

БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

филиал НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО
ЯДЕРНОГО УНИВЕРСИТЕТА «МИФИ»



Сборник международной
научно-практической конференции

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ



5 апреля 2018 г.
г. Балаково

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

СБОРНИК ТРУДОВ

**IV Международной
научно-практической конференции**

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

5 апреля 2018 года

Балаково 2018

УДК 621.311, 677, 620.9

ББК 31.4+35.71+31.19

Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». 5 апреля 2018 года. М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. 279 с.

Сборник содержит статьи по итогам докладов, включенных в программу IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий», проводимой 5 апреля 2018 года в БИТИ НИЯУ МИФИ.

Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов: актуальные проблемы и пути развития энергетики; транспортные, технологические машины и оборудование; IT-технологии и автоматизация в технических системах и управлении; эксплуатационная надежность зданий и сооружений; проблемы химической технологии органических и неорганических веществ.

Редколлегия: М.Г. Шевашкевич (ответственный редактор),
В.А. Разуваев, Р.А. Кобзев, М.А. Фролова, В.П. Бирюков, Т.А. Голова,
Н.Г. Зубова, М.С. Губатенко, Н.С. Голоскова

Статьи сборника издаются в авторской редакции.

Материалы получены до 02.04.2018

ISBN 978-5-7262-2475-6

© Балаковский инженерно-технологический
институт (филиал)
Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», 2018

Подписано в печать 11.05.2018. Формат 60x84 1/16

Печ.л. 24,6. 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

СЕКЦИЯ 1

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ»

АНТИПОВ Р.Р., ФЕСТОВЕЦ А.В., УСТИНОВ Н.А.	
Накопители механической энергии.....	9
АНТИПОВ Р.Р., ФЕСТОВЕЦ А.В., УСТИНОВ Н.А.	
Применение аккумуляторов энергии в микроэнергетике.....	11
АНТИПОВ Р.Р., ФЕСТОВЕЦ А.В., УСТИНОВ Н.А.	
Энергетический чемодан.....	14
ВАНДЫШЕВА А.А., ДЕНИСЕНКО И.П., УСТИНОВ Н.А.	
Экспресс-оценка изменения интенсивности теплообмена при переходе к высокотемпературному охлаждению ДВС.....	15
ВАНДЫШЕВА А.А., ДЕНИСЕНКО И.П., УСТИНОВ Н.А.	
Влияние высокотемпературного охлаждения на работоспособности втулки цилиндра дизеля.....	18
ЕЛИСТРАТОВА А.О., КРОХА А.М., УСТИНОВ Н.А.	
Влияние продолженного расширения на технические характеристики поршневого двигателя.....	22
КАЛАШНИКОВ А.Е., УСТИНОВ Н.А.	
Повышение эффективности модульных ветроустановок с помощью концентраторов потока.....	25
КОБЗЕВ Н.А., НИКОЛАЕВ Ю.Е.	
Эффективность электроснабжения объектов железнодорожного транспорта с использованием ветроэнергетической установки.....	28
СМИРНОВА Т.Л.	
Формирование Россией стратегических приоритетов развития ядерных технологий.....	31
УСТИНОВ Н.А.	
Походные зарядные устройства на основе тепловых двигателей.....	34
УСТИНОВ С.Н., УСТИНОВ Н.А.	
Абсорбционная холодильная установка в системе охлаждения наддувочного воздуха ДВС.....	37
УСТИНОВА Н.Н., ЕЛИСТРАТОВА А.О., КРОХА А.М., УСТИНОВ Н.А.	
Повышение экономичности парового двигателя.....	40

СЕКЦИЯ 2.

«ТРАНСПОРТНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»

АБДУНАЗАРОВ Ж.Н.	
Транспортная экология в Республике Узбекистан.....	45

НИКИТИН А.И., МИХАЙЛОВ В.В., ЗЕМСКОВ В.М.

Опыт применения полевых магистральных трубопроводов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций..... 48

КУДАШЕВА И.О.

Прогнозирование жизненного цикла прецизионных деталей транспортных дизелей..... 52

ГОРЮНОВ П.В., КОБЗЕВ Р.А.

Выбор рационального варианта поперечного сечения моста кран-балки г/п 5 тс.... 57

СЕКЦИЯ 3.**«ИТ-ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УПРАВЛЕНИИ»****АКИНФИЕВА А.А., МИЛЯЕВА Н.В.**

Инновационное развитие атомной энергетики..... 61

БАЗЕЕВ А.А., ЕФРЕМОВА Т.А.

Модельно ориентированное проектирование как метод анализа и синтеза систем управления..... 63

БУРМИСТРОВА И.В., ЕФРЕМОВА Т.А., МАЛЕНКО А.Н.

Особенности диагностики скоростного блока сортопрокатного стана..... 67

ГРИЦЮК С.Н., БУЯНОВ Д.А.

Система контроля и визуализации на основе 8-разрядных микроконтроллеров..... 70

КАМЛЕНКО И.А.

Система слежения за аппаратной конфигурацией компьютеров по сети для предприятия..... 74

КИМ А.Ю., ЕФРЕМОВА Т.А.

Анализ надежности систем отопления жилых помещений..... 77

КОРНИЛОВА Н.В., ДАДАЧЕНКОВА Е.Е.

Критерии оценки и выбора роботов-пылесосов..... 81

КОРНИЛОВА Н.В., ЗЫКОВА Е.В.

Современный уровень автоматизации в системах водоочистки..... 84

КОРНИЛОВА Н.В., СТРАБЫКИНА Е.О.

Анализ системы управления автоматического велотренажера..... 87

МЕФЕДОВА Ю.А., ПИЧИНЕВСКИЙ А.П.

Simulink-модель компенсатора давления..... 91

МЕФЕДОВА Ю.А., МОИСЕЕВА Ю.Р.

Применение нечеткой логики в системах управления..... 94

МЕФЕДОВА Ю.А., СТРАБЫКИНА Е.О.

Обзор современных методов теории автоматического управления..... 98

НЕМЧЕНКО В.И., ЗУБКОВ Д.Н.

Системный анализ приборов коммерческого учета тепловой энергии по результатам периодической поверки..... 101

ФАДЕЕВ И.Ю., ФРОЛОВ Д.А.

Разработка объектно-ориентированной модели информационного ресурса строительной организации..... 104

ФРОЛОВА М.А., БЕЛЯКОВА Н.О., АМАНТУРЛИЕВА Ю.Ж.	
Надежность ТВЭЛ ядерных энергетических установок.....	108
ФРОЛОВА М.А., КЛИМЕНКО А.Г.	
Использование процессного подхода для обоснования необходимости автоматизации бизнес-процессов при организации деятельности медицинского учреждения.....	110
ФРОЛОВА М.А., МАКСИМОВА Е.А.	
Синтез системы импульсной подачи технологических жидкостей на базе ПНПИР	113
ХАСАНОВ Ш.А.	
Аттестация объектов информатизации по требованиям безопасности информации.....	115
ШАХ А.В., ШАПОВИЧ Е.Г.	
Информационная система таргетирования рекламных роликов по гендерному признаку.....	118
ШУМАРОВА О.С., МОИСЕЕВА Ю.Р.	
Исследование изображений электрокардиограмм с помощью вейвлет-преобразований.....	122
ШУМАРОВА О.С., КОЛБАНОВА Я.А., СТАНКОВА А.А.	
Обнаружение дефектов при термической обработке заготовок в металлургическом производстве.....	125
ШУМАРОВА О.С., ЖУМАТИЙ А.В.	
Методы распознавания изображений.....	128
ЩЕГОЛЕВ С.С., МОТКОВ А.Г.	
Основные принципы разработки пользовательского интерфейса для автоматизированных систем.....	131

СЕКЦИЯ 4. «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

БОЙЧУК С.В., КОБЛОВА Е.А.	
Технологии обработки бетонных поверхностей строительных конструкций.....	136
ГАРИБОВ Р.Б.	
Модель деформирования дисперсно-армированных конструктивных элементов, находящихся в плоском напряженном состоянии и под влиянием радиационной среды.....	139
ГАРИБОВ Р.Б., АКИМОВА Э.К.	
К вопросам поиска альтернативных энергетик: биотопливо.....	142
ГАРИБОВ Р.Б., МАЛОФЕЕВ Ю.А.	
Особенности расчета железобетонных конструкций, поврежденных коррозией....	145
ГОЛОВА Т.А., ЗОТОВ Л.Д.	
Влияние фибры на свойства конструкций, выполненных из дисперсноармированного бетона.....	148
ГОЛОВА Т.А., АКИМОВА Э.К.	
Исследования свойств контактной зоны фибробетонных конструкций.....	151

ГОЛОВА Т.А., ПУТРО В.В.	
Теоретические исследования армирования фиброторкретбетона.....	154
ГРИЩЕНКО К.Г., СЕДОВА О.В., ВОРОНИН М.Ю.	
Динамика флоры и растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС.....	157
ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ДУБНОВ С.А.	
Методы оценки устойчивости корпуса крупноразмерных резервуаров.....	161
ЗЕМЛЯНСКИЙ А.А., ПОПОВА Ю.А., ДУБНОВ С.А., ГЛУХОВ А.Е.	
Результаты натурного испытания железобетонной плиты марки 2ПГ12-3АШв....	164
МАГЕРРАМОВА И.А., ДУБНОВ С.А.	
Применение стеклопластиковой арматуры в современном строительстве.....	169
МАГЕРРАМОВА И.А., ПОПОВА Ю.А.	
Разновидности и применение фибробетона в строительстве.....	172
МАГЕРРАМОВА И.А., ЦАРЕВА А.П.	
Применение фибры в строительстве на примере прозрачного бетона.....	175
МЕЛНИЧ В.М., КОТЕЛЬНИКОВА Т.О.	
Применение композитной арматуры в бетонных конструкциях.....	178
ПАНИЦКОВА Г.В.	
К вопросу расчёта изгиба прямоугольных пластин с учётом истории нагружения по теории течения прандтля-рейсса.....	182
ПОПОВА Н.А.	
Творчество Ф.О. Шехтеля в интерьере храма святой троицы в Балаково.....	185
ПОПОВА Н.А., ДУБНОВ С.А.	
Звено градостроительного ансамбля памятника архитектуры Ф.О. Шехтеля храма святой троицы - дом причта.....	188
ШАУМАРОВ С.С.	
О моделировании теплофизических процессов для анализа термографической информации при исследовании ограждающих конструкций жилых зданий.....	191

СЕКЦИЯ 5.

«ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

АРТАМОНОВ Б.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
К вопросу об эндопротезировании сустава пальцев верхних конечностей.....	195
БАДАЛОВА П.В., РОДИНА Т.А., ТАГАНОВА В.А., ЩЕРБИНА Н.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Наноструктурированные неорганические технологические добавки для биосовместимых композиционных материалов.....	197
БАДАЛОВА П.В., РОДИНА Т.А., ТАГАНОВА В.А., ЩЕРБИНА Н.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Разработка состава наноструктурированного биосовместимого композиционного материала.....	199
БЛАГОВА Т.А., ТАРАСЕНКО О.Е., ВИКУЛОВА М.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Фотокаталитические покрытия на основе полимерматричного композита, содержащего полупроводниковые материалы, активные в видимой области спектра.....	201

БОРИСОВА Н.В., НЕКРАСОВА А.А.	
Композиционные пленочные материалы на основе этиленвинилацетата.....	204
БОРИСОВА Е.Р., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
К вопросу о биопротезировании клапанов сердца.....	207
БЫЧКОВА Е.В., МОКРЕЦОВА С.А., ЩЕРБИНА Н.А., ПАНОВА Л.Г.	
Исследование возможности использования огнезащищенных вискозных волокон в качестве прекурсора углеродных волокон.....	209
ВОЛОВИКОВА А.А., ЛЕГКОВА С.Р., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
К вопросу об усовершенствовании конструкции эндопротеза коленного сустава...	212
ГАЛЕЕВА А.С.	
Исследование свойств компонентов узла трения эндопротеза тазобедренного сустава.....	215
ГЛАДКОВ Д.Н., ПРОНИНА Е.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Усовершенствование эндопротеза раздвижного шейного позвонка.....	217
ГРИШАНОВ И.М., ГЕРАСИМОВА В.М., ЗУБОВА Н.Г.	
Физико-механические свойства волокнаполненных эпоксидных композитов....	221
ДЕНИСОВ Д.С., ГЕРАСИМОВ С.В., ПРОНИНА Е.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Исследование НДС образцов протеза коленного сустава.....	224
ЕЛЕНКОВА Т.В., ПРОНИНА Е.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Разработка структурно-функциональной схемы медицинского автоматизированного комплекса для рентгеновского исследования хирургических операций протезирования коленного сустава.....	227
ЕРОКЛИНЦЕВ Д.В., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Перфоратор для минифлебэктомии.....	230
ИГНАТЕНКО А.О., ЩЕРБИНА Н.А., ТАГАНОВА В.А.	
Экологически безопасные полимерные композиционные материалы на основе гидролизата кератинового сырья.....	232
ИСАЕВ А.Е., САФОШКИН Д.З., ГВОЗДЕВ Г.А., КОСОБУДСКИЙ И.Д., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Повышение эффективности работы солнечных батарей путем увеличения коэффициента светопропускания стекла.....	235
КИМ А.К., УСОВА А.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Модернизация стоматологического внутрикостного имплантата.....	237
ЛЕОНОВ Д.В., РОЗОВ Р.М., ЛЕВКИНА Н.Л., БОРИСОВА Н.В., УСТИНОВА Т.П.	
Перспективные композиционные материалы на основе полиамида-6.....	240
МАНАНКОВА Е.А., СЕИТОВА А.Г., ЩЕРБИНА Н.А., БЫЧКОВА Е.В.	
Разработка состава биоразлагаемого полимерного композиционного материала....	243
МИНЕЕВ А.С., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Создание протеза челюсти с помощью технологии 3D-печати и усовершенствование конструкции имплантата.....	245
МИХАЙЛОВ И.Н., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Расчет НДС эндопротеза тазобедренного сустава.....	248
НЕБОГАТИКОВ Р.С., ЗЛОБИНА И.В., КОСТИН К.Б., ШПИНЯК С.П., БЕКРЕНЕВ Н.В., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Исследование механических характеристик образцов акрилатного цемента.....	250

НЕБОГАТИКОВ Р.С., КОСТИН К.Б., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Получение и анализ кремнийсодержащего гидроксипатита.....	253
НОЛИКОВ М.С., ДЯДЬКОВ В.А., ЗАГИБАШЕВ М.В., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Анализ и улучшение статических и медико-биологических характеристик эндопротеза грудной клетки.....	256
ПАРШКОВА Е.С., ЗУБОВА Н.Г.	
Влияние горячих растворов модификаторов на физико-механические свойства химических волокон.....	258
ПАРШКОВА Е.С., КОЧНЕВА А.В., РИЗАЕВА К.А., ЗУБОВА Н.Г.	
Сравнительная характеристика физико-механических свойств гидратцеллюлозных волокон, модифицированных при различных условиях.....	260
ПОЧКИНА С.Ю., ШИБАКОВ И.А., ЧЕНЦОВА Е.В.	
Влияние технологических параметров электроосаждения на физико-химические свойства покрытий сплавом цинк-никель на стали.....	262
СЁМИНА Т.Ю., АНДРЕЕВА О.А., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Эндопротез тазобедренного сустава, модернизация узла трения.....	264
СИЛКИН М.В., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Усовершенствование конструкции протеза пястно-фалангового сустава пальца....	267
СИНИЦЫНА И.Н., ИГНАТЕНКО А.О., ПАРШКОВА Е.С.	
Исследование растворимости сернокислотного лантана в присутствии сульфата кальция.....	270
СИНИЦЫНА И.Н., ФИЛИПОВА В.В.	
Производство маслостойкой резиновой смеси.....	272
ФИЛИПОВА В.В., СИНИЦЫНА И.Н.	
Резина на основе хлоропренового каучука.....	274
ШАРОНОВ П.А., ГОЦ И.Ю., ПИЧХИДЗЕ С.Я.	
Определение краевого угла смачивания и открытой пористости пассивных слоев на стали 40Х.....	276

СЕКЦИЯ 1. «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ»

УДК 536.7

Накопители механической энергии

Антипов Руслан Романович, студент группы ТПЭН-21;

Фестовец Артем Виталиевич, студент группы ТПЭН-21;

Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал ФГАОУ ВО

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Исследованы накопители механической энергии, их достоинства и недостатки, приведены в сравнение их мощности и выбран наилучший накопитель для микроэнергетики, учитывая все параметры.

Механическая энергия заключается в проявлении взаимодействия и движения отдельных тел или их частиц. К ней относятся кинетическая энергия, вращения тела или движения, растяжение, сжатие упругих тел, закручивание, энергия деформации при сгибании. Накопители механической энергии бывают: гироскопические, газовые, пружинные, гирорезонансные, с использованием сил упругости [1].

Гироскопические накопители энергии

Гироскопические накопители запасают энергию в виде кинетической вращающегося маховика.

Преимущества. Удельная энергия, запасённая на килограмм маховика, больше той, которую можно запасти в килограмме статического груза. Возможность быстрой отдачи или приёма очень большой мощности, ограниченной лишь пределом прочности материалов в случае механической, электрической, пневматической либо гидравлической передач.

Недостатки. Из-за возникновения огромных гироскопических нагрузок маховики очень чувствительны к поворотам в плоскостях и сотрясениям. Гироскопические нагрузки опасны тем, что они стремятся погнуть ось. Время хранения накопленной маховиком энергии не очень большое и для стандартных конструкций в основном составляет от нескольких секунд до нескольких часов. Ещё энергия, запасенная маховиком, прямо зависит от скорости его вращения, поэтому скорость вращения всегда меняется. К тому же в нагрузке очень часто требуется стабильная скорость вращения, не превышающая нескольких тысяч оборотов в минуту. Современные конструкции с вакуумной камерой вращения и магнитным подвесом супермаховика из кевларового волокна обеспечивают плотность запасённой энергии более 5 МДж/кг, к тому же могут сохранять кинетическую энергию неделями и месяцами.

Один такой накопитель способен запасти энергию до 100 кВт·ч и обеспечивать мощность до 300 кВт [2,3].

Гирорезонансные накопители энергии

Эти накопители представляют собой маховик из эластичного материала. При возрастании оборотов на данном маховике начинают появляться «выросты-лепестки» - изначально превращается в эллипс, затем в «цветок» с тремя и более «лепестками». Скорость

вращения маховика не меняется, а энергия запасается в резонансной волне упругой деформации материала маховика, формирующей эти «лепестки».

Частота вращения достигает 60 000 об/мин при массе от 6 до 100 и выше кг, а к примеру, при мощности 100 кВт накопители запасают 200 кДж энергии [4].

Механические накопители с использованием сил упругости

Данные накопители обладают большой удельной ёмкостью запасаемой энергии. Имея достаточно небольшие габариты (несколько сантиметров), имеют наибольшую энергоёмкость среди механических накопителей энергии. Большие сверхскоростные маховики превосходят его по энергоёмкости, но они более чувствительны к внешним факторам и обладают намного меньшим временем хранения энергии.

Накопитель способен за счёт конструктивных особенностей теоретически хранить до 500 Вт·ч на килограмм веса [3].

Пружинные механические накопители

Сжатие и распрямление пружины обеспечивает большое поступление и расход энергии в единицу времени – наибольшую механическую мощность среди остальных видов накопителей энергии. Энергия ограничивается лишь прочностью материалов, из которых изготовлены пружины, но пружины обычно реализуют рабочее поступательное движение, а в маховиках без довольно сложной передачи не обойтись.

Энергия, накопленная в сжатой пружине, может храниться достаточно долго время, достигающее нескольких лет. Однако из-за постоянной деформации любой материал изнашивается, а кристаллическая решетка металла пружины постепенно изменяется, чем больше окружающая температура и чем выше внутренние напряжения, тем скорее это произойдет. В данном накопителе удельная энергия будет приблизительно равна 350 Дж/кг [3,5].

Газовые механические накопители

В подобных накопителях энергия накапливается благодаря упругости сжатого газа. При излишке энергии компрессор закачивает газ в баллон. Если необходимо применять запасённую энергию, сжатый газ подаётся в турбину, непосредственно выполняющую необходимую механическую работу или вращающую генератор. Вместо турбины можно применять поршневой двигатель, который наиболее результативен при маленьких мощностях.

В основном каждый современный промышленный компрессор оснащён таким накопителем — ресивером. Только давление там редко превышает 10 атмосфер, и, следовательно, запас энергии в подобном ресивере достаточно небольшой, но это позволяет в разы увеличить ресурс установки и сэкономить энергию.

Газ, сжатый до давления в десятки и сотни атмосфер, может обеспечить довольно высокую удельную плотность запасённой энергии в течение неограниченного времени. Хотя входящие в состав установки компрессор с турбиной или поршневой двигатель — устройства достаточно сложные и имеющие ограниченный ресурс.

При использовании самого лёгкого газа — водорода (2 кг/кмоль) при температуре 300 К удельная энергия накопителя приблизительно равна 1250 кДж/кг [5].

Гравитационные жидкостные механические накопители.

В данном виде накопителей энергии жидкость отлично перемещается по трубам. Они могут быть изогнуты произвольным образом, но их сечение должно быть достаточным для прохождения по ним максимального расчётного потока. Принцип действия гравитационных жидкостных механических накопителей энергии заключается в том, что вода перекачивается

из подземного резервуара или колодца в емкость на вышке, а затем под действием силы тяжести вода из емкости перетекает обратно в резервуар, вращая при этом турбину с электрогенератором.

Недостатки: испарение жидкости, необходимость нахождения рабочего тела именно в жидком агрегатном состоянии (а не в газообразном или твердом) и, самое главное, достаточно маленькую плотность рабочего тела, что, как одна из причин, ведет к увеличению размеров конструкции.

Но есть и преимущества, к примеру, в подобном накопителе возможно получение дополнительной даровой энергии – при пополнении верхнего резервуара талыми или дождевыми водами.

На массу воды 103кг запасенная энергия равна 1962 кДж, удельная энергия равна 1,962 кДж/кг [5].

Вывод. Рассмотрены виды накопителей механической энергии, которые имеют широкое использование в экономии и запасе электроэнергии. Это гравитационные, гироскопические, гирорезонансные, с использованием сил упругости, пружинные и газовые. Все вышеперечисленные накопители механической энергии имеют как ряд преимуществ, так и недостатков. Но всё же наиболее достойным среди механических накопителей является газовый.

Если для получения водорода используется избыточная энергия из возобновляемых источников, то именно водородный накопитель оказывается самым перспективным [4,5].

Литература:

1. [Электронный ресурс], -<http://khd2.narod.ru/gratis/accumul.htm>
- 2.[Электронный ресурс],-<http://fb.ru/article/190701/kakie-byivayut-nakopiteli-energii>
- 3.[Электронный ресурс],-<http://msd.com.ua/nakopiteli-energii/obshhie-svedeniya-o-mexanicheskix-nakopitelyax-energii/>
- 4.[Электронный ресурс],- <https://econet.ru/articles/90946-kak-nakopit-i-sohranit-energiyu-iz-vozobnovlyaemyh-istochnikov>

УДК 536.7

Применение аккумуляторов энергии в микроэнергетике

Антипов Руслан Романович, студент группы ТПЭН-21

Фестовец Артем Виталиевич, студент группы ТПЭН-21

Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры "Атомная энергетика"

Балаковский инженерно-технологический институт - филиал

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Исследованы накопители механической энергии, их достоинства и недостатки, приведены в сравнение их мощности и выбран наилучший накопитель для микроэнергетики, учитывая все параметры.

Многие источники энергии выдают энергию неравномерно, например солнечные батареи или ветродвигатели, а также неравномерно потребление данной энергии. Поэтому необходимо использовать накопители энергии, рассмотрим некоторые из них и выделим

наилучший.

Маховичный накопитель энергии

Принцип действия маховичных накопителей энергии основан на раскручивании маховика за счёт внешней энергии. Использование такого накопителя энергии позволяет накапливать энергию при разгоне маховика, а затем отдавать ее в виде электрической или механической энергии за любой промежуток времени.

Количество энергии, которую способен запасти накопитель, зависит от его массы, скорости вращения и его масштабов. Чем больше скорость. Тем больше энергии можно запасти. Однако скорость вращения ограничивается прочностью материала, из которого он изготовлен.

Также, для того чтобы сократить потери от трения при больших оборотах маховика об воздух следует его размещать в вакуумных камерах. Эта камера должна быть очень прочной, чтобы обеспечить надежную фиксацию подшипников и вала маховика, так как если при аварии не произойдет разрушений корпуса, то всё равно вся оставшаяся энергия выделится в виде тепла.

Чтобы избежать трения в подшипниках рекомендуется использовать магнитную подвеску, которая должна взять на себя часть нагрузки.

Помещать супермаховик в вакуумированную камеру и использовать магнитную подвеску начали уже давно. В последнее время разработчики пытаются использовать подвеску на базе сверхпроводящих электромагнитов и производить накопительный барабан из материалