстановления зданий и сооружений / Г. Г. Аракелян. – М.: Стройиздат, 2004. – 152 с.
2. Емельянова, Т. А. Новый «старый» торкретбетон / Т. А. Емельянова, А. П. Денисова // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 10. – С. 55-57.
3. Голова, Т. А. Технология изготовления фибробетонных конструкций / Т. А. Голова, И. А. Магеррамова // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологии». – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 16-20.

4. Купольные покрытия в США: [сайт]. – URL: <http://www.fishershotcrete.com/special/index.html> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.

5. Андреева, Н. В. Формообразование купольных зданий на основе торкретбетона / Н. В. Андреева, Е. Коблова / Сборник статей Международной научно-практической конференции «Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт». – Белгород: Изд-во ООО «ГиК». – 2019. – С. 409-412.

6. Кузнецова, М. Н. Торкретирование. Современное состояние / М. Н. Кузнецова, Н. С. Марчуков, М. Н. Марчуков [и др.] // Механизация строительства. – 2001. – № 5. – С. 5-7.

УДК 72

Основы формирования макетов храмовой архитектуры

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Промышленное и гражданское строительство»;

Горюнов Владимир Дмитриевич, студент направления «Строительство»

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

В статье представлен анализ этапов создания макетов храмовой архитектуры. Указываются особенности формирования макетов с учетом архитектурного моделирования. Приведены материалы, позволяющие визуализировать здание в условиях проектирования.

Макетирование при выполнении научных реконструкций утраченных или перестроенных памятников русской архитектуры в последние годы приобретает особую актуальность. Строгая научная методика их выполнения способна постепенно привести к созданию нового направления в науке о сохранении культурного наследия. Воссоздание в макетах памятников архитектуры выполняется с разными целями – от решения историко-архитектурных задач до практического использования в реставрационном проектировании [1].

Применение макетов в процессе разработки общей архитектурной композиции имеет значение. Одними из самых зрелищных зданий в России являются храмы. Выполнение макетов в рамках научной реконструкции позволяет воссоздавать утраченные и сохранять существующие здания храмовой архитектуры. Их

отличительной особенностью являются традиционные формы и их значение в культурном наследии. Создание макетов храмовой архитектуры выполняется с разными целями, которые включают в себя решение вопросов историко-архитектурных задач и практическое применение в их реновации.

Использование моделирования для создания макетов позволяет развивать архитектурно-композиционное мышление у студентов строительных специальностей. Макет является необходимым при прохождении градостроительного совета, потому что раскрывает идею архитектора, а также для организации архитектурно-строительных выставок. Иногда макет является неотъемлемой частью интерьера. При изготовлении макетов необходимо соблюдать научную методику их выполнения.

Основными материалами для изготовления макетов является бумага, картон, гипс и пластик. Учитывая поставленные задачи, масштаб макетов может быть 1:100, 1:500 или 1:1000. Для четкой детализации объекта в современных моделях используется цифровая визуализация и 3D-анимация. Выбор типа здания зависит от архитектурного анализа и наличия достоверных сведений об объемно-планировочном решении.

Условно создание макетов можно разделить на несколько этапов. На первом этапе создания макета проводится анализ существующей информации. Он включает в себя изучение эскизов из источников архитектуры. Важным является проведение фотофиксации и обмерных работ для натуральной визуализации объекта макетирования. Оценивается масштаб и производится вычерчивание объекта с помощью графических программ AutoCAD, Компас.

В ходе работы над композицией необходимо фиксировать различные решения и варианты. При рабочем макетировании храмов документацию для проекта разрабатывают вместе с ним. При этом для восприятия рациональной объемно-пространственной композиции необходимы как 2D чертежи, так и 3D визуализация, а также фотографическое отображение здания с фотофиксацией отдельных элементов.

Фотофиксация фасадных частей храмов в рабочих макетах позволяет наиболее достоверно отобразить все элементы [2]. При изготовлении фоточертежей используют необходимое освещение и оборудование. Детали на стенде делают плоскими и закрепляют клеем или специализированной мастикой. Фотографирование фасадов производят с учетом фона, изготовленного из матового стекла. Подсветка стенда осуществляется через нижнюю поверхность стенда.

В архитектурном макетировании необходимо учитывать художественно-эстетические качества объекта. Поэтому проводится тщательный анализ цветовой

гаммы, а также учет зрительного контакта в масштабе восприятия человека. Детализация макета зависит от принятых масштабных рамок, при этом допускается упрощение элементов, однако макет должен быть наиболее точно приближен к натуре. При масштабе 1:1000 показываются только объемные элементы зданий, в масштабе 1:500 учитываются детализация фасадных элементов, а в масштабе 1:100 производится тщательная проработка мелких элементов фасадов зданий. Поэтому возникает необходимость дополнять макеты архитектурными формами и указывать масштабность с помощью силуэтов людей. Часто при фотофиксации макетов используют графические программы для фотомонтажа, чтобы отредактировать фон и откорректировать художественные элементы. Поэтому основной функцией при фотофиксации является установление четкой взаимосвязи между макетом и существующим зданием. Наиболее эффективными для фотофиксации рабочих макетов являются те, которые изготовлены из непрозрачных плотных многослойных материалов. Сложным в исполнении макетов храмовой архитектуры является изготовление криволинейных очертаний зданий (рис. 1).

На втором этапе происходит выбор материала для разработки макета. Сначала определяются с типом основания. Работа с материалом осуществляется как поиск оптимальной формы для создания конструкции. Основным материалом является обычная бумага, картон, так как они обладают достаточной конструктивной прочностью. Сложность форм очертания в виде складок, криволинейных поверхностей куполов не позволяют их склеивать, поэтому данные поверхности либо сшивают, либо скрепляются скобами. Для работы с материалами используют специальную инструментальную базу, которая включает в себя измерительные приборы, инструменты для механической обработки деталей. Отделочными материалами являются краски, лаки. Для выравнивания поверхности можно использовать сухие смеси. При отделке куполов под золото используют нитролаки.

На третьем этапе происходит сборка макета в полную пространственную композицию с приведением массы элементов небольших размеров в полный макет. Учитывая размеры в плоскости между окнами и дверями, вписывая их в общую композицию, можно получить реальный перспективный портал.

Перспективный портал является архитектурным оформлением проемов дверей и окон, который образуется в стене последовательно уложенными элементами, создавая тем самым глубину проема.

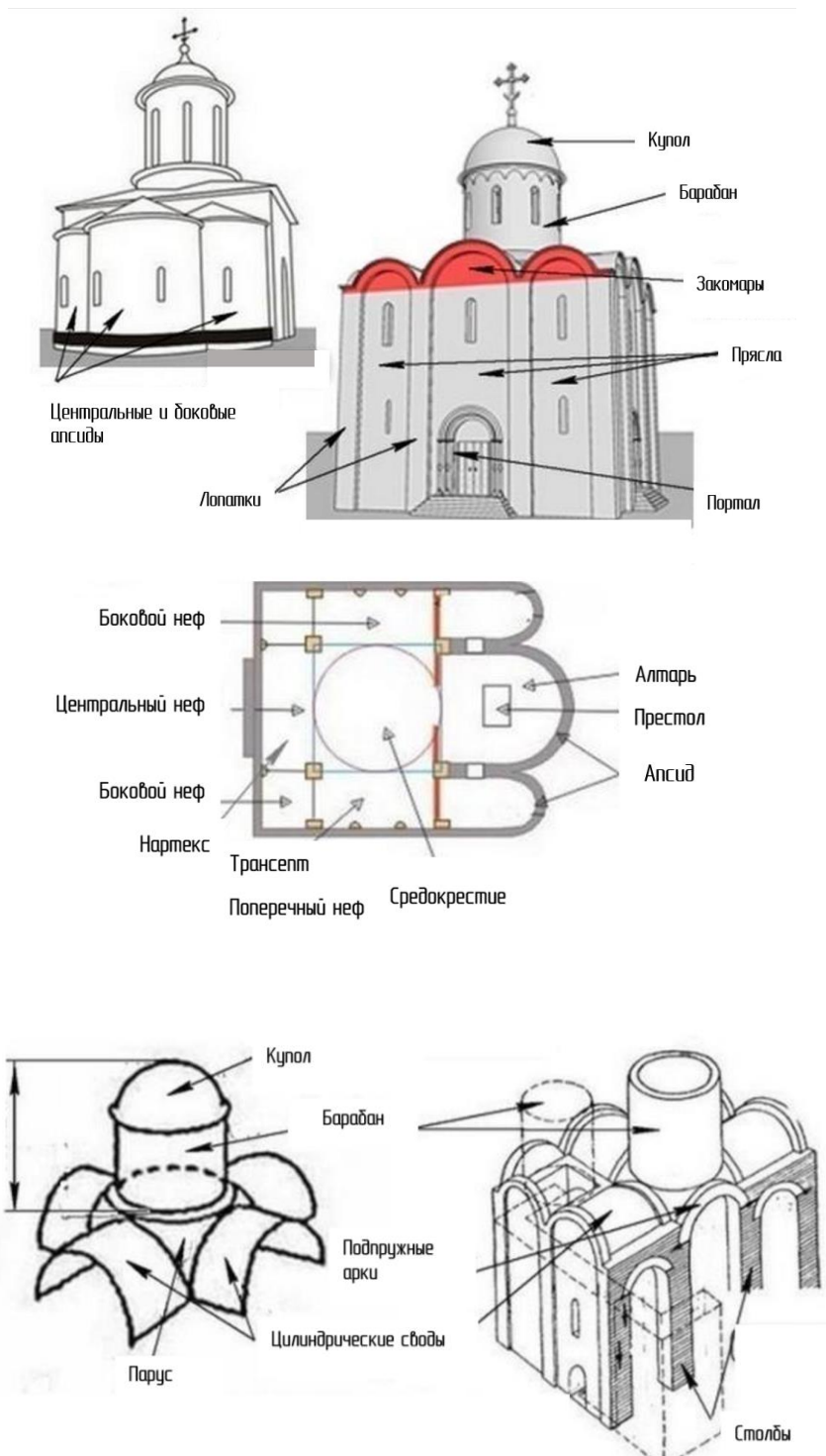


Рис. 1. Основные конструктивные элементы храма

Таким образом, работа над созданием макетов хамовой архитектуры дает возможность изучения исторических аспектов, применения научной методики реконструкции при выборе архитектурных элементов, из которых и состоит проектная идея и практическое воплощение всей композиции в целом.

Литература

1. Калмыкова, Н. В. Макетирование / Н. В. Калмыкова, И. А. Максимова. – М: Архитектура. – С. 2003.
2. Кальницкая, Е. Реальное и виртуальное восстановление памятников архитектуры / Е. Кальницкая // Международный совет по вопросам памятников и достопримечательных мест: Сохранять и развивать всемирное наследие. – Санкт-Петербург и Берлин-Потсдам. – Берлин, 2009. – С. 112-116.

УДК 624

Конструктивные решения элементов зданий с использованием углеволокна

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой

«Промышленное и гражданское строительство»;

Жуков Алексей Дмитриевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

В статье представлен опыт применения углеволокна в строительстве. Указаны известные конструктивные решения элементов с использованием углеволокна в качестве внешнего армирования.

Применение композитных материалов для создания различных конструктивных решений в настоящее время получило большое распространение. В основном для строительной отрасли используются композиты на синтетической основе в качестве армирующих волокон – фибр. Фибры могут быть выполнены из таких материалов, как базальт, углеволоконо, стекловолокно, стеклопластик и др. Выбор типа волокон зависит от их физико-механических характеристик и обеспечения совместной работы в конструкциях. Фибры в основном являются заполнителем бетонной смеси и используются как внутреннее армирование. Однако некоторые типы композитных материалов могут быть использованы в качестве внешнего армирования. Таким композитным материалом является углеволокно.

Впервые разработка и использование углеволокна были предложены и запатентованы американским изобретателем Т.А. Эдисоном в 1880 году в качестве

нитей накаливания в электрических лампах. Однако эффективность этого волокна позже была доказана и для строительной отрасли. Углеволокно оказалось наиболее подходящим армирующим материалом для определенного типа конструкций, так как обладает высокой термо- и коррозионной стойкостью, хорошими теплоизоляционными свойствами, высокими удельными характеристиками по прочности и жесткости. В сравнении с традиционными армирующими элементами, стальными стрежнями, углеволокна обладают высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью.

Преимуществом углеволокна по отношению к другим армирующим синтетическим фибрам является то, что оно может быть как частью бетонной смеси, так и использоваться в качестве внешнего армирования. В строительстве это нашло широкое применение при усилении конструктивных элементов зданий [1].

Известные конструктивные решения усиления железобетонных конструкций представляют собой трудоёмкий процесс, который включает в себя большое количество технологических операций. При этом традиционные методы не всегда являются эффективными, что способствует развитию новых технологий и способов усиления зданий и сооружений с применением современных материалов.

Одним из таких методов является внешнее армирование углеродным волокном.

Углеродное волокно является продуктом искусственного происхождения и относится к композитным полимерам. Образуется из тонких нитей диаметром от 3 до 15 микрон. Нити состоят из атомов углерода, которые объединяются в кристаллическую сетку [2]. Отличительными характеристиками углеволокна являются: высокий модуль упругости, высокая прочность, низкая плотность, низкий коэффициент трения, а также высокая стойкость к атмосферным осадкам. Кроме высоких прочностных характеристик, углеродные волокна хорошо проводят электрический ток и обладают очень низким коэффициентом линейного расширения. Классификация углеродных волокон по физико-механическим свойствам представлена на рис 1, 2.

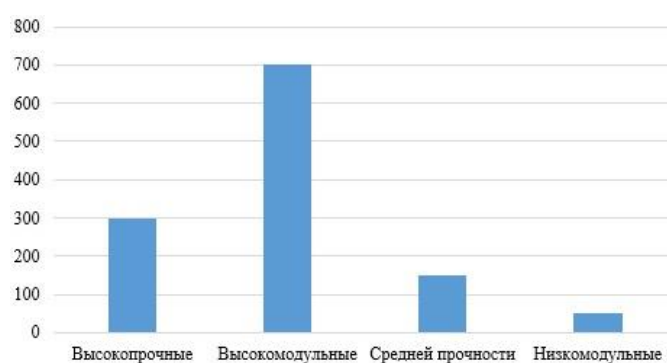


Рис. 1. Углеродные волокна, модуль Юнга, ГПа

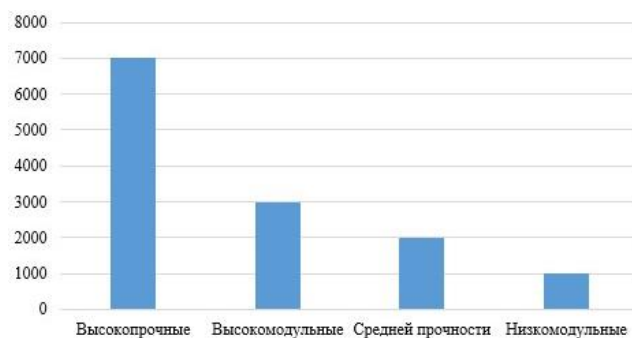


Рис. 2. Углеродные волокна, прочность на разрыв, Мпа

Основными элементами для усиления служат колонны, балки и несущие стены. Причинами для внесения изменений в конструктивное решение являются разрушение защитного слоя бетона и коррозия арматуры в процессе эксплуатации, повышение нагрузок, изменение объемно-планировочного решения или технологии производства; ошибки в проектных решениях [3].

Для усиления колонн конструктивным решением использования углеволокна является обертывание колонны – создание обоймы. Углеродная лента может быть установлена по всей площади колонны с нахлестом для лучшего сцепления лент между собой (рис. 3). В зависимости от степени разрушения может быть применена прерывистая обойма с определенным расчетным шагом. Совместную работу слоя бетона и углеродной ленты обеспечивают за счет использования пропитывающего клея, преимущественно эпоксидного.

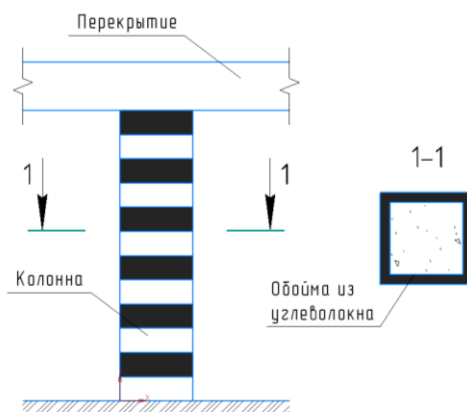


Рис. 3. Усиление колонн углеволокном

В изгибаемых элементах – балках внешнее армирование в виде лент из углеволокна располагают в зоне действия пролетных моментов (рис. 4). При этом применение элементов внешнего армирования при усилении приопорных участков в зоне действия поперечных сил тоже является эффективным. В этих зонах устанавливают холсты из углеводорода вдоль линии главных растягивающих напряжений.

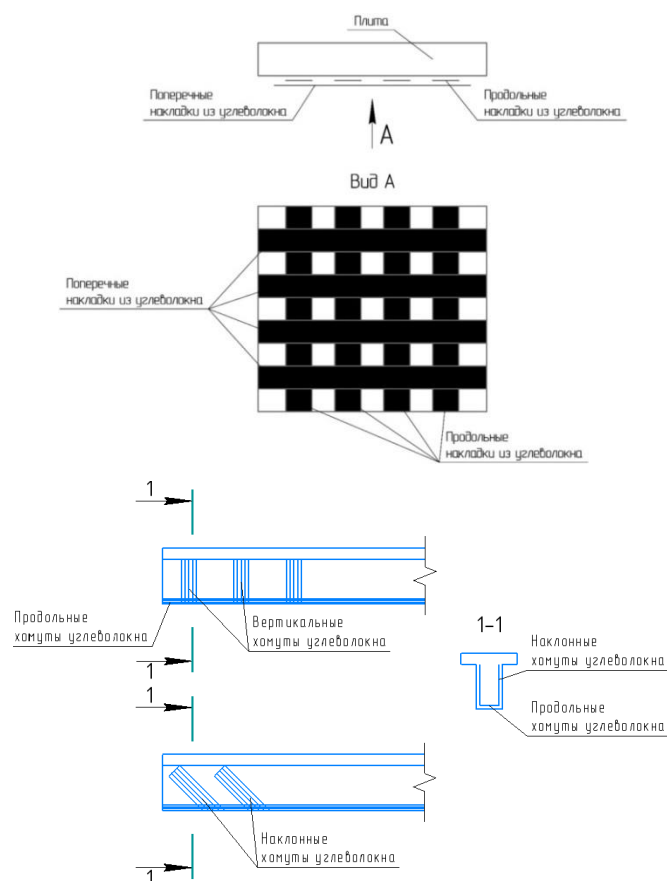


Рис. 4. Усиление изгибаемых элементов углеволокном

Использование элементов внешнего армирования для усиления сжатых, внецентренно-сжатых простенков и стен производится двумя способами (рис. 5). При усилении коротких элементов применяют устройство бандажей из углехолста, создающих «эффект обоймы» по типу косвенного армирования или установку углеродных лент вдоль сжатого элемента, которые выполняют роль дополнительной рабочей арматуры.

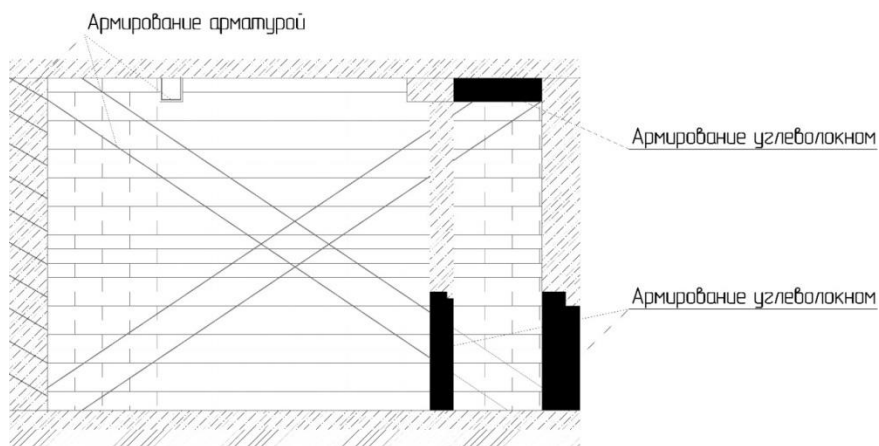


Рис. 5. Усиление простенков углеволокном

Эффективность внешнего армирования из углеволокна позволяет создавать новые конструктивные решения для строительных элементов, что приводит как к

увеличению их несущей способности без значительного увеличения массы, так и к сокращению временных и трудовых затрат; возможности выполнения работ без выведения сооружения из эксплуатации. Однако при всех преимуществах остаётся открытым вопрос сцепления углеволокна с усиливаемой поверхностью при воздействии высоких и низких температур, что не дает возможности широкого внедрения конструктивных решений с использованием углеволокна в области строительства.

Литература

1. Шилин, А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – М.: Стройиздат, 2007.
2. Мелешко, А. И. Углерод. Углеродные волокна. Углеродные композиты / А. И. Мелешко, С. П. Половников. – М.: Сайнс-пресс, 2007.
3. Гапонов, В. В. Обоснование и разработка технологии усиления железобетонных конструкций подземных сооружений с использованием композиционных материалов: специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»: диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гапонов Виталий Владимирович; Московский государственный горный университет. – Москва. – 2012. – 173 с.

УДК 693

Особенности изготовления легких бетонов с использованием отходов производств

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
«Промышленное и гражданское строительство»;

Магеррамова Инна Александровна, 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 описывается опыт использования промышленных отходов для производства бетонов; эффективность утилизации отходов за счет повышения эксплуатационных характеристик бетона и уменьшения его стоимости.

В строительной индустрии использование отходов наибольшее применение получило в изготовлении строительных материалов, так как это способствует решению проблемы загрязнения окружающей среды и позволяет высвободить территории полезной площади, занятые этими отходами.

Известным опытом применения отходов является изготовление строительных конструкций из бетонов различных классов, в том числе фибробетонов. Легкий фибробетон на сегодняшний день является одним из востребованных материалов для изготовления энергоэффективных строительных конструкций.

В настоящее время в стране работают 70 заводов по производству автоклавного ячеистого бетона, выпускающих 8,4 млн м³ изделий в год. Производство неавтоклавного ячеистого бетона, в основном пенобетона, составляет около 6 млн м³ в год для монолитного и сборного строительства. На 1 тыс. человек населения нашей страны производится всего 15 м³, в то время как в Республике Беларусь – 130 м³, а в Германии, Швеции и других странах Западной Европы – 270-300 м³ [1].

Опыт применения отходов для производства легких бетонов и изделий на их основе можно условно разделить на несколько типов: использование отходов в качестве вяжущего, наполнителя и модификатора. Наиболее распространённым типом отходов, применяемых как в отечественной практике, так и за рубежом, является зола уноса от сжигания углей на ТЭЦ. Существуют нормы для использования этих отходов при производстве строительных материалов – ГОСТ 25818-2017 Зола-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия [2].

Отходы классифицируются по следующим признакам: минеральные – топливные шлаки, пески, песчано-гравийные смеси, глины; органические – камыш, солома, торф; отходы деревообработки – в виде опилок, стружки, коры и веток.

Для создания пористой структуры и улучшения теплотехнических характеристик известен опыт использования органического сырья в качестве крупного заполнителя легкого бетона. Растительное сырье проходило модификацию высококальциевой золой и полимерсиликатной композицией, что обеспечило совместную работу органического заполнителя с бетонной матрицей. Органический заполнитель и модификатор были определены из условий наличия местных отходов. Это позволило получить легкие бетоны, имеющие прочность при сжатии 7,5-12,0 МПа, плотность 480-620 кг/м³, низкую теплопроводность 0,18-0,31 Вт/(м·°С), высокую трещиностойкость и обладающие демпфирующей способностью при воздействии сосредоточенных нагрузок. При этом экономический эффект по замене традиционных

стеновых материалов новыми материалами на основе гранулированного растительного сырья составил около 7,5 миллионов рублей без учета экологической составляющей.

Опыт создания стеновых материалов неавтоклавного твердения с применением утилизации отходов минераловатной промышленности и зол ТЭЦ показал свою эффективность за счет того, что измельченные отходы производства минеральной ваты могут быть использованы в бесцементном вяжущем в композиции с известью, гипсом и высококальциевой золой. Предложенный состав газобетона, включающий отходы производства минеральной ваты и зол ТЭЦ, позволяет получить газобетон класса 3.5-10.0 при отсутствии цемента за счет взаимодействия свободного оксида кальция с активным стеклом минеральной ваты [3]. В качестве неавтоклавного легкого бетона был получен газобетон с плотностью 700-1100 кг/м³, прочностью при сжатии 4,5-11,9 МПа, удовлетворительной морозостойкостью. А также была предложена технологическая схема производства бетонных блоков из бесцементного бетона неавтоклавного твердения со средней плотностью 1400-1900 кг/м³, прочностью при сжатии 28,8-43,2 МПа, прочностью при изгибе 3,1-5,2 МПа. Техничко-экономическая эффективность от использования предложенных строительных материалов обеспечивается за счет утилизации отходов производства. Это снижает стоимость сырьевых материалов и способствует решению экологических проблем.

Использование местных техногенных отходов для разработки бесцементных и малоцементных композиций показало свою высокую эффективность для получения пенобетонов неавтоклавного твердения [5]. Бесцементная композиция, обладающая вяжущими свойствами на основе трех видов техногенных отходов, состояла из 96 % высококальциевой золы-уноса, 4 % микрокремнезема и 2 % минерализованных стоков сверх 100 % сухих компонентов. По прочности, которая составляет более 40 МПа, бесцементная композиция сопоставима с цементным вяжущим. Установлена возможность повышения прочности конструкционно-теплоизоляционного пенобетона марки D900 за счет введения в бесцементную композицию 10 % цемента, что обеспечивает повышение прочности до 5,0-6,0 МПа. Экономический эффект от применения разработанных составов композиций при изготовлении изделий из пенобетона по сравнению с традиционными цементными составляет 25,5 %.

Известно использование отходов для изготовления сухих смесей [4]. В исследовании был получен газобетон со средней плотностью 450-500 кг/м³ на основе применения техногенных отходов: золы гидроудаления и текстильного корда, полученного при переработке старых шин, что позволило расширить сырьевую базу, повысить технико-экономические показатели газобетона, улучшить экологическую

ситуацию в регионе. Выявлено, что введение отработанного текстильного корда по разработанной методике в количестве 2 % по массе способствует оптимизации микро- и макроструктуры газобетона.

Экспериментально подтверждена возможность улучшения физико-механических свойств газобетона путём введения в его состав отработанного текстильного корда. Усадка при высыхании такого газобетона в количестве 2 % по массе и добавкой хлорида натрия 0,5 % на 45 % ниже усадки образцов контрольного состава. Водопоглощение по массе газобетона с отработанным текстильным кордом на 17 % ниже по сравнению с контрольным составом.

При производстве автоклавных пенобетонов получатся два типа отходов: «технологические» отходы, которые образуются в процессе резки пенобетонных массивов, и производственный брак. При грамотном подходе данные отходы являются ценным сырьевым компонентом для изготовления различных видов композиционных материалов на цементной основе. Данные отходы используются в качестве заполнителя. С увеличением фракции заполнителя средняя плотность снижается. Это связано с уменьшением количества контактов между зернами щебня и понижением плотности упаковки щебня относительно друг друга. Наиболее высокую прочность имеют те составы, у которых наблюдается низкое содержание технологической пыли и высокий расход цемента.

Экспериментальные исследования показали, что сухие отходы имеют низкую насыпную плотность и относительно высокую прочность при сдавливании в цилиндре, что позволяет получить бетон с плотностью 1100-1300 кг/м³ с высокой марочной прочностью до класса бетона В5. Использование отходов пенобетона автоклавного твердения в качестве крупного заполнителя в легком бетоне позволяет значительно повысить уровень безотходности производства.

Использование фибры на основе отходов производства в легких фибробетонах имеет точечное применение, так как она имеет гладкую структуру. Не всегда ее применение эффективно, потому что не обеспечивается сцепление с бетонной матрицей, поэтому необходимо дополнительно ее модифицировать.

Таким образом, эффективность применения отходов промышленности дает возможность снизить на 10-30 % затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья. При этом их использование дает значительный прирост прочности при изготовлении конструкций из легких бетонов. Как показывает практика, наиболее применяемыми отходами в России является зола уноса. Отходы, образованные металлургической промышленностью не так активно

реализованы для изготовления конструкции на основе легких бетонов, и вопрос их утилизации остается открытым.

Литература

1. Утилизация промышленных отходов в России и в мире: проблемы и решения: [сайт]. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/536780-utilizatsiya-promyshlennykh-otkhodov-v-rossii-i-v-mire-problemy-i-resheniya/> (дата обращения: 01.04.2021). – Текст: электронный.

2. Сошкина, Г. Н. Легкие бетоны неавтоклавного твердения на основе зол и отходов производства минеральной ваты: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сошкина Галина Николаевна; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – Новосибирск, 2002. – 147 с.

3. ГОСТ 25818-2017. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017.

4. Курятников, Ю. Ю. Сухие золосодержащие смеси для изготовления газобетона естественного твердения: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Курятников Юрий Юрьевич; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2009. – 166 с.

5. Артемьева, Н. А. Пенобетон на основе золокремнеземистых композиций и жидких отходов металлургической промышленности: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Артемьева Наталия Александровна; Красноярская архитектурно-строительная академия. – Красноярск, 2005. – 196 с.

**Инновационные направления развития
инженерного образования в России и за рубежом**

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Дубнов Семен Андреевич, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

Кубко Дмитрий Дмитриевич, 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

*В статье представлены подходы развития образования в России и за рубежом
в настоящее время. Отмечена роль России в подготовке высококвалифицированных
специалистов и требования к ним в условиях современного ранка.*

Анализ мировых тенденций, в настоящее время преобладающих в области инженерного образования, отображает значительный рост масштабов подготовки инженерных кадров. В настоящее время инженерное образование находится на стадии стремительного роста. Появляются и расширяются новые учебные заведения по инженерным специальностям, все большие масштабы приобретает практика «покупки» инженерных кадров за границей. В 80-ые годы XX века в США привлечение инженеров высших категорий составило 10,5 тысяч человек, в 1987 г. – 11,3 тыс. чел., а в начале 90-х годов – 12,7 тыс. Несмотря на высокий уровень подготовки инженеров в других развитых странах также остро стоит необходимость в специалистах инженерных профессий. Так, в США в конце 60-х годов XX в. лишь 56 % лиц, занимающих инженерные должности, имели высшее образование. В конце 70-х годов их число составляло 65 %. Однако к 2006 г. нехватка инженеров по некоторым оценкам составляла примерно 440 тыс. человек [1-3].

В развитых странах основной прирост занятости связан с профессиями, в которых преобладает интеллектуальный труд: в США 85 % такого прироста вызвано развитием высоких технологий; в Великобритании эта цифра составляет 89 %, в

Японии – 90 %. Если в США за прошедшие 20 лет выпуск специалистов в области информационных технологий вырос более, чем в 10 раз, то в России примерно лишь в 2,5 раза.

В США ведущее место по количеству выпускающих бакалавров, магистров в области техники и технологии занимают такие университеты, как Иллинойский, Техасский, Стэнфордский, Калифорнийский (г. Беркли), а также Массачусетский технологический университет и др.

В Японии подготовка инженеров проводится в основном университетах и колледжах. Так, Токийский университет, имевший в своем основании 4 колледжа, одним из первых в мире включил в свой состав инженерный факультет. В наши дни по техническим специальностям в Токийском университете обучаются 40 % от всей численности студентов.

В связи с требованиями научно-технического прогресса 1966-1967 гг. в Великобритании восемь технических колледжей стали техническими университетами. Был открыт инженерный факультет в университете Кембриджа, институт естественных наук и технологий в университете Манчестера, Имперский колледж науки и технологии.

Во Франции на базе традиционных университетов, основанных еще в Средние века, за последние годы создано шесть инженерных факультетов. Германия, также имеющая традиционно сильное инженерно-техническое образование, развивает систему подготовки инженерных кадров в соответствии с требованиями научно-технического прогресса. Эта тенденция за рубежом имеет нарастающий характер [1].

Существующая тенденция технологического образования в США и в ряде европейских стран из опыта ведущих технических университетов и фирм вызвана необходимостью удержания позиций экономического господства в меняющемся мире [1-3].

В ее основе лежит установка на непрерывный характер подготовки инженерно-технических кадров в течение всей их профессиональной деятельности, всемерное развитие исследовательских и новаторских качеств, междисциплинарный подход к учебным программам, обеспечивающий решение задач профессионального профиля.

Эта концепция не может быть достигнута лишь в рамках системы высшего образования и поэтому она требует тесных взаимных связей учебного процесса с наукой, создания и внедрения новых технических идей в производство и их коммерческой реализации.

В основе организации таких связей лежит единая концепция университетов и фирм, определяющая особенности инженерного образования в XXI веке. Так, примеры взаимосвязи промышленности и образования уже рассмотрены в научных трудах [1-3].

Современная конкурентоспособная экономика – это экономика знаний, в которой основной прирост занятости приходится на профессии с преобладанием интеллектуального труда: 85 % в США, 89 % в Великобритании, 90 % – в Японии. Экономика знаний взяла первенство во всех социально и экономически лидирующих странах. Появился новый метод производства с применением информационных технологий. В соответствии с новым технологическим укладом рабочая сила из преимущественно промышленной превратилась в информационную. По оценкам экспертов в США дефицит специалистов такого профиля составляет более 100 тыс. чел.

Одним из путей ускорения научно-технического прогресса и повышения эффективности труда стал ограниченный и строгий отбор при обучении и, как следствие, малочисленность и высокий профессиональный уровень инженерных кадров высшей квалификации. Однако в действительности доля инженеров из всех выпускников вузов в развитых странах ниже и составляет менее 20 % (в США – не выше 10 %). В Соединенных штатах Америки в отрасли полезных ископаемых, легкой промышленности и строительстве число таких специалистов невелико. Тем не менее, эффективность деятельности инженеров в развитых странах очень высока. Такая малая их численность одновременно с высокой эффективностью труда инженеров вызвана тем, что их функции выполняются специалистами нетехнических категорий: менеджерами, экономистами, юристами.

За последнее десятилетие в США и Великобритании произошло сокращение приема в высшие учебные заведения по техническим специальностям. Инженерный совет Великобритании однозначно выступает против такой политики, поскольку ожидается, что страна может столкнуться со значительной нехваткой специалистов технического направления уже через несколько десятилетий, что может привести к тяжелым последствиям для британской экономики.

Другая тенденция преобладает в Японии, где в технологических университетах и колледжах подготавливается в 5 раз больше специалистов научно-технической сферы, чем в любой другой индустриально развитой стране. Этот факт во многом объясняет господство Японии в настоящее время в решении логических проблем и ее приверженность к практике и техническому развитию. Особую роль в обеспечении

качественной подготовки специалистов имеет общая ориентация японцев на выбор и получение престижной профессии.

В настоящее время в сфере инженерного образования ведутся широкие дискуссии относительно необходимой для инженера ученой степени специалиста. Часть авторов считает такой степень магистра, другие степень доктора. Все более ясным становится факт того, что степень бакалавра является недостаточной для будущего инженера. Особенно это очевидно для широкого спектра деятельности, требующей получения образования по смежным, междисциплинарным отраслям.

Преобразования в различных отраслях промышленности проходят через изменения, вызванные за счет развития технологий, экономического роста различных государств, что также приводит к совершенствованию образовательных учреждений, программ и планов.

Учеными различных стран проводятся значительные исследования, изучающие проблемы соответствия уровня образования технических специалистов ускоренному технологическому росту, увеличивающимся запросам общества и личности. Так, например, американский Комитет NRC по образованию и работе инженеров изучил широкий спектр факторов, влияющих на подготовку и трудоустройство инженерных кадров [3]. В результате была выпущена серия из девяти докладов, рассматривающая проблемы технического образования и роли технических наук в мировой экономике.

Значительный интерес вызвали два доклада из указанной серии: «Инженерное образование и инженерная практика в США: основа нашего технико-экономического будущего» и «Параметры трудоустройства инженеров: факторы и требования».

Особое внимание в данных работах было уделено оценке исследований в следующих промышленных областях: строительство и структурное проектирование; промышленное производство; транспорт; биоинженерия; новые материалы; информация, связь расчеты и контроль; энергия, ресурсы и окружающая среда.

Для развития современных технологий особенно важным является наличие в стране инженеров, имеющих высокую подготовку и глубокие компетенции: знания, умения, навыки и личные качества, так называемые *hard skills* и *soft skills*. В связи с этим возникает значительная задача – изучить структуру образования, сделать его соответствием вызовам мировой экономики.

Во всем мире увеличивается потребность в работниках так называемых высоких технологий: программирования, управления, моделирования и разнопланового моделирования. Все это указывает на необходимость обеспечения у выпускающихся специалистов фундаментальных знаний.

Стоит отметить, что идеи и методы в образовании инженеров, разработанные в Советском Союзе, стали основой в организации образования по всему миру.

Эти идеи многократно принимались для использования многими иностранными государствами. Во второй половине прошлого века американскими деятелями была принята и развита методика и способы обучения именно советской средней и высшей школ.

Среди других стран, принявших такую организацию обучения, были Япония, Южная Корея, ряд европейских государств.

В настоящее время в России решаются ответственные задачи модернизации инженерно-технического образования. Их решение осуществляется на основе научных методов анализа, научного прогнозирования и социально-экономической оптимизации. Глубокая фундаментальная подготовка, творческий, новаторский и инновационный характер инженерно-технического образования в России, составляющие суть «русского» метода обучения, получили дальнейшее развитие и сегодня [1-3].

Основные требования к подготовке технических специалистов в вузах России и зарубежных стран выражены в требованиях к их профессиональной компетентности и отношению к профессии, исходя из требований научно-технического прогресса, национальных социально-экономических задач и международного опыта [2, 3].

Мнения зарубежных экспертов о проблемах и перспективе совершенствования научно-технического образования свидетельствуют о серьезном подходе к подготовке нового класса специалистов – инженеров-организаторов производства будущего.

По мнению ученых и специалистов, научно-техническое образование как важнейший социальный аспект образования должно быть направлено на непрерывную, долгосрочную, высокоэффективную подготовку специалистов для основных отраслей науки, техники и технологии, перспективно определяющих мировой прогресс.

Подготовка таких специалистов в высших учебных заведениях должна быть направлена на то, чтобы уже на начальном этапе своей профессиональной деятельности специалист овладевал основами профессиональной мобильности в науке, технике, технологии, сложными информационными структурами, являющимися формой выражения современных научно-технических значений, методами самостоятельного совершенствования знаний и был готов к творчеству в научно-технической деятельности.

Компетентный инженер, работающий в условиях рынка, должен отвечать следующим требованиям [2, 3]: обладать обширными техническими знаниями в

области систем и процессов производства, иметь навыки в решении производственных проблем, включая анализ и синтез, а также обладать чувством нового; проявлять инициативу в реализации принятых решений; быть готовым работать как самостоятельно, так и в составе групп, быть коммуникабельным; иметь представление об особенностях рынка и уметь определять принципиально новые технологии изготовления готовой продукции и ее стоимость.

В наши дни в развитых странах подготовка специалистов для промышленности стала главной целью программ вузов в области технологий, а подготовка их преддипломных школ – сильной стороной их инженерных программ [1-3].

Технологический подход к образованию на дипломном уровне включает в себя лабораторный опыт, в совокупности с соответствующей теоретической базой, где минимизируется математическое обоснование, делается упор на практическую или прикладную сторону обучения и уделяется меньше внимание вопросам теории. Серьезной проблемой является обеспечение оптимального баланса объема теоретических и фундаментальных наук по сравнению с прикладной и практической подготовкой, чтобы удовлетворить потребности промышленности как в количестве специалистов на краткосрочную перспективу, так и ее будущие потребности с более высоким уровнем подготовки производственного персонала для долгосрочной перспективы.

За последние десятилетия руководители крупных промышленных объединений, корпораций и фирм развитых стран высказывают мнения, что сегодня, наряду с академическими знаниями, важно, чтобы специалисты обладали целым рядом других качеств, которые требуется формировать и развивать в ходе обучения в вузе [2, 3].

Рабочие учебные программы и планы всех высших учебных заведений должны быть ориентированы на предоставление студентам всех необходимых для каждой профессии компетенций. Именно компетенции должны стать двигателем в развитии подготовки кадров. К ним относятся фундаментальные и прикладные знания, разноплановые навыки и умения, а также личностные качества *soft skills*.

Обязательно, чтобы выпускники вузов:

- обладали общими и базовыми знаниями точных и естественных наук;
- обладали творческим, системным и критическим мышлением, направленностью на результат;
- постоянно самообразовывались, не переставая развиваться;
- умели находить выход из любой незнакомой ситуации;
- обладали качествами групповой работы, коммуникацией на всех уровнях;

- имели навыки решения практических задач, кейсов различной направленности;
- использовали в своем обучении и последующей профессиональной деятельности современные технологии, техники работы;
- были способными к непрерывной работе, затратам значительных усилий;
- получали удовлетворение от работы в условиях здоровой конкуренции;
- демонстрировали свою культурную толерантность и восприимчивость, на региональном и международном уровне.

Требования, выдвигаемые современным обществом, относятся в наши дни уже не столько к соответствию качеств молодого специалиста экстенсивной модели, имеющей в своей основе ориентированность на объем и полноту знаний, а к инновационной, конкурентоспособной деятельности, базирующейся на постоянном обновлении компетенций, творческому мышлению и решению задач всех направлений и уровней.

В Российской Федерации имеются все ресурсы, необходимые для создания и формирования компетентных специалистов для всех отраслей экономики, включая науку, все виды промышленности и сферу услуг, чему не помешает даже кризисное состояние, в котором находится наше государство.

На основе всего вышесказанного, авторы данной работы могут сделать вывод о том, что Российская Высшая инженерная школа способна уже сейчас организовать крупномасштабную деятельность по оказанию образовательных услуг не только внутри России, но и во многих странах мира, не только на основе государственной поддержки, но и с помощью частного сектора.

Литература

1. Аникин, В. А. Профессиональная структура населения и тип экономического развития страны / В. А. Аникин // Terra economicus. – 2013. – Т. 11. – № 2. – С. 41-68: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20172862> (дата обращения: 13.04.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Шолина, И. И. Оценка системы подготовки инженерно-технических кадров: материалы комплексного исследования потребностей крупнейших региональных работодателей / И. И. Шолина [и др.]; под общей редакцией Л. Н. Банниковой. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – 272 с.: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27233562> (дата обращения: 13.04.2021). – Текст: электронный.

3. Владимиров, А. И. Об инженерно-техническом образовании / А. И. Владимиров. – М.: Недра, 2011. – 81 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004974372> (дата обращения: 19.12.2020). – Текст: электронный.

УДК 624-9

Инновационный датчик для оценки напряжённого состояния грунтового основания

¹Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»;

²Землянский Константин Анатольевич, ведущий инженер;

¹Дубнов Семён Андреевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

¹Кубко Дмитрий Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»;

¹Зотов Лев Дмитриевич, студент специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

² Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция», г. Балаково

В статье представлен опыт создания инновационного датчика для измерения реактивного давления под подошвой плитных фундаментов и распределения давления в грунтовых основаниях по глубине активной зоны. Описаны существующие конструкции датчиков и методы оценки их погрешностей. Приведены технические характеристики нового датчика.

Работа грунтовых оснований при наличии нагрузки имеет сложный характер, а также зависит от множества различных факторов, таких как поровое давление, характер распределения деформаций и напряжений в активной зоне, динамика физических и механических свойств грунта с учетом различных граничных условий и степени нагрузок на основание.

В связи с этим усложняется разработка модели реального напряженно-деформированного состояния этих оснований. Как следствие, только при продолжительных экспериментах с применением высокоточных измерительных

приборов становится возможным отобразить реальное НДС грунта, которое и является главенствующим фактором, влияющим на эксплуатационную надежность здания или сооружения [1-3].

На напряженное состояние грунта влияют контактные взаимодействия между зернами его скелета, внутренние напряжения в зернах скелета и давление воды в грунтовых порах. Наличие напряженного состояния в грунте связано с определенной конечной, но незначительной зоной. При этом полностью определенным считается такое состояние, при котором известны хотя бы шесть различных компонентов напряженного состояния (например, шесть нормальных напряжений на шести различно ориентированных плоскостях).

Эти нормальные напряжения определяются с помощью помещения искусственного тела в заданную зону, например, датчика нормальных напряжений, деформации или при помощи тела, изменения объемов которого могут быть преобразованы в электрический сигнал. При этом необходимо, чтобы датчик обладал размерами, позволяющими нивелировать все факторы, вызывающие неоднородность напряжений в данной зоне грунта.

Важно отметить, что для снижения влияния инородных включений идеальный датчик должен обладать деформационными характеристиками, близкими к деформационным характеристикам грунта. Но реальный грунт обладает такими многофакторными характеристиками, а именно плотностью естественной структуры, влажностью, хронологией нагружения, что становится практически невозможным придание датчику напряжений в грунте характеристик, полностью совпадающих со свойствами реальной грунтовой среды. Это в свою очередь приводит к тому, что датчик становится концентратором напряжений в близкой к нему зоне, что приводит к возникновению погрешностей при определении НДС.

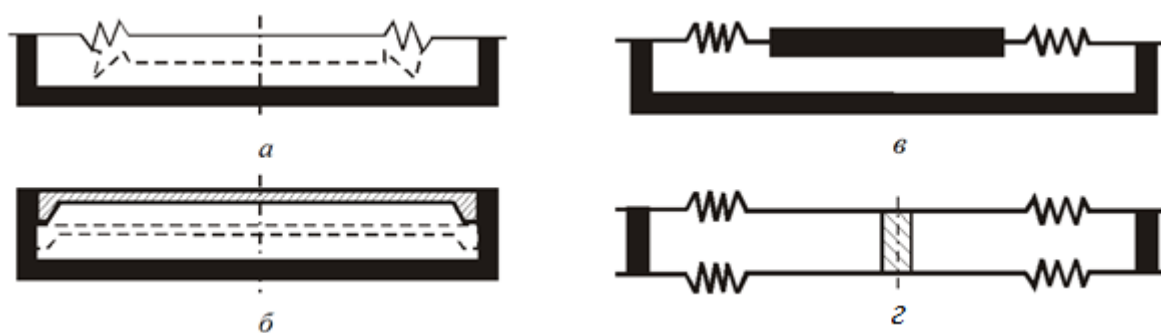
Датчики могут располагаться по одной прямой, но для определения полного пространственного характера напряженного состояния грунта устанавливается группа датчиков так, чтобы их плоскости ориентировались в различных направлениях.

При определении механического поведения уникальных большепролетных, подземных, высотных, гидротехнических и энергетических объектов необходимо создание проекта размещения метрологической аппаратуры, при этом учитывается расположение датчиков, коммутаторов, линий измерительной цепи. Данный проект включает в себя пошаговую инструкцию всех работ и является частью всего проекта здания или сооружения. С целью получения реальных данных работы основания требуется, чтобы плотность грунта в исследуемой области была близкой к плотности

расположенных рядом грунтов. Необходимо, чтобы установка аппаратуры проводилась одновременно с укладкой грунта в исследуемую область. Также для определения физико-механических свойств грунта следует изъять его пробы в местах установки аппаратуры. Для получения максимально точных данных об НДС грунта необходимо обосновывать выбор применяемых датчиков с учетом их конструктивных особенностей и характеристик измерительных систем.

Все существующие датчики, измеряющие НДС грунта, относятся к нескольким типам, изображенным на рис. 1.

Опытным путем установлено, что при одноосной деформации датчик должен иметь наименьшую толщину и наибольшую жесткость. Во всех рассматриваемых конструкциях внутренняя полость датчика заполняется жидкостью. При помощи упругого элемента с наклеенными тензорезисторами изменение давления в жидкости преобразовывается в электрический сигнал. Подобные аппараты могут делаться в виде сплошных шайб из пьезокристаллов или из магнитоэлектрических материалов.

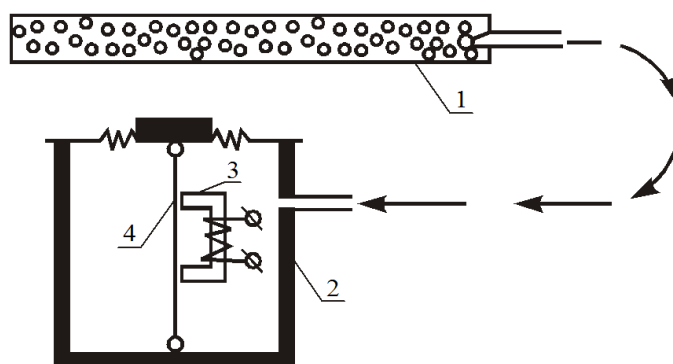


*Рис. 1. Конструкции датчиков напряжений в грунтах:
а – с гибкой мембраной; б – мембранный с жесткой шайбой; в – поршневой;
г – типа «грибок»*

При одноосном напряженном состоянии погрешность результатов составляет 10-15 % в том случае, если ось датчика сонаправлена с главным напряжением. Однако, если присутствуют напряжения в плоскости датчика, то погрешности выходящего сигнала могут достигать уже 100 %. Для тонкого эластичного датчика (тонкая полость, заполненная жидкостью) эти погрешности не превышают 15 %. Погрешности выходящего сигнала могут достигать 20-25 % при колебаниях угла между направлениями перпендикуляра к рабочей поверхности, обладающего большой жесткостью датчика и осью максимального главного напряжения. Наиболее точный характер взаимной работы датчика и грунтового основания определяется с помощью исследования влияния главных напряжений σ_r и σ_z , которые действуют в плоскости рабочей поверхности датчика, а также путем измерения третьего главного напряжения, которое действует перпендикулярно поверхности датчика, учитывая влияния

граничных условия и особенностей загрузки. Режим нагружения при наличии больших деформаций в грунте влияет на то, что концентрация напряжений в грунте для абсолютно жестких дисковидных датчиков может изменяться в значительных диапазонах (для песка + 70...100 % и до – 30...50 %). Увеличение концентрации напряжений происходит из-за жестких грунтовых ядер, образующихся при трении грунта на поверхности датчика. В связи с этим на практике следует стремиться к созданию датчиков, жесткость которых сопоставима с жесткостью самого грунтового основания. Рассмотрим конструкции наиболее часто встречающихся датчиков.

Эластичный датчик напряжений. Данный датчик имеет минимальную сжимаемость и толщину, достаточную площадь, позволяющую усреднять напряжения в рассматриваемой зоне. Эластичный датчик состоит из тонкого резинового диска, пронизанного сообщающимися полостями, с малосжимаемой жидкостью. Устройство эластичного датчика (рис. 2) – это два диска, соединенные по контуру во множестве точек по поверхности, или тонкая прямоугольная трубка, уложенная в двойную спираль [4].



*Рис. 2. Эластичный датчик напряжений в грунте:
1 – поверхность датчика; 2 – струнный измеритель давления;
3 – электромагнит; 4 – струнный преобразователь*

Площадь поперечного сечения по поверхности малосжимаемой жидкости составляет 70-80 % от всей площади датчика, а объем данной жидкости – 6...10 % от объема датчика. Работа эластичного датчика основана на возникновении в рабочей жидкости давления, создаваемого напряжениями в грунтовом основании. После чего данное давление измеряется присоединенным к внутренней полости эластичного датчика струнным преобразователем, колебания в котором создаются электромагнитом. Опытным путем установлено, что чем меньше толщина резинового диска, тем меньше искажение при измерении нормальных напряжений, и погрешность в таком случае не будет превышать $\pm 15\%$.

На рис. 3. представлена кривая зависимости погрешности измерения напряжений σ_z нормальных к плоскости датчика от отношения значений главных напряжений σ_r и σ_z , действующих в плоскости датчика. Кривая 2 отображает похожую зависимость для жесткого датчика при аналогичных режимах нагружения. Максимальная погрешность для эластичного датчика не превышает 15 %.

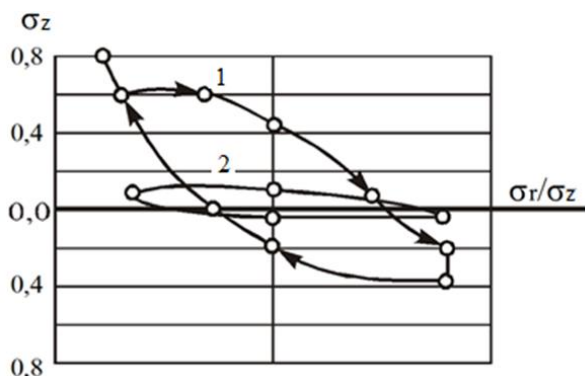


Рис. 3. Погрешность эластичного и жесткого датчиков напряжений в грунтах

Для максимального избежания погрешностей требуется проводить поверку данных приборов на специальном оборудовании. В таких испытательных установках гидравлическим или пневматическим способом создают заданные давления на рабочую поверхность датчика. Термочувствительность датчиков напряжения определяют при помощи термостатов, оснащенных термометрами.

Струнные жесткие датчики используются при измерении напряжений в зоне контакта объекта и грунтового основания. Деформационные характеристики этих датчиков близки характеристикам бетона. Конструктивные особенности данных датчиков представлены на рис. 4. В отличие от эластичных датчиков, в жестких напряжения в грунте передаются с контактной площадки внешней мембраны через гидравлическую полость на рабочую мембрану. Струна крепится к данной мембране нижним струнодержателем, а к защитному кожуху верхним струнодержателем. Колебания струны также возбуждаются при помощи электромагнита.

В кожухе датчика расположено заливное отверстие, а также резьба для установки датчика в конструкции сооружения. Выходной сигнал измеряется частотомером. Для того, чтобы рабочая поверхность датчика и поверхность конструкции совпадали, датчики устанавливают в закладные гнезда или обоймы, жестко забетонированные в конструкцию. При изучении совместной работы монолитных фундаментов и грунтового основания обоймы предварительно бетонируют в небольших блоках, которые после закрепления датчиков устанавливаются в требуемых зонах. Для избегания влияния напряжений, появляющихся в бетоне при

твердении, боковая поверхность датчика покрывается материалом с низким модулем упругости.

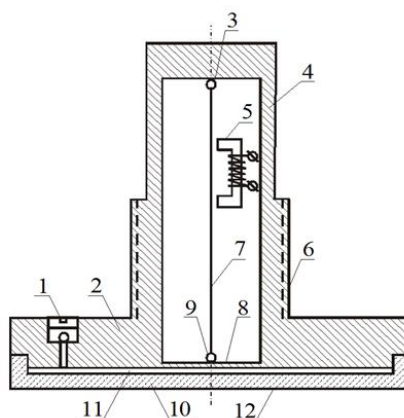


Рис. 4. Схема датчика напряжений:

1 – заливное отверстие; 2 – кожух; 3 – струнодержатель; 4 – защитный кожух;
5 – электромагнит; 6 – резьба; 7 – струна; 8 – мембрана; 9 – струнодержатель;
10 – внешняя мембрана; 11 – гидравлическая полость; 12 – контактная площадка

Существуют конструкции датчиков, в которых применяются не струнные, а тензорезисторные преобразователи, которые прикрепляются к упругому элементу. Такие датчики имеют сравнительно малые размеры и используются при экспериментальном моделировании во время динамических и статических испытаний.

На практике также применяют комбинированный датчик. Он способен измерять как нормальные, так и касательные напряжения в грунтовом основании. Схема такого датчика приведена на рис. 5. В работе комбинированного датчика лежит принцип, аналогичный предыдущим. Давление грунта N по нормали воздействует на рабочую диафрагму датчика. Деформации диафрагмы при помощи наклеенного в центре ее внутренней поверхности тензорезистора TR преобразуются в электрический сигнал, пропорциональный нормальному давлению грунта. Также на внутренней поверхности кожуха находится пластина с наклеенным на нее компенсационным тензорезистором TR_k , который компенсирует все температурные воздействия.

Возникающие в горизонтальном и вертикальном направлениях сдвиговые усилия Q вызывают силы трения на поверхности диафрагмы, которые деформируют упругий элемент, жестко закрепленный в корпусе прибора. При этом тензорезисторы TR_1 и TR_2 воспринимают вертикальное касательное усилие, а тензорезисторы TR_3 и TR_4 – горизонтальное усилие. Указанный датчик способен по отдельности определять нормальные и касательные напряжения в грунтовом основании в пределах всей активной зоны.

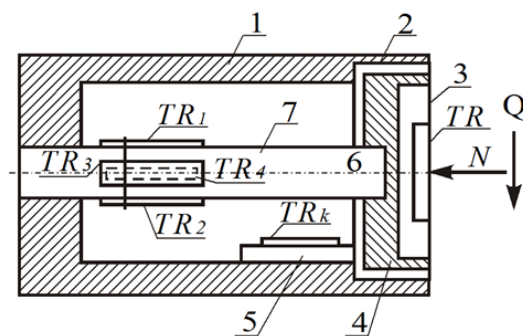


Рис. 5. Схема датчика для измерения нормальных и касательных напряжений:
 1 – корпус; 2 – зазор; 3 – рабочая диафрагма; 4 – диафрагмы; 5 – пластина;
 6 – свободный конец упругого элемента; 7 – упругий элемент

За счет зазора диск диафрагмы, жестко закрепленный на свободном конце упругого элемента, способен свободно перемещаться относительно корпуса.

С помощью гидроусилителя тензометрический датчик способен с меньшими погрешностями определять сложное напряженное состояние грунта под подошвой фундамента. В датчике, изображенном на рис. 6, нормальное усилие P и поперечное усилие Q приложены к рабочей поверхности чувствительного элемента.

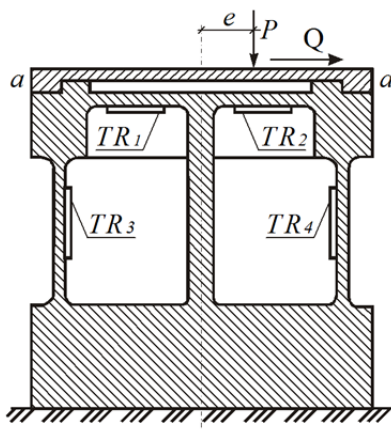


Рис. 6. Схема прибора для измерения нормальных и касательных напряжений в грунтах

Сила, действующая по нормали с эксцентриситетом, приводит к деформированию упругих элементов, с наклеенными на их внутренней поверхности тензорезисторами TR_1 и TR_2 . В свою очередь касательные усилия вызывают изгиб упругих тонких элементов, на которых установлены тензорезисторы TR_3 и TR_4 . Данная система способна определять эксцентриситет e , а также значения P , Q_y и Q_z .

С целью снижения всех вышеописанных погрешностей, авторами настоящей работы разработан принципиально новый, инновационный датчик для измерения активного давления в грунте, который обладает высокими техническими характеристиками. Датчик предназначен для измерения активного нормального давления, а также его приращения в грунте при строительстве и эксплуатации

различных уникальных зданий и сооружений, при проведении полевых, камеральных, лабораторных экспериментальных исследований и эксплуатации оснований и фундаментов указанных объектов в сложных инженерно-геологических условиях (см. рис. 7).

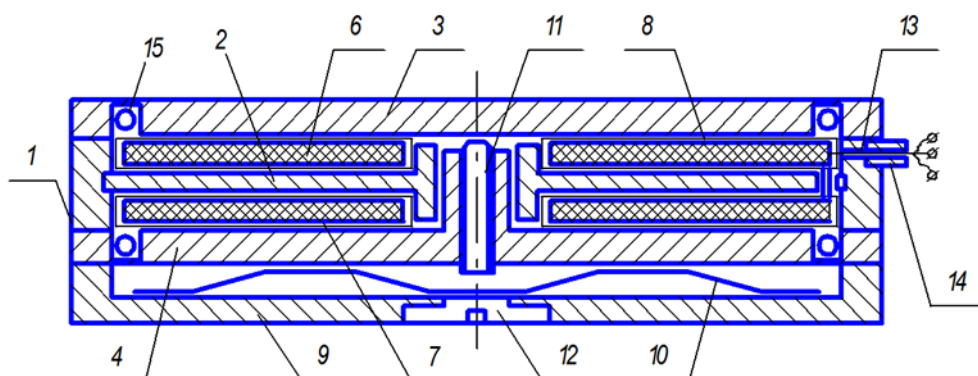


Рис. 7. Датчик для измерения давления в грунте:

1 – корпус; 2 – жёсткая перегородка; 3 – рабочий штамп; 4 – вспомогательный штамп; 5 – верхний пьезорезистор; 6 – нижний пьезорезистор; 7 – токосъёмные обкладки; 8 – изолирующие прокладки; 9 – нижняя крышка; 10 – плоская пружина; 11 – микровинт; 12 – заглушка; 13 – сальник; 14 – уплотнительный элемент; 15 – наполнитель

В рассматриваемом датчике активным элементом является пьезорезистор из активированного угля, жесткость которого сопоставима с жесткостью большинства грунтовых оснований в естественных условиях, что позволяет упростить конструктивную схему датчика и резко повысить его чувствительность и надежность при использовании в жестких полевых условиях в течении многих десятилетий, в ходе эксплуатации возведенных уникальных строительных объектов (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики датчика

Диапазон измеряемых давлений, МПа	0...0,5
Чувствительность, МПа	0,001
Модуль упругости, МПа	80...100
Коэффициент тензочувствительности	≥ 100
Геометрические размеры датчика, мм	
диаметр	24,0
высота	4,0
Диапазон рабочей температуры, С ⁰	-40...+50

В настоящее время конструкция рассматриваемого датчика защищена патентом на изобретение, а в лаборатории БИТИ НИЯУ МИФИ (филиал, г. Балаково) создан рабочий прототип данной системы измерения [5, 6], который был успешно использован

в полевых условиях для оценки НДС грунтового основания под крупноразмерными резервуарами, где показал надежные результаты.

Выводы.

1. Рассматриваемый в данной работе датчик обладает простой конструкцией, что дает возможность избежать использования дорогих материалов и компонентов, а также упростить технологию изготовления измерительных приборов данного рода. Данный аппарат обладает высокой надежностью и способен высокоточно определять напряженное состояние в различных грунтовых основаниях. С его помощью может также проводиться тарировка рассмотренных выше датчиков перед каждым единичным обследованием.

2. Размеры разработанного датчика могут изменяться до размеров соизмеримых с рабочей средой, в частности с зёрнами песчаного грунта, что позволяет планировать и выполнять широкомасштабные эксперименты не только на макро-, но и на микроуровне, при этом на практике возникнет реальная возможность более достоверно и с большей разрешающей способностью изучать фактический характер работы грунтов под различными объектами с минимальными искажениями и погрешностями, что позволит увеличить общий уровень эксплуатационной надежности возводимых объектов.

Литература

1. Землянский, А. А. Обследование и испытание зданий и сооружений / А. А. Землянский. – М.: АСВ, 2004. – 240 с.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва: Стандартинформ. – 2014.
3. РД ЭО 0462-03. Методика по обоснованию срока службы строительных конструкций зданий и сооружений атомных станций. – М: ОАО «Концерн Росэнергоатом». – 2015.
4. Патент 1478059 СССР, МПК G01L 9/04. Устройство для измерения давления в грунте: заявитель и патентообладатель: Саратовский политехнический институт. – № 4251383; заявл. 29.05.87; опубл. 05.07.89, Землянский А. А. – 4 с.
5. Патент 1673895 СССР, МПК G01L 9/06. Мессдоза для измерения давления: заявитель и патентообладатель Саратовский политехнический институт. – № 4731672; заявл. 24.08.89; опубл. 30.08.91, Землянский А. А. – 3 с.

6. Патент 2295118, МПК G01L 1/12. Магнитоупругий датчик: заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Саратовский государственный технический университет: № 2005140216/28; заявл. 22.12.05; опубл. 03.10.07, Землянский А. А. – 6 с.

УДК 691.32

Влияние заполнителей на физико-механические свойства легких бетонов

Магеррамова Инна Александровна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Дворядкина Полина Андреевна, студент направления «Строительство»

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

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

В данной статье рассматривается проблема влияния заполнителей на физико-механические свойства легкого бетона. Зависимость свойств бетона от качества и модуля крупности заполнителей.

В современном мире самым используемым материалом в строительстве является бетон. Из него строят дома, изготавливают строительные изделия и многое другое. Класс любого бетона во многом зависит от его физико-механических свойств. Эти свойства напрямую связаны со способом изготовления, а также зависят от качества материалов, входящих в его состав.

К основным характеристикам бетона относят его прочность при сжатии, деформационную способность, долговечность, морозостойкость, водонепроницаемость и истираемость. Также огромную роль в получении бетона необходимого класса, играет экономический фактор – себестоимость изготовления бетонной смеси [1-3].

В исследованиях, проводимых ранее, доказано, что при изготовлении бетонной смеси используют высокопрочные материалы, а в результате получается бетон в несколько раз менее прочный. Это получается из-за слабого сцепления зёрен заполнителей в монолитной бетонной смеси. Для лучшего сцепления зёрен в бетонной смеси необходимо знать все показатели качества составляющих.

К легким бетонам относят бетоны с объемным весом от 800 до 1800 кг/м³. В состав легкого бетона входят такие материалы, как цемент – вяжущее, мелкий

заполнитель – песок, вода – связующее, пенообразователь или газообразователь, а также различные виды добавок. Также к заполнителям для легкого бетона можно отнести: керамзит, различные виды шлаков, аглопорит, туф, керамзитобетон, шлакобетон, аглопоритбетон, туфобетон. Рассмотрим на примере такие составляющие бетона, как древесный заполнитель, который имеет различную природу, из него получается древесно-цементная композиция с добавлением песка, эта связка резко увеличивает число факторов, влияющих на физико-механические свойства аналогичных бетонов. В связи с этим появляются большие трудности в установлении закономерностей и зависимостей, связывающих исследуемые характеристики бетонов на древесно-стружчатых заполнителях [4, 5].

Такие факторы, как качество заполнителей, зерновой состав, вид и количество вяжущего и добавок, количество воды в бетонной смеси, а также укладки и уплотнения бетонной смеси сильно влияют на основные физико-механические показатели легких бетонов [2, 8].

Легкие бетоны на пористых заполнителях можно разделить на 4 группы: обычные легкие бетоны, изготавливаемые из вяжущего, воды, крупного и мелкого заполнителя, межзерновые пустоты которых полностью заполнены раствором; малопесчаные легкие бетоны, приготовляемые из вяжущего, воды, крупного и мелкого заполнителя, межзерновые пустоты которых заполнены раствором лишь частично; беспесчаные (крупнопористые) легкие бетоны с расходом вяжущего не более 300 кг/м^3 , в которых отсутствует мелкий заполнитель; поризованные легкие бетоны, состоящие из вяжущего, воды, кремнеземистого компонента, крупного заполнителя и порообразователя (рис. 1) [6].

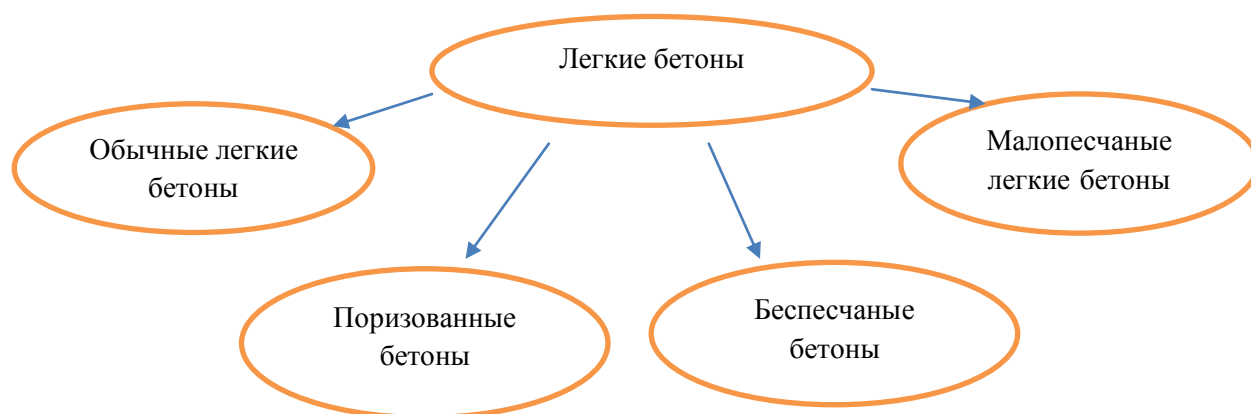


Рис. 1. Основные группы легких бетонов на пористых заполнителях

На прочность легкого бетона и его объемную массу имеет большое влияние зерновой состав и качество заполнителя (прочность и форма мелкого заполнителя

табл. 1). По сравнению с крупным заполнителем мелкий заполнитель обладает большей объемной массой и большей прочностью, чем крупный, поэтому при добавлении мелкого заполнителя в бетонную смесь объемная масса и прочность бетона повышаются (рис. 2) [7].

Таблица 1

Группы песка по модулю крупности

Группа песка	Модуль крупности, $M_{кр}$
Очень крупный	Свыше 3,5
Повышенной крупности	От 3,0 до 3,5
Крупный	От 2,5 до 3,0
Средний	От 2,0 до 2,5
Мелкий	От 1,5 до 2,0
Очень мелкий	От 1,0 до 1,5
Тонкий	От 0,7 до 1,0
Очень тонкий	До 0,7

Крупнопористые бетоны, которые состоят из пористого заполнителя, могут обладать меньшей объемной массой и меньшей прочностью [4].



Рис. 2. Виды мелкого заполнителя

При смешивании мелкого заполнителя с крупным прочность бетона повышается вместе с объемной массой. Исследованиями установлено, чем прочнее зерна заполнителя, имеющие более округлую и ровную поверхность, тем меньше объемная масса бетона.



Рис. 3. Виды крупного заполнителя

С увеличением расхода вяжущего (цемента) прочность и объемная масса легких бетонов повышается в связи с увеличением в бетонной смеси наиболее прочного, но в свою очередь более тяжелого компонента – цементного камня.

Для получения экономичного и в некотором смысле легкого по расходу вяжущего бетонной смеси необходимо его получение на определенном зерновом составе заполнителя, который смог бы обеспечить бетон определенной прочности, но с наименьшим расходом вяжущего. Из исследований многих авторов можно сделать вывод, что наименьший расход вяжущего может быть при определенных соотношениях между мелкими и крупными фракциями и небольшой массой средних фракций заполнителя.

Литература

1. Попов, К. Н. Оценка качества строительных материалов: учебное пособие / К. Н. Попов, М. Б. Каддо, О. В. Кульков. – 3-е изд., стер. – М.: Студент, 2012. – 287 с.
2. Дерябин П. П. Эффективные строительные материалы из ячеистых бетонов: учебное пособие / П. П. Дерябин. – Омск: СибАДИ, 2020. – 163 с.
3. Влияние свойств мелкого заполнителя на качество бетона: [сайт]. – URL: <file:/vliyanie-svoystv-melkih-zapolniteley-na-kachestvo-betona.pdf>. (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.
4. Оценка физико-механических свойств пористых заполнителей: [сайт]. – URL: <file:/otsenka-fiziko-mehnicheskih-svoystv-poristyh-zapolniteley-dlya-legkih-betono.pdf>. (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.
5. Оценка физико-механических свойств бетона: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-fiziko-mehnicheskih-svoystv>. (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.
6. Технология бетона и изделий из него: [сайт]. – URL: http://technology-jbi.ru/legkiy_beton_na_poristih_zap (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.
7. Модуль крупности песка: [сайт]. – URL: <https://tehstroy-oz.ru/модуль-крупности-песка> (дата обращения: 02.04.2021). – Текст: электронный.
8. Маилян, Л. Р. Легкий бетон на основе пенополиамидбетонной композиции / Л. Р. Маилян, Т. А. Голова // Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 7. – № 1. – С. 70-75.

**Расчёт балок с учётом физической нелинейности в полных функциях
методом Ритца-Тимошенко**

Паницкова Галина Васильевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

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

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

В статье изложены основные принципы расчёта физически нелинейных балок в полных функциях методом Ритца-Тимошенко. Рассматривается аппроксимация экспериментальной диаграммы деформирования и её виды. Представлены полученные результаты аппроксимации диаграммы деформирования малоуглеродистой стали методом оцифровки.

Необходимость в аппроксимации экспериментальных диаграмм деформирования конструкционных материалов возникла для более точных расчётов с учётом пластических деформаций. Такое требование сформулировано в строительных нормах и правилах (СНиП) [1, 2].

Оценка НДС-конструкций из линейно упругого или нелинейно деформируемого материала в условиях сложного напряжённого состояния является сложной задачей. Для упрощения её решения зависимость между интенсивностью напряжений σ_i и интенсивностью деформаций ε_i в любой точке элемента конструкции можно принять аналогичной зависимости при простом одноосном растяжении (сжатии) этого же элемента. Полученные экспериментальные данные деформаций аппроксимируются различными математическими моделями, определяющими точность аппроксимации. Математические модели должны учитывать главные особенности исходных моделей конструктивных элементов [1, 2].

В настоящее время существуют следующие виды аппроксимаций [2]:

1. Степенная зависимость Бюльфингера:

$$\sigma_i = A\varepsilon_i^k, \quad (1)$$

где A – постоянная; k – показатель степени.

Аппроксимация используется для аналитического описания опытных зависимостей для многих материалов из-за простоты и соответствия данным этих материалов (рис. 1).

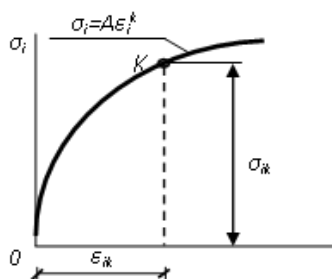


Рис. 1. Аппроксимация степенной зависимостью Бюльфингера

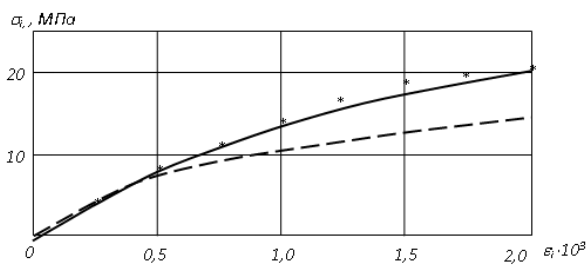


Рис. 2. Аппроксимация гиперболической зависимостью бетона (точки – экспериментальные значения, сплошная линия – аппроксимирующая зависимость)

2. Гиперболическая зависимость Тимошенко:

$$\sigma_i = \frac{\varepsilon_i}{a + b\varepsilon_i}. \quad (2)$$

Аппроксимация даёт точное приближение с учётом ограниченного диапазона деформирования конкретного конструкционного материала (рис. 2).

3. Зависимость Соколовского:

$$\sigma_i = \frac{\varepsilon_i}{\sqrt{1 + (\varepsilon_i/t)}}, \quad (3)$$

где $t = E_0/\sigma_s$; E_0 – начальный модуль упругости, σ_s – предельное значение напряжения, которое зависит от вида экспериментальной диаграммы деформирования.

4. Комбинированная степенная зависимость:

$$\sigma_i = E\varepsilon_i + m\varepsilon_i^n \quad (4)$$

где E, m – экспериментальные значения; n – значение, получаемое подбором.

Зависимость находит широкое применение при расчёте нелинейно деформируемых конструкций.

5. Комбинация степенной и тригонометрической зависимости.

Зависимость даёт достаточно точно аппроксимировать экспериментальную кривую деформирования во всём диапазоне $0 \leq \varepsilon_i \leq \varepsilon_{i\max}$ (рис. 3).

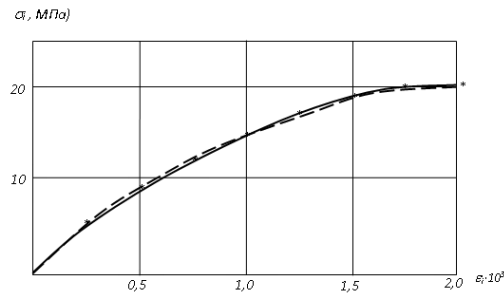


Рис. 3. Аппроксимация комбинацией степенной и тригонометрической зависимости

6. Аппроксимация кубическими сплайнами. Сплайн аппроксимирует экспериментальную диаграмму несколькими полиномами, соединяющими узлы или заданные точки. Полиномы подбираются таким образом, чтобы обеспечить гладкую стыковку полиномов в узлах.

Аппроксимация широко применяется при расчёте пластин и оболочек.

7. Оцифровка экспериментальной диаграммы деформирования. Экспериментальные диаграммы деформирования оцифровываются в виде численных массивов, обращение к которым позволит для заданной величины интенсивности деформаций получить значение секущего и касательного модулей.

Важное значение выбора аналитической зависимости, аппроксимирующей экспериментальную диаграмму деформирования, имеет при расчёте балок из нелинейно деформируемого материала. Расчёт таких балок методом Ритца-Тимошенко основан на использовании полной потенциальной энергии деформируемого тела:

$$\mathcal{E} = V - A, \quad (5)$$

где V – потенциальная энергия деформации; A – работа внешних сил.

Удельная потенциальная энергия деформации для несжимаемого тела:

$$dV = \int_0^{\varepsilon_i} \sigma_i(\varepsilon_i) d\varepsilon_i. \quad (6)$$

Учитывая данное выражение и работу внешних сил можно получить формулу для полной потенциальной энергии тела.

При аппроксимации $\sigma_i = E\varepsilon_i + m\varepsilon_i^3$ ($\varepsilon_i = -z^2\omega$):

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2}EI_y \int_0^l (w'')^2 dx - \frac{1}{4}mI_n \int_0^l (w'')^4 dx - \int_0^l q(x)w dx. \quad (7)$$

Прогиб балки при разложении в ряд:

$$w(x) = \sum_{n=1}^n K_n \varphi_n(x), \quad (8)$$

K_n – обобщённые координаты; $\varphi_n(x)$ – аппроксимирующие функции, которые должны удовлетворять геометрическим граничным условиям и быть линейно независимыми.

Идея метода Ритца-Тимошенко заключается в том, что первая вариация полной потенциальной энергии в состоянии устойчивого равновесия равна нулю:

$$\delta\mathcal{E} = 0 \rightarrow \delta\mathcal{E}(K_n) = 0. \quad (9)$$

Данный подход даёт возможность перейти к решению нелинейных алгебраических уравнений. Так, в первом приближении:

$$\frac{\delta\mathcal{E}}{\delta K} = 2f_1K - 4f_2K^3 - f_3 = 0. \quad (10)$$

Из выражения можно определить прогиб балки w , нормальное напряжение σ_i , значение секущего $E_s = \sigma_i/\varepsilon_i$ и касательного $E_k = d\sigma_i/d\varepsilon_i$ модулей для всех возможных состояний устойчивого равновесия.

Точность решения зависит от выбора аналитического выражения, аппроксимирующего экспериментальную диаграмму деформирования.

Точность аппроксимации экспериментальной диаграммы деформирования и сама аппроксимация рассматривалась практически оцифровкой данных. Рассматривалась диаграмма деформирования малоуглеродистой стали (рис. 4.) с содержанием углерода менее 1 % при плоском напряжённом состоянии с соотношением $\sigma_1/\sigma_2 = 1,5$ при температуре окружающей среды $-100\text{ }^\circ\text{C}$ [3].

По данной диаграмме составлялся массив координат её точек и с помощью программы Excel строился график (рис. 5). Полученный график аппроксимировался трендом в виде полиномиальной функции. При различных степенях полинома была получена достоверность аппроксимации в % (рис. 6 – 10): при 2-ой – 42,5 %; 3-ей – 67,9 %; 4-ой – 79,5 %; 5-ой – 87,5 %; 6-ой – 92,5 %. Полученные результаты свидетельствуют, что с увеличением степени полинома возрастала и достоверность аппроксимации.

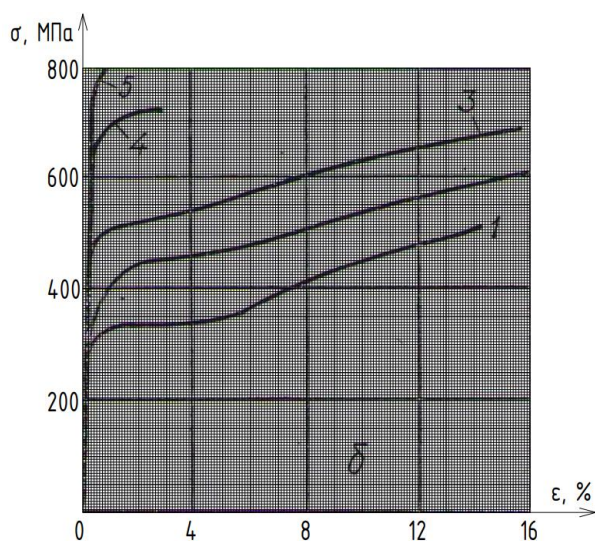


Рис. 4. Исходная диаграмма деформирования стали

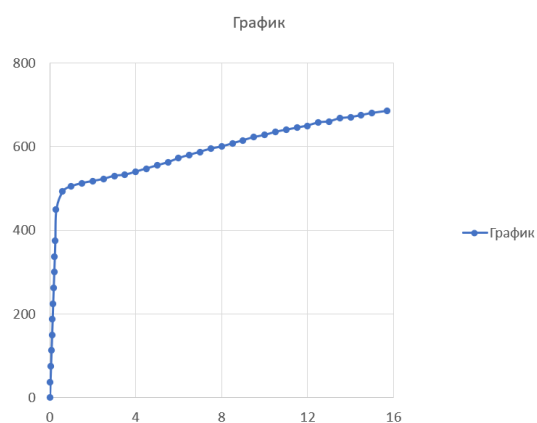


Рис. 5. Построенная диаграмма в Excel

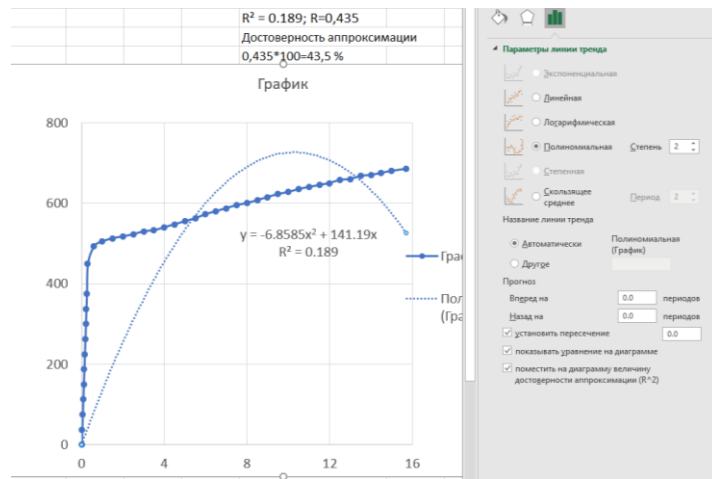


Рис. 6. Аппроксимация полиномиальной зависимостью второй степени

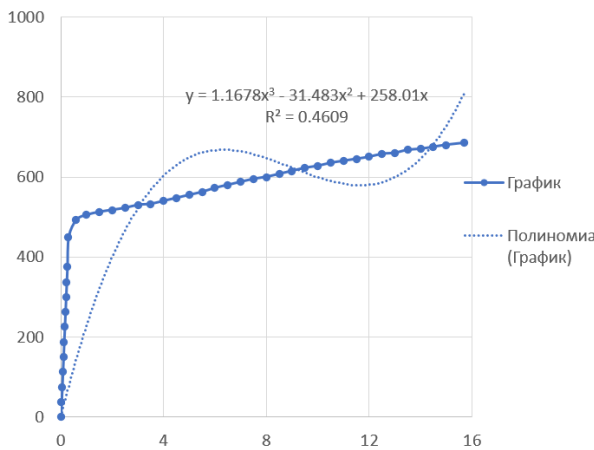
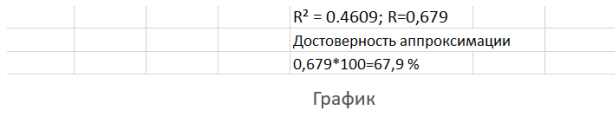


Рис. 7. Аппроксимация полиномиальной зависимостью третьей степени

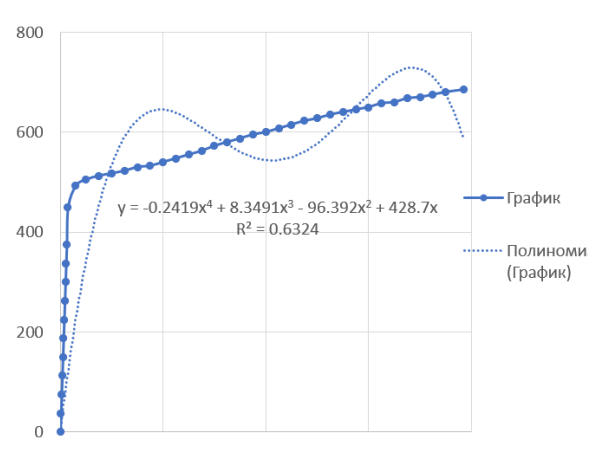
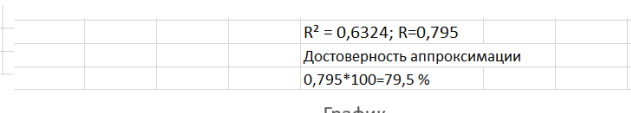


Рис. 8. Аппроксимация полиномиальной зависимостью четвертой степени

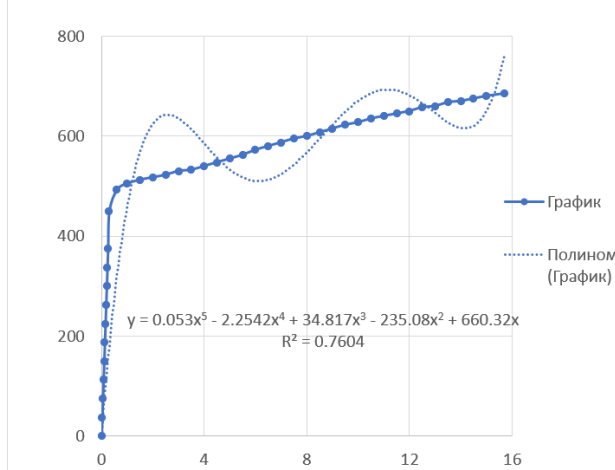
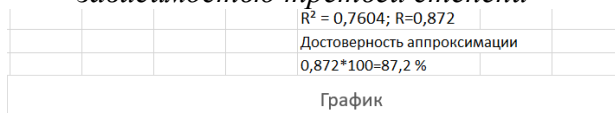


Рис. 9. Аппроксимация полиномиальной зависимостью пятой степени

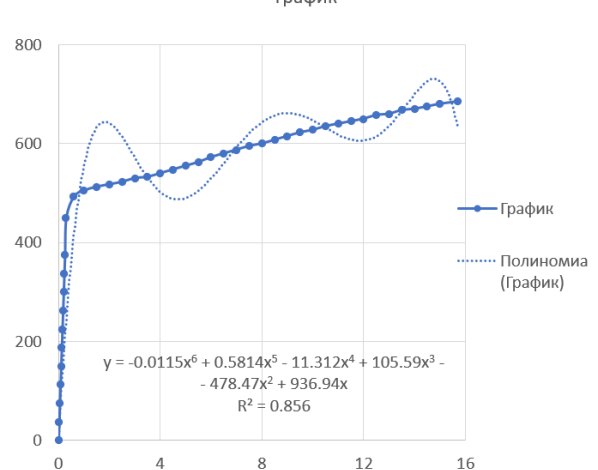
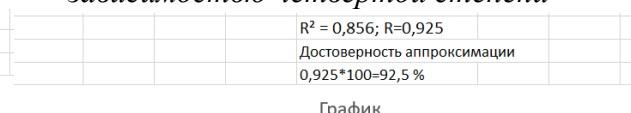


Рис. 10. Аппроксимация полиномиальной зависимостью шестой степени

Таким образом, учёт нелинейности даёт возможность производить более точные расчёты конструктивных элементов, и, как следствие, получить экономию материала. Точность расчётов определяется выбранной моделью аппроксимации, а также её видом математического представления.

Литература

1. Петров, В. В. Нелинейная строительная механика: учебное пособие / В. В. Петров. – Саратов: Саратовский гос. технический ун-т, 2015. – 160 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008239745> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

2. Петров, В. В. Методы расчета балок, пластин и призматических оболочек из нелинейно-деформируемого материала: учебное пособие / В. В. Петров, И. В. Кривошеин, П. В. Селяев. – Саранск: Морд. гос. ун-т, 2009. – 164 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/02000007126> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

3. Механические свойства конструктивных материалов при сложном напряженном состоянии: справочник / А. А. Лебедев, Б. И. Ковальчук, Ф. Ф. Гигиняк, В. П. Ламашевский – Киев: Наук. думка, 1983. – 366 с.: [сайт]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001171265> (дата обращения: 18.04.2021). – Текст: электронный.

УДК 72

Архитектурно-художественное убранство в наследии усадебных ансамблей XIX века в Балаково

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

Преемственное развитие ансамблей исторического города является одной из важнейших форм охраны ценного архитектурного наследия, поскольку любое здание, будь то памятник архитектуры или элемент исторической среды, фрагмент

планировочной композиции, становясь органичной частью завершенной композиции, обретает объективное право на постоянное участие в формировании облика города (рис. 1). Гармония композиционно-пространственных связей завершенного ансамбля обеспечивает максимальное раскрытие всех художественных качеств исторических зданий и сооружений. Преимущество развития каждого архитектурного ансамбля является важнейшим каналом передачи градостроительных и архитектурных традиций и влияет на формирование облика новых зданий в реконструируемых районах как элементов сложившейся архитектурной системы, закрепляющих и развивающих сохранившиеся историческими формами красоту, гармонию и выразительность города.

Преобладание в историческом центре Балаково сплошной ансамблевой застройки и градостроительных комплексов является замечательным отличием местной архитектуры. Наибольшую ценность представляют домовладения богатых купцов, сложившиеся как целостные ансамбли кирпичного стиля конца XIX века жилых и хозяйственных построек из красного кирпича (дома, флигели, брандмауэры, лавки, лабазы, подвалы, конюшни, каретные сараи, бани, погреба и прочие строения). Усадьбы имеют высокие кирпичные ограды, богато декорированные металлическими решетками с деревянными профилированными воротами. Высокие кирпичные глухие брандмауэры разделяют дворные места друг от друга. На улицу обычно выходил главный дом и флигель, лавка или другое помещение торгово-складского назначения, плотной стеной формировался общий фасад усадьбы из единого материала с помощью кирпичной ограды с металлическими решетками на столбах. Застройка формировалась по красной линии, то есть выходила фасадами непосредственно на тротуары. Такой градостроительный прием характерен для периода историзма, но в Балаково он сохранялся и позже.

В 1860 году в Балаково появился первый кирпичный завод (рис. 2), в этот период начинается кирпичное строительство отдельных жилых домов, которые выполнялись в формах русского классицизма с элементами барокко. Исторические строения сохранили оштукатуренные фасады с гипсовыми элементами убранства фасадов. Конец XIX века ознаменован ростом производства кирпичных заводов до шести (рис. 3). Происходит бум кирпичного купеческого строительства. Работают семь кирпичных заводов, которые выполняют выпуск кирпича по заказам под определенный объект по индивидуальным чертежам раскладки, с выполнением качественного облицовочного кирпича, не требующего штукатурки и фигурного кирпича сложных архитектурных форм для убранства фасадов. Богатое купечество строит в усадьбах в кирпиче не только жилые дома, но и другие усадебные строения и элементы благоустройства: флигели, лавки, ворота, калитки, ограды, каретники, конюшни, бани, лабазы, склады, кладовые и инженерные сооружения (водонапорные башни, тепловые

пункты), брандмауэры. Комплексная единовременная кирпичная усадебная застройка имеет многообразные формы и выражает специфику балаковской рациональной архитектуры.

На рубеже XX века кирпичные заводы по заказу архитекторов выполняли резные формы как из красного, так и белого облицовочного кирпича, облицовочную цветную плитку и отдельные архитектурные элементы и формы. В начале XX века строятся из кирпича в стиле модерн городские усадьбы, отдельные строения, особняки, каретники.

Кирпичный стиль – одно из рациональных течений (рис. 4) в архитектуре России конца XIX века, на смену недолговечной и непрочной штукатурки в строительную практику приходит новый способ отделки фасадов, простой и практичный. При возведении здания поверхность кладки стали либо оставлять обнаженной, либо облицовывать качественным кирпичом. На замену трудоемким лепным украшениям приходит рациональный декор из фигурного кирпича. Использование полихромного кирпича, изразцов, терракотовых вставок, природного камня обогащало художественные возможности зодчества. Ярким примером, характеризующим развитие кирпичного стиля с конца XIX века, является историческая архитектура историзма усадьбы купцов старообрядцев Мальцевых, самая крупная из купеческих усадеб города, где построены из единого материала жилые строения, конюшни, каретные и гостиные корпуса лабазы, подвалы, погреба, брандмауэры, ворота и разнообразные ограды. Внешние кирпичные высокие рельефные ограды имеют завершения в виде богато декорированных металлических решеток. Внутренние высокие кирпичные брандмауэры отделяют дворовые места друг от друга. На улицу плотной стеной формировался общий фасад усадьбы.

Усадьба купца Анисима Мальцева. Самая крупная из исторических купеческих усадеб Балаково. Этот историко-градостроительный комплекс – региональный памятник градостроительства и архитектуры русской ветви старообрядства, поставленный на государственный учет и охрану МК РФ (акт № 1595 от 23.03.1995). Архитектурно-планировочная, функциональная организация усадьбы, а также её архитектурно-художественное решение выполнены основательно. Все продумано до мелочей. По архитектуре прослеживается яркая картина исторических действий. Открываются ворота, въезжают на обширный парадный двор купеческие кареты и возы с товарами, распрягаются лошади, отводятся в конюшни. Возы досматриваются приказчиками. Товары разгружаются в определенные складские ячейки. Кареты размещаются в каретной, купцы располагаются на отдых в номерах гостиного корпуса.

Вечером производится купчая. Сделка купцов с хозяином закрепляется в «чайном домике» за рюмкой водки в прохладе липового сада. Закрепленная в постройках жизнь купцов-старообрядцев раскрывается только изнутри, она тщательно скрывается и защищается от внешнего мира с помощью высокой, мощной кирпичной внешней ограды и кирпичной стены брандмауэра, отделяющего сад от хозяйственного двора. Под домами размещались глубокие подвалы, из которых с помощью подземного хода осуществлялась связь с другими мальцевскими усадьбами, церковью и северным берегом реки Балаковки, что объясняется необходимостью защиты староверов от нападений со стороны кочевников. Амбары, склады, подвалы и собственный водопровод обеспечивали замкнутую от внешнего мира жизнь усадьбы. В целом усадебный комплекс представлял собой высокий образец градостроительной культуры.

К концу XIX века усадьба представляла собой замкнутый градостроительный комплекс, состоящий из 13 кирпичных строений и 4-х внутренних дворов, окруженных оградами парадного двора, липового сада, конюшенного и хозяйственного дворов. Представительский вид архитектуры усадьбы формируется не только ансамблями уличных фасадов, но и сопутствующими средовыми элементами убранства. Это ограды, ворота, калитки, декоративные решетки, столбы коновязи, водостоки, кронштейны для фонарей и др.

Особенности архитектурно-художественного убранства разделяются в зависимости от материала: кирпича, дерева, металла и сочетаний из них, а также по стилевым признакам и времени строительства. Жилые дома усадьбы Анисима Мальцева имеют убранство фасадов в соответствии с изменением стилевых периодов: самый яркий дом Михаила Мальцева (1850-1860 г.) несет черты русского классицизма – оштукатуренный фасад украшен белыми гипсовыми деталями.

В середине XIX века закладывается липовый сад с садовой металлической оградой и строится летний павильон «чайный домик» в саду, который имеет убранство в духе русского классицизма.



Рис. 1. Главный фасад дома Михаила Мальцева. Середина XIX века. Фото 2020 г.

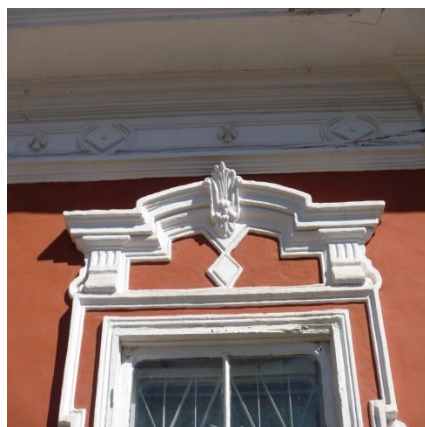


Рис. 2. Архитектурное убранство оконных проемов дома Михаила Мальцева в русском стиле с гипсовой лепниной. Середина XIX в. Фото 2020 г.



Рис. 3. Летний деревянный павильон. Середина XIX века. Фото 2020 г.

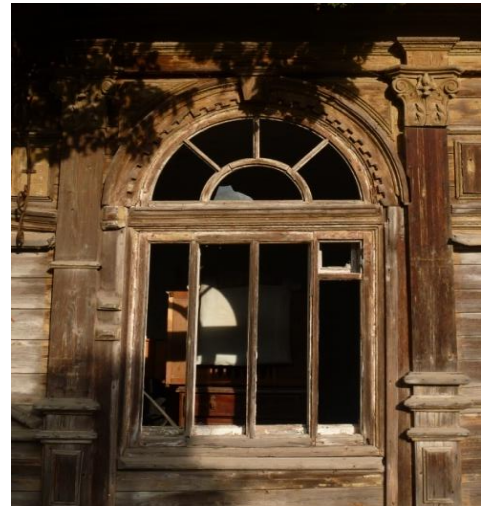


Рис. 4, 5. Деревянный летний павильон в липовом саду – чайный домик – элементы классики: капитель пилястры, арочный импост окна. Фото 2020 г.

В липовом саду, хотя деревья не сохранились, сохранился летний павильон (рис. 3, 4, 5), архитектура которого выполнена в традициях русского классицизма. Здание павильона – деревянное, одноэтажное, прямоугольное. Павильон имел торжественный вход, что подчёркивает сохранившийся навес полукруглой формы на чугунных литых кронштейнах. Боковой фасад имел один оконный проём, главный фасад имел три оконных и один дверной проём. Проёмы павильона – большие полуциркульные арки, обрамлённые пилястрами сложного ордера. Углы фасадов обрамлены пилястрами такого же ордера. Садовая ограда (рис. 6, 7) состоит из стены – кованной ажурной ограды, несущим элементом которого являются декорированные наборные каменные столбики.



Рис. 6, 7. Металлическая внутренняя ограда липового сада. Руины кладки. Середина-конец XIX в. Фото 2020 г.

Территория липового сада имеет ограду, заслуживающую особо внимания, ограда фланкирована наборными фигурными столбами, между которыми на невысоком цоколе располагается металлическая решетка (рис. 7) с растительным узором. Литье выполнялось в Балаково на заводе Якова и Ивана Маминых.

Цветовая характеристика рассматриваемых строений включает красновато-розовый оттенок облицовочного кирпича, белые обводы проемов и черный металл навесов, решеток, кронштейнов.

В конце XIX века эпоху историзма строятся в едином материале-кирпиче: дом Анисима Мальцева по ул. Советской, каретный сарай и гостевой корпус в парадном дворе (рис. 8), конюшни, брандмауэры и ограды, выдержанные в духе ренессансного стиля.



Рис. 8. Парадный двор усадьбы Анисима Мальцева. Конец XIX в.

Немногочисленные сохранившиеся ограды из кирпича на улице Новоузенской (ныне Ленина), снабженные ажурными металлическими верхними решетками, представлены, в основном, на нечетной стороне улицы. Декоративный рисунок литых чугунных решеток оград часто повторяется. Самой значительной и ценной является ограда из чугуна литья усадьбы Анисима Мальцева. Наиболее ценными архитектурно-художественными элементами, сопутствующими балаковской исторической архитектуре, являются малые формы и элементы из металла: чугунное литье с разнообразными живописными растительными и геометрическими орнаментами и рисунком.



Рис. 9. Внешняя стена – кирпичная ограда с металлической решеткой усадьбы А. Мальцева по ул. Ленина. Элементы: рустованная ограда; калитка в ограде; ажурная металлическая решетка и кронштейн для фонаря

Брандмауэр – высокая кирпичная стена внутри усадьбы, разделяющая все дворовые пространства друг от друга (рис. 10). Кладка брандмауэра выполнена с декоративными архитектурно-художественными формами в виде античных ложных полуциркульных арок, с замковым камнем в итальянском вкусе.



*Рис. 10. Брандмауэр, отделяющий липовый сад от хозяйственного двора
Вверху: общий вид, внизу фрагмент модуля стены с рельефом арочной ниши;
металлический фигурный кронштейн для фонаря. Элементы несут черты стиля
ренессанса*

На брандмауэре имеются металлические декоративные кронштейны, предназначенные для размещения фонарей. Плоскость брандмауэра помимо своей основной противопожарной функции, разграничивает территорию усадьбы на изолированные зоны. Дополняют композицию выступающие из фронта красной линии декоративные металлические навесы входов в здания на металлических фигурных колоннах и кронштейнах. Уцелевшие навесы над входом многих памятников представлены разнообразным по исполнению и рисунку декоративным чугунным литьем. Сохранились и другие малые формы из чугуна: металлические львы у входа в усадьбу Ермилина; металлические фонари, водостоки, флюгера, разнообразные столбы, фигурные стойки и вывески.

Литье выполнялось на заводах Якова и Ивана Маминых с конца XIX – начала XX века.

В арсенале ценных исторических приемов балаковской архитектуры, её градостроительных ансамблей, фасадов улиц играют большую роль архитектурно-художественные малые формы, определяющие влияние столичных стилевых черт на её формирование.

Литература

1. Ранинский, Ю. В. Историко-теоретические основы преемственности в развитии архитектурного ансамбля / Ю. В. Ранинский. – М., 1981.
2. Попова, Н. А. Архитектурное наследие степного края Заволжья / Н. А. Попова. – Саратов, 2014. – 228 с.
3. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н. А. Попова. – Саратов, 2008. – 245 с.
4. Деревянченко, А. А. У реки великороссов / А. А. Деревянченко. – Балаково, 1994. – 277 с.
5. Власов, В. Г. Стили в искусстве. Словарь. Архитектура, графика, декоративное искусство, живопись, скульптура / В. Г. Власов. – СПб., 1995. – С. 274.

УДК 72

Мониторинг 2020 состояния памятника архитектуры и градостроительства усадьбы Анисима Мальцева. Архитектурный анализ состояния жилых строений

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, почётный архитектор России,
почетный член РААСН, профессор кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»;

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

Статья содержит результаты мониторинга состояния и архитектурного анализа построек и средовых объектов усадьбы купцов Мальцевых, регионального памятника архитектуры и градостроительства XIX в.

В процессе натурного обследования летом 2020 выполнена глазомерная, описательная фиксация и фотосъемка жилых строений усадьбы, на основании чего были выполнены новые паспорта этих памятников.



Рис. 1. Усадьба Анисима Мальцева. Фасад дома Михаила Мальцева и главные въездные ворота в усадьбу

Памятник усадьба Анисима Мальцева (рис. 1) расположен в историческом центре города Балаково и занимает квартал по ул. Ленина между ул. Советской и ул. Пролетарской. Как градостроительный комплекс он состоит из 13-ти строений и 4-х внутренних дворов: главный – парадный, конюшенный, хозяйственный и липовый сад. Дворы застроены сплошной застройкой, которая формирует замкнутую композицию дворов, в композиции участвуют внутренние разделяющие кирпичные стены брандмауэры и внешние кирпичные ограды.

К основной жилой функциональной зоне относятся жилые строения: первый дом отца семейства Михаила Трофимовича Мальцева (середина XIX); второй дом старшего сына Анисима Мальцева (конец XIX); третий дом – пристройка Екатерины, дочери Анисима Мальцева (начало XX); флигель (конец XIX). Все жилые строения раскрыты на ул. Советской и Ленина. Это боковой фасад дома Михаила Мальцева, фасад дома Екатерины Мальцевой, фасад Анисима Мальцева и фасад флигеля. До современного времени сохранился первоначальный вид с некоторыми утратами деталей фасада на ул. Ленина. Дом имеет многочисленные перестройки. Выполнена перепланировка внутреннего пространства, в результате чего утрачена часть перегородок, часть печей и лепнины потолка.

Первый этап строительства был начат еще в середине XIX века купцом Михаилом Трофимовичем Мальцевым, который построил первый одноэтажный дом на

углу ул. Новоузенской (Ленина) и ул. Никольской (Советской). Архитектура первого дома усадьбы (рис. 2); представляет собой спокойную уравновешенную композицию, характерную для зодчества середины XIX века. Дом имеет один высокий этаж с подвалом, с четырехскатной вальмовой крышей. Убранство фасада первого дома выполнено в духе русского классицизма [1]: прямоугольные окна; профилированные пилястры [2], делящие фасад на части; карниз с фризом. Все выступающие архитектурные элементы фасадов – белые на фоне цветной гладко оштукатуренной стены.

Следующий период развития усадьбы – конец XIX века – период владения ею купцом-старообрядцем (старостой Белокриницкой старообрядческой общины) Анисимом Мальцевым. При нём она получила большую часть своих построек и приобрела вид, дошедший до нас. В этот период были построены второй жилой дом, Архитектура первого дома усадьбы.

Второй дом усадьбы А. Мальцева представляет собой двухэтажное здание из красного кирпича с пологой четырехскатной крышей (рис. 2). Главный протяженный фасад расположен на ул. Советской. Решение дома включает деление в плане на три части, западную – почти квадратную в плане, среднюю – включающую объем лестницы и каретной и вытянутую в плане восточную часть. Угловые завершения дома и центральный вход в него выделены с помощью раскреповок и венчающих их лучковых фронтонов, каждый ризалит имеет по одному проему первого и второго этажа.



Рис. 2. Мониторинг состояния фасадов: Вверху – фасады дома М. Мальцева; фасад дома Екатерины Мальцевой; дом А. Мальцева и флигель. Фото автора 2020 г.

Второй дом Анисима Мальцева – самая крупная постройка усадьбы конца XIX в., выполненная в формах историзма и использующая архитектурные черты позднего ренессанса (фасад дома). Это двухэтажное кирпичное здание с четырехскатной крышей имеет глубокий подвал, ледник и подземный ход, ведущий к церкви и за реку Балаковку. Имеет два входа с улицы и один со двора. Входы не сохранили металлические навесы на декоративных кронштейнах из чугунного литья на фасаде ул. Советской, а сохранился только на входе со двора.

Нижний этаж второго дома рустован.

Третий дом, Екатерины Мальцевой-Меркурьевой, построен в начале XX века и выполнен в формах неоклассицизма с элементами модерна. Это здание, объединяющее первый дом со вторым в виде «вставки», представляет собой одноэтажный объем, с главным фасадом на ул. Никольскую (Советскую). Это П-образный в плане одноэтажный объем. Выступающие ризалиты находятся на одной линии с фасадами главного и второго домов, а основной объем отступает вглубь. Ризалиты имеют в центре трехчастную композицию: ниша – окно – ниша, обрамлённые наличниками.



Рис. 3. Третий дом Екатерины Мальцевой

Флигель представляет собой двухэтажное кирпичное здание в форме параллелепипеда с пологим четырехскатным покрытием.

Один главный фасад раскрыт на ул. Советской и второй фасад раскрыт внутрь двора. Выделяется угловое решение пересечения этих фасадов в виде раскреповок, которые имеют традиционное верхнее завершение в виде парапета, уступчатого фронтона лучковой формы. Архитектурное оформление фасада и оконных проемов идентично главному фасаду второго дома. По низу идет простой наличник, с 3-мя уступами, переходящий в верхнее прямоугольное обрамление клинчатой кладкой, переходящий в прямолинейный уступчатый сандрик. В центре этой части

располагается высокий клинчатый замковый камень. На главном фасаде по два окна на каждом этаже. В простенках главного фасада выполнены ниши. Восточный угол украшен лопаткой с фигурными элементами кладки на верхнем этаже.

Нижний этаж рустован. Архитектурные элементы фасада стилизованы в духе историзма с использованием римских классических черт.

Литература

1 Бенсонов С.В. Бруно Н.И. История русской архитектуры. – М.: Стройиздат, 1956. – С.364.

2 Плужников В.И. Термины российского архитектурного наследия. – М.: Искусство, 1995. – С.108.

3. Попова, Н. А. Архитектурное наследие степного края Заволжья / Н. А. Попова. – Саратов, 2014. – 228 с.

4. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н. А. Попова. – Саратов, 2008. – 245 с.

5. Деревянченко, А. А. У реки великороссов / А. А. Деревянченко. – Балаково, 1994. – 277 с.

УДК 72

Мониторинг 2020 состояния памятника архитектуры усадьбы Анисима Мальцева.

Архитектура производственно-хозяйственного назначения

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, Почетный архитектор России,

Почетный член РААСН, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Шилов Василий Алексеевич, студент направления «Строительство»

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

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

Статья содержит результаты мониторинга состояния и архитектурного анализа построек и средовых объектов усадьбы купцов Мальцевых, регионального памятника архитектуры и градостроительства XIX в.

В процессе натурного обследования летом 2020 выполнена глазомерная, описательная и фотофиксация строений усадьбы, на основании чего были выполнены новые паспорта этих памятников. В состав исследуемых объектов входят: гостиный корпус; каретная; конюшни, водокачка и производственный корпус.

Гостиный корпус (рис. 1) – здание прямоугольной формы, вытянутое с востока на запад. Первый этаж ячейковой планировки с помещениями складского назначения, каждая ячейка имела собственный вход. Проемы этого этажа чередуются последовательно: дверной, оконный.



Рис. 1. Гостиный корпус. Конец XIX в.



Рис. 2. Каретный корпус. Конец XIX в.

Дверные проемы более широкие, проемы лучковые, с наличниками и замковым камнем и навесным фонарем. Второй этаж коридорной планировки имел гостиничные и служебные помещения. Связь со вторым этажом осуществлялась посредством одномаршевой лестницы, расположенной в западном торце здания. Фасад имеет в боковых частях парные раскреповки, завершающиеся аттиковыми рельефными фронтонами лучковой формы.

В центре усадьбы располагается доминанта композиции усадебного комплекса – высокая четырехъярусная башня-водокачка, которая обслуживала одну из немногих артезианских скважин Балаково с высококачественной питьевой водой. Водокачка состоит из двух объемов: четырехэтажной прямоугольной в плане водонапорной башни и двухэтажного кубического объема хозяйственно-бытового назначения (мастерская, тепловой пункт, прачечная).



Рис. 3. Водонапорная башня. Хозяйственно-бытовой корпус. Конец XIX в.

Главный фасад башни расчленен на четыре яруса подоконными и междуэтажными тягами, углы фланкируют фигурные лопатки. В центре каждого яруса – оконный проем, облицованный наличниками и украшенный замковым камнем. На боковых фасадах окна чередуются с ложными окнами. Верхнее завершение выполнено в виде аттика с центральным лучковым фронтоном и двух тумб. На завершении западного и восточного фасадов имеется металлический фигурный парапет, который крепится на тумбах. Фасад двухэтажного объема хозяйственно-бытового корпуса, как и другие мальцевские строения, имеет традиционно повторяющиеся формы убранства. На первом этаже имеет три больших проема – окна традиционно лучковой формы с наличниками и замковым камнем. Второй этаж имеет три окна и лопатки по углам и между окнами, окна лучковые с сандриками. Верхний этаж отделен от нижнего междуэтажным поясом, состоящим из декоративной тяги.

Конюшня представляет собой двухъярусное кирпичное строение протяженное в плане с односкатным покрытием. Главный фасад раскрыт на конюшенный хозяйственный двор.

Нижний этаж использовался под помещение для лошадей, а верхний под сенохранилище и служебные помещения. Верхний ярус, его архитектурно-конструктивные элементы фасада сохранили свой первоначальный облик и можно судить об общей композиции постройки.



Рис. 4. Конюшенный двор усадьбы. Фасад конюшни

На центральной оси строения его 2-го яруса расположен прямоугольный дверной проем, облицованный кирпичным наличником. С двух сторон от него размещены 2 одинаковых простенка с рельефом ниши по низу, а затем 2 одинаковых прямоугольных оконных проема в раскрепованных плоскостях и облицованных уступчатыми наличниками, расширяющимися кверху. Второе окно от оси имеет просто облицовку наличником, что выявляет главную композиционную ось, проходящую через дверной проем 2-го яруса.

Нижний ярус также был построен согласно подчинению главной оси отдельных элементов. На главной композиционной оси первого этажа размещен простенок с симметричным расположением с двух сторон одинаковых квадратной формы окон (одно из них заложено) с клинчатой высокой перемычкой. Над окнами имеются отверстия. Далее через небольшой простенок размещены ворота, размер которого сейчас размещен. Над воротами имеется арочная ниша металлическим кронштейном для освещения. Сейчас размещены здесь трое ворот, в промежутке между которыми размещены попарно окна.

Конюшня входит в архитектурно-градостроительный комплекс помещицкой усадьбы А. Мальцева, памятника архитектуры периода конца XIX – начала XX века. На фасаде многие элементы утрачены. Например, ранее все раскреповки заканчивались лучковыми фронтонами, сейчас они утрачены. Выделяются двуглавые балки с металлическими фигурными кронштейнами для поддержания настила для загрузки сена. Второй ярус северного блока конюшни использовался для служебных целей, вход сюда осуществлялся с лестницы. Восточная и южная стены конюшни являются брандмауэрами. Фасады строений и ограды усадьбы оборудованы металлическими элементами: навесами над входами, решетками декоративных кронштейнов, штилями

из чугунного литья, представлены разнообразными по исполнению и рисунку. Литье выполнялось в Балаково на заводе Якова и Ивана Маминых.

Цветовая характеристика рассматриваемых строений включает красновато-розовый оттенок облицовочного кирпича, белые обводы проемов и черный металл навесов, решеток, кронштейнов.

Ансамбль усадьбы купца А. Мальцева представляет собой уникальный образец градостроительного усадебного комплекса, сложившегося в период историзма XIX века, является ярким примером высокой строительной культуры и выражает характерные черты кирпичного рационального стиля.

Литература

1. Попова, Н. А. Архитектурное наследие степного края Заволжья / Н. А. Попова. – Саратов, 2014. – 228 с.
2. Попова, Н. А. Балаково. Историко-архитектурное наследие / Н. А. Попова. – Саратов, 2008. – 245 с.
3. Деревянченко, А. А. У реки великороссов / А. А. Деревянченко. – Балаково, 1994. – 277 с.

УДК 624.04: 692.1

Оценка влияния свайных фундаментов проектируемого здания на деформации основания существующего производственного корпуса, расположенного в зоне влияния нового строительства

Редков Валерий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теория сооружений и строительных конструкций»

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

Приводятся результаты определения влияния свайных фундаментов проектируемого здания на фундаменты существующего производственного корпуса, расположенного в зоне влияния нового строительства. Для различных вариантов компоновки проектируемого здания получены значения дополнительных вертикальных осадок основания столбчатых фундаментов существующего корпуса. Результаты расчетов использованы при разработке проектной документации на строительство здания для новой технологической линии.

Одной из основных задач проектирования и строительства новых строительных объектов на территориях промышленных предприятий является экспертиза технического состояния строительных конструкций и оснований фундаментов существующих сооружений на предмет оценки их эксплуатационной надежности в новых геотехнических условиях. Влияние новых зданий, возводимых в непосредственной близости от существующих сооружений, может проявляться на различных стадиях строительства и эксплуатации в виде дополнительных неравномерных деформаций оснований и фундаментов существующих зданий, вызывающих повреждения их несущих конструкций.

Для обоснования строительства нового здания в условиях плотной промышленной застройки одного из промышленных предприятий г. Саратова было проведено обследование технического состояния несущих конструкций и грунтового основания части одноэтажного каркасного производственного здания с оценкой влияния свайных фундаментов проектируемого здания на деформации основания существующего корпуса, расположенного в зоне влияния нового строительства. Здание построено и введено в эксплуатацию в 2008 г. и эксплуатируется в соответствии с функциональным назначением.

Существующий промышленный корпус имеет сложное объемно-планировочное решение и включает несколько объемов разного размера в плане и по высоте, сблокированных в единый комплекс для технологической линии. Рассматриваемая часть корпуса на участке строительства нового корпуса имеет прямоугольную форму в плане с размерами в осях 21х228 м. По конструктивной схеме здание относится к одноэтажным производственным сооружениям каркасного типа с поперечными рамами из монолитных железобетонных колонн, столбчатых фундаментов и металлических ферм.

Стропильные металлические фермы СФ1 покрытия пролетом 21 м установлены с шагом 6,0 м. Фермы с параллельными поясами имеют уклон поясов 2 % и выполнены из гнуто-сварных профилей квадратного и прямоугольного сечения. Фермы опираются на железобетонные колонны через металлические подколонники НК1 из прокатных двутавров №30К1. По стропильным фермам смонтирован профнастил марки Н114-600-1,0 и элементы кровли.

Наружные стены здания из сэндвич-панелей толщиной 120 мм. Цокольные участки стен выполнены из кирпича и блоков ячеистого бетона.

Фундаменты основного каркаса здания – отдельные под железобетонные колонны каркаса, из монолитного железобетона. Основные фундаменты каркаса имеют

размеры подошвы 2400x3000 мм, высоту 2150 мм и 3150 мм. Отметка подошвы фундаментов – 2.500 и 3.700 м. На участке длиной 132 м в пролете корпуса выполнены 3 ряда фундаментов мелкого заложения с шагом 6 м для колонн наклонного перекрытия.

Обследованием существующего производственного корпуса установлено, что техническое состояние основной части несущих, ограждающих конструкций и фундаментов существующего корпуса – работоспособное.

Проектируемое одноэтажное производственное каркасное здание с металлическими колоннами и балками (фермами) покрытия корпуса имеет размеры в плане 30x228 м и высоту не менее 10 м. Стены из сэндвич-панелей, фундаменты – отдельные на естественном основании или свайные.

Площадка существующего и проектируемого зданий в геоморфологическом отношении приурочена к водораздельной поверхности рек Елшанки и 2-ой Гуселки. Рельеф спокойный, спланированный. В геологическом строении основания принимают участие следующие слои (сверху-вниз):

ИГЭ-1 – насыпные грунты, представленные глиной, песком со строительным мусором. Мощность слоя составляет 0,9-6,4 м.

ИГЭ-2а – суглинок легкий пылеватый, мягкопластичный с прослойками водонасыщенного песка и алевролита. Мощность слоя 0-3,1 м.

ИГЭ-2 – глина легкая пылеватая, тугопластичная, серого, желто-серого до темно-серого цвета, слоистая с включениями гипса, с тонкими прослойками алевролита, трещиноватая, загипсованная, с ржавыми пятнами гидроокислов железа. Мощность слоя 0-3,4 м.

ИГЭ-3 – глина легкая пылеватая, полутвердая, от желтовато-серого до темно-серого цвета, слоистая с включениями гипса, трещиноватая, по плоскостям напластования налеты гидроокислов железа с прослоями алевролита. Мощность слоя 1,1-10,3 м.

ИГЭ-4 – алевролит тонко и мелкозернистый, полутвердый, слоистой текстуры, с тонкими прослойками глины и пылеватого песка, трещиноватый, с включениями гипса, с ржавыми пятнами гидроокислов железа. Мощность слоя 1,9-7,8 м.

ИГЭ-5 – глина тяжелая пылеватая, твердая, от темно-серого до черного цвета, с включениями кристаллического гипса, плитчатая, участками тонкослоистая, по плоскостям напластования светло-серый мучнистый алевролит с блестками слюды. Мощность слоя скважинами не вскрыта.

Анализ материалов изысканий на площадке строительства показал, что основание фундаментов здания характеризуется неоднородностью литологического строения, значительной мощностью насыпных грунтов и высоким уровнем подземных вод. В пределах сжимаемой толщи основания фундаментов имеются грунты с низкими показателями прочностных и деформационных свойств в условиях водонасыщения. Уровень подземных вод в 2016 г. зафиксирован на глубине 1,3-1,5 м от поверхности. Площадка относится к подтопленной подземными водами.

Оценка значений дополнительных нагрузок на колонны и дополнительных осадок фундаментов каркаса существующего корпуса от нового здания выполнена для двух вариантов компоновки проектируемого здания и существующего корпуса.

Вариант 1. Несущие конструкции покрытия нового здания по оси Е/2 опираются непосредственно на колонны существующего корпуса. Вариант компоновки предполагает проектирование и строительство пристройки в виде дополнительного пролета 30 м, с конструкциями каркаса и покрытиями, аналогичными конструктивному решению существующему корпусу. Колонны и фундаменты крайнего ряда существующего корпуса дополнительно нагружаются нагрузкой от покрытия нового здания с подвесными кранами грузоподъемностью 5 т. Для устройства мостовых кранов с подкрановыми балками необходима установка дополнительных колонн на существующих фундаментах. Колонны и фундаменты противоположного ряда пристройки возводятся заново.

Вариант 2. Для нового здания проектируется и возводится собственный полный каркас и фундаменты. Для данного варианта компоновки наиболее рациональным является проектирование и строительство каркасного здания пролетом 30 м из металлических конструкций. Несущие конструкции каркаса нового здания опираются на собственные фундаменты, расположенные вдоль продольной оси Е/2 существующего корпуса. В связи с отсутствием на период обследования существующего корпуса проектной документации на новое здание были определены ориентировочные значения нагрузок на основе известных серий каркасных зданий. В качестве аналога рассмотрена серия 1.420.3-37.06. Каркасы стальные «УНИМАК-Р1» (рис. 1).

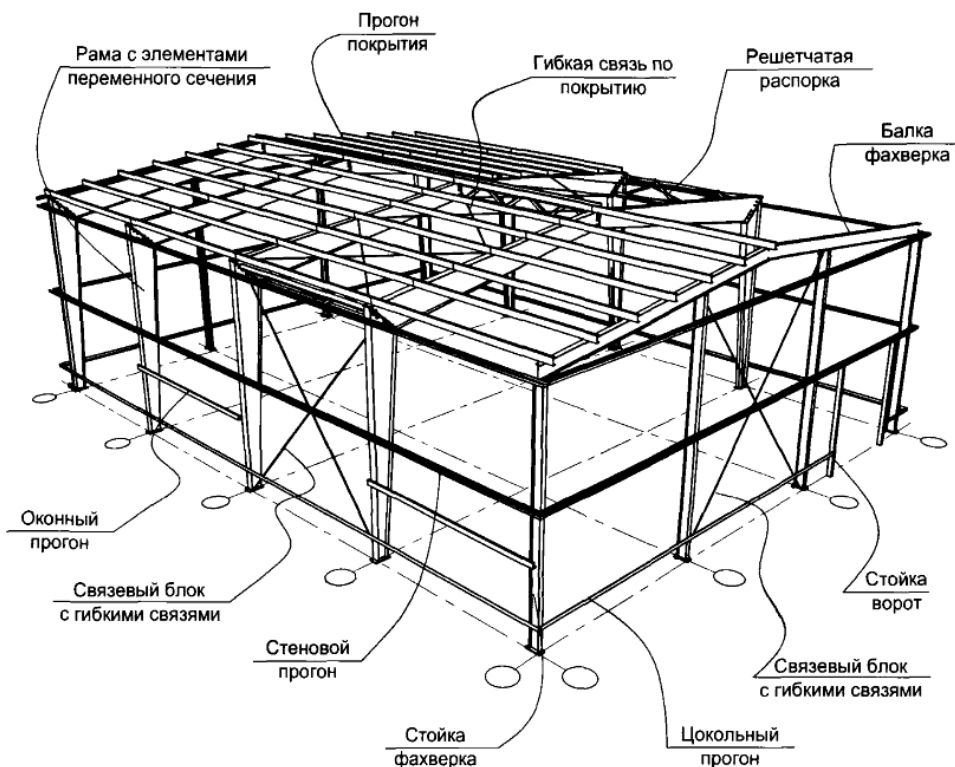


Рис. 1. Основные конструктивные элементы каркасов «УНИМАК-Р1»

Для определения влияния свайного фундамента проектируемого здания на фундаменты существующего корпуса использована методика расчета осадок основания свайных фундаментов с учетом взаимовлияния свай [3]. Для реализации методики составлена компьютерная программа в командах табличного процессора EXCEL. Программа предназначена для подготовки в табличной форме данных с исходной информацией, расчета осадок свай, осадочных деформаций в заданных точках основания и представления результатов в табличной форме.

В соответствии с методикой [3] рассматриваются сваи длиной l и диаметром d , расположенные в двухслойном основании. Верхний слой толщины l , который сваи прорезают, имеет модуль сдвига G_1 и коэффициент Пуассона μ_1 , а нижний, на который опираются сваи, представляет собой однородное линейно-деформируемое полупространство с характеристиками G_2 и μ_2 . Здесь $G_i = E_{oi}/2(1 + \mu_i)$, где E_{oi} – модуль общей деформации i -го слоя.

При известном распределении нагрузок между сваями в фундаменте дополнительная осадка сваи или точки основания, находящейся на расстоянии a от сваи, к которой приложена нагрузка P , может быть определена по формуле:

$$S_i = \sum_{j=i} \delta_{ij} \frac{N_j}{G_1 l}, \quad (1)$$

где

$$\delta = \begin{cases} 0,171 \frac{k_v G_1 l}{2G_2 a}, & \text{если } \frac{k_v G_1 l}{2G_2 a} > 1; \\ 0, & \text{если } \frac{k_v G_1 l}{2G_2 a} \leq 1; \end{cases} \quad (2)$$

Коэффициент k_v определяется по формуле (3) при $v = (v_1 + v_2)/2$.

$$k_v = 2,82 - 3,78v + 2,18v^2. \quad (3)$$

Усилия, действующие на обрез свайного фундамента (на отм. -0.100) проектируемого здания с опорными мостовыми кранами грузоподъемностью 5 т составляют:

- расчетное вертикальное усилие $N = 375,7$ кН;
- расчетная поперечная сила $Q_x = 103$ кН;
- расчетная поперечная сила $Q_y = 14,7$ кН.

Для 4-хсвайного фундамента с расстояниями между осями свай 1200 мм усилия на сваи составят:

- свая № 1. $N_1 = 168,1$ кН; $Q_{x1} = 25,8$ кН; $Q_{y1} = 3,7$ кН;
- свая № 2. $N_1 = 184$ кН; $Q_{x1} = 25,8$ кН; $Q_{y1} = 3,7$ кН;
- свая № 3. $N_1 = 56,5$ кН; $Q_{x1} = 25,8$ кН; $Q_{y1} = 3,7$ кН;
- свая № 4. $N_1 = 72,4$ кН; $Q_{x1} = 25,8$ кН; $Q_{y1} = 3,7$ кН.

По результатам расчета буронабивная свая диаметром 0,4 м и длиной 7 м имеет несущую способность 264 кН.

На рис. 2 приведен фрагмент схемы расположения фундаментов основного каркаса, фундаментов колонн под наклонное перекрытие и свайных фундаментов проектируемого здания. Здесь же показаны точки основания существующих фундаментов, для которых определены дополнительные осадки основания вследствие загрузки свайных фундаментов проектируемого здания.

В табл. 1 приведены основные параметры и результаты расчетов дополнительных осадок в точке № 1 основания фундамента для колонны наклонного перекрытия от загрузки 4-х свай в кусте свайного фундамента проектируемого здания.

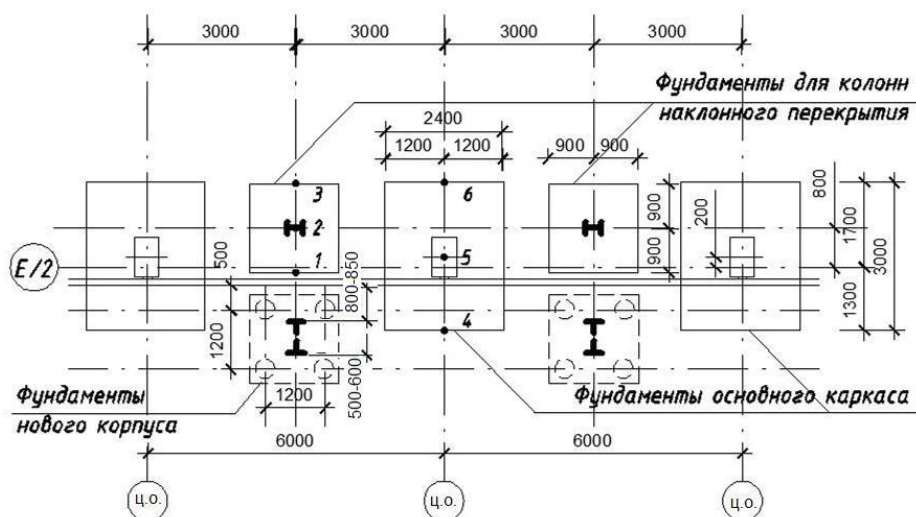


Рис. 2. Фрагмент схемы расположения фундаментов существующего корпуса и свайных фундаментов проектируемого здания

Таблица 1

Результаты расчетов дополнительных осадок в точке № 1 основания фундамента

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Ед. изм.	Свая № 1	Свая № 2	Свая № 3	Свая № 4
1	Вертикальная нагрузка на сваю	N,	кН	168.1	184.0	56.5	72.4
2	Длина свай	l	м	7	7	7	7
3	Расстояние от оси свай	a	м	0.98	0.98	2.06	2.06
4	Модуль сдвига грунта (осред.)	G1	кН/м ²	2295.7	2295.7	2295.7	2295.7
5	Модуль сдвига грунта (осред.)	G2	кН/м ³	4476.9	4476.9	4476.9	4476.9
6	Коэффициент Пуассона (осред.)	Nu	д. е.	0.411642	0.411642	0.411642	0.411642
7	Коэффициент	Kv	д. е.	1.633393	1.633393	1.633393	1.633393
8	Коэффициент	-	д. е.	3.003173	3.003173	1.423557	1.423557
9	Коэффициент	Delta	д. е.	0.18694	0.18694	0.06004	0.06004
10	Дополнительная осадка	Sad	мм	1.955	2.140	0.211	0.271

Примечание: в табл. 1 параметр a – расстояние от центра свай до рассматриваемой точки основания.

Суммарные значения дополнительных осадок точек основания фундамента для колонны наклонного перекрытия (рис. 2) в результате загрузки свайного фундамента

нового здания составляют: точка № 1 – $S= 4,577$ мм; точка № 2 – $S= 1.87$ мм; точка № 3 – $S= 0.391$ мм.

Для фундаментов основного каркаса влияющими будут два свайных фундамента, расположенные слева и справа от него (рис. 2). Дополнительные суммарные осадки точек основания фундамента для колонны основного каркаса в результате загрузки двух свайных фундаментов нового здания составят: точка № 4 – $S=2 \times 0,898= 1,796$ мм; точка № 5 – $S=2 \times 0,285=0,570$ мм; точка № 6 – $S=2 \times 0=0$ мм.

Расчетные дополнительные деформации основания существующих фундаментов корпуса по оси Е/2, расположенного в зоне влияния нового строительства и имеющего II категорию технического состояния (работоспособное) не превышает предельные дополнительные деформации основания фундаментов, установленные [2].

Расчетами установлено, что вариант компоновки № 1 зданий с опиранием конструкций покрытия проектируемого здания на существующие колонны имеет существенные недостатки, связанные со значительной перегрузкой основания, фундаментов и части конструкций существующего корпуса. При этом уровни нагружения существующих колонн близки к критическим, а основания и фундаментов недопустимыми.

Вариант компоновки № 2 зданий с опиранием конструкций покрытия проектируемого здания на собственные колонны и свайные фундаменты не приводит к дополнительному нагружению колонн и фундаментов существующего корпуса. Данный вариант компоновки, как наиболее безопасный, рекомендован к реализации при разработке проектной документации на строительство корпуса для новой технологической линии.

Литература

1. Иноземцев, В. К. Экспертиза и мониторинг урбанизированных территорий и строительных объектов: учебное пособие / В. К. Иноземцев, В. И. Редков. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2017. – 472 с.
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М., 2016. – 162 с.
3. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85*. – М., 2011.

Оптимизация проектирования фундаментов

Саенков Александр Сергеевич, 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

Для решения главной задачи проектирования фундаментов и грунтовых оснований – недопустимости превышения предельных деформаций, назначаемых по условиям нормальной эксплуатации, – необходимо точно знать изменение напряженно-деформированного состояния грунтового основания и механизм его разрушения.

Изучению вопроса развития областей предельного состояния грунта при нагружении основания и их влияния на работу основания штампов был посвящен ряд экспериментальных работ, например, работа [1]. Следует обратить внимание на следующее обстоятельство: все известные нам экспериментальные исследования проводились с помощью штампов, состоящих из некоторого количества соединенных квадратных модулей, обеспечивающих различное соотношение длин сторон подошвы штампа. При этом на результаты экспериментов в явном виде влиял фактор размера штампа, поскольку из общего курса механики грунтов известно, что при увеличении размеров штампов увеличивается размер активной зоны сжатия основания и соответственно другие значимые параметры, определяющие работу грунтового основания.

С целью исключения влияния фактора размера штампа нами была выполнена серия экспериментов по изучению изменения напряженно-деформированного состояния грунтового основания при его нагружении штампами различной формы, но постоянной площади.

При анализе работы грунтового основания под нагрузкой неизбежно встает вопрос о необходимости учета формы подошвы фундаментов, поэтому в механике грунтов традиционно рассматривается 3 самостоятельные задачи: плоская – при обсуждении ленточных фундаментов, осесимметричная – при обсуждении фундаментов с круглой подошвой, и пространственной – при обсуждении прямоугольных фундаментов с различным соотношением сторон.

Так действующими строительными нормами СП 22.13330.2016 рекомендован расчет несущей способности основания по формуле:

$$N_u = b' l' (N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_I + N_q \xi_q d \gamma_I' + N_c \xi_c c), \quad (1)$$

где ξ_γ, ξ_q, ξ_c – коэффициенты формы фундамента, вычисляемые по формулам:

$$\xi_\gamma = 1 - 0.25/\eta, \quad \xi_q = 1 + 1.5/\eta, \quad \xi_c = 1 + 0.3/\xi_q = 1 + 1.5/\eta, \quad (\eta = l/b), \quad (2)$$

L и b – длина и ширина подошвы фундамента соответственно, принимаемые в случае внецентренного приложения равнодействующей нагрузки равными приведенным значениям l' и b' .

Некоторые авторы, а также, например, немецкие нормы определяют коэффициенты формы по-иному и принимают их с учетом прочностных характеристик грунтом следующими формулами:

$$v_\gamma = 1 - 0.3b/l, \quad v_q = 1 + b \sin \varphi / l, \quad v_c = (v_q N_q - 1) / (N_q - 1). \quad (3)$$

Очевидно, что в настоящее время неоднозначно даже толкование термина «коэффициент формы»: в одних случаях для прямоугольных фундаментов он зависит только от соотношения длин сторон, в других – и от угла внутреннего трения.

Вспомним, что исходной зависимостью при определении общих упругих деформаций полупространства является формула Ж. Буссинеска для вертикальных перемещений точек, лежащих на ограничивающей полупространство плоскости ($z=0$) при действии на полупространство сосредоточенной силы P :

$$w_z = P / (\pi C R), \quad (4)$$

где C – коэффициент упругого полупространства $C = E / (1 - \mu^2)$.

Общепринятой формой этой зависимости в настоящее время является

$$S_{упр} = \omega p b (1 - \mu^2) / E. \quad (5)$$

Здесь ω – коэффициент формы площади подошвы фундамента и жесткости фундамента (одинаковый для всей площади загрузки или различный для разных ее точек), т. е. при определении деформаций используется коэффициент формы, который зависит не только от соотношения сторон подошвы фундамента, но и других параметров (в различных практических методах расчетов это и жесткость фундамента, и относительная толщина активного слоя грунта, и др.).

В практике реального проектирования фундаментов обязательным расчетом является определение осадки фундамента. Действующими нормами СП 22.13330.2016 при расчете осадок коэффициент формы учитывает изменение напряжений по глубине

для фундаментов круглых, прямоугольных с различным соотношением длин их сторон и ленточных (при отношении длины фундамента к его ширине более 10).

С целью получения возможности прогнозирования поведения фундаментов разных форм и обоснования выбора их рационального варианта автор предложил новый коэффициент формы [3]:

$$\lambda = P/d, \quad (6)$$

где P – периметр фундамента; d – длина диагонали подошвы фундамента (или в общем случае диаметр описанной окружности).

Введение данного более универсального показателя позволяет оценить форму подошвы любых фундаментов и описать единой зависимостью изменения их расчетных параметров (табл. 1). Значения данного показателя изменяются в пределах от $\lambda = 2,0$ для ленточного фундамента до $\lambda = \pi$ для круглого фундамента ($\lambda = P/d = \pi d/d = \pi$).

Таблица 1

Значения расчетных данных

Форма подошвы штампа	Отношение длин сторон	Коэффициент формы λ
Круг		π
квадрат	1:1	2,83
прямоугольник	2:1	2,68
прямоугольник	4:1	2,43
прямоугольник	10:1	2,20
Лента		2,0

Анализ результатов наших экспериментов позволил установить, что механизм работы грунтового основания качественно аналогичен для штампов с подошвами разной формы. Например, для квадратного штампа результаты приводились в работе [2]. Следовательно, возможно объединение 3 самостоятельных задач при описании работы грунтового основания, нагруженного фундаментами с подошвами любой формы, и выполнение расчетов на основе единого механизма взаимодействия с грунтовым основанием фундаментов с подошвами любых форм.

Подобие процессов деформирования основания фундаментов с подошвами разных форм под нагрузкой позволяет установить зависимость изменения количественных параметров работы основания от формы подошвы фундаментов. Следовательно, результаты расчета параметров работы фундамента одной формы

позволят прогнозировать изменения расчетных параметров работы фундаментов других форм подошвы.

Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет определить зависимости практически важных величин, характеризующих работу оснований, от коэффициента формы подошвы штампов – предельной нагрузки и осадки. Графики этих зависимостей приведены на рис. 1.

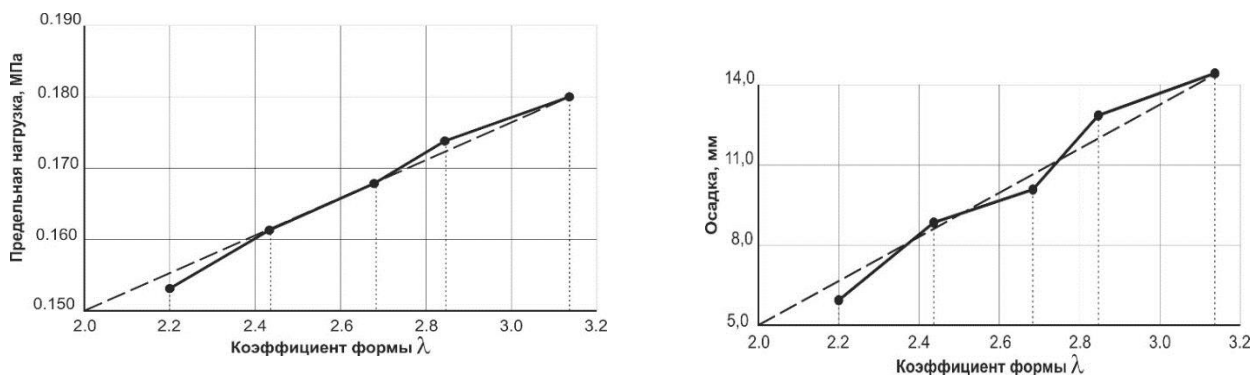


Рис. 1. Графики зависимости предельных нагрузок и осадок на штампы от λ

Полученные зависимости в первом приближении аппроксимируем уравнением прямой вида $y=ax+b$ и с учетом наличия точных решений и подстановки постоянных значений исследуемых величин получим:

- например, для обязательного при проектировании расчета осадки фундамента выбранной формы:

$$S_i = S^* - (\lambda^* - \lambda_i) k_s, \quad (7)$$

в частности, $S_i = S^O - (\lambda^O - \lambda_i) k_s = S^O - (\pi - \lambda_i) k_s$ или

$$S_i = S^{III} - (\lambda^{III} - \lambda_i) k_s = S^{III} - (2 - \lambda_i) k_s,$$

где S^* – осадка штампа, принятого в качестве исходного; S_i – осадка проектируемого фундамента; S^O – осадка штампа с круглой подошвой; S_{nl} – осадка ленточного штампа; λ_i – коэффициент формы подошвы проектируемого фундамента; k_s – параметр прямой, устанавливаемый экспериментально.

Одним неопределенным параметром данной зависимости является k_s . Для его определения необходимо построить график зависимости осадок фундаментов от нагрузок, для чего достаточно определить осадки для фундаментов с подошвами 2 форм.

Применение данного метода возможно в рамках действующих строительных норм следующим образом:

1) на первом этапе с помощью расчетных формул, рекомендованных действующими нормативными документами для реальных условий, определяются осадки двух фундаментов необходимой площади, например, с квадратной подошвой и ленточного;

2) на втором этапе необходимо построить график зависимости осадки фундаментов от коэффициента формы λ и определить k_s ;

3) теперь возможно решение 2 вариантов задачи:

- возможно аналитически определить осадку фундамента принятой проектируемой формы подошвы;

- возможно задать требуемое значение осадки фундамента (например, при точном соблюдении условий технологических факторов (например, ограниченные деформации примыкающих подземных коммуникаций и т. п.) и определить обоснованную в данном случае форму подошвы проектируемого фундамента.

Литература

1. Домбровский, В. Н. К вопросу о разрушении песчаного основания прямоугольными штампами / В. Н. Домбровский. – Тр. НИИОСПа, 1984. – Вып. 74. – С. 9-15.

2. Саенков, А. С. Развитие областей предельного состояния грунта в основании квадратного штампа / А. С. Саенков, С. А. Елизаров, М. В. Малышев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1991. – № 2. – С. 15-17.

3. Саенков, А. С. Коэффициент формы подошвы фундамента как основа метода проектирования оптимального фундамента / А. С. Саенков // Научные труды 19 межвузовской российской научной конференции «Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах». – 2018. – Вып. № 1 (14). – С. 3-6.

ДЛЯ ЗАМЕТОК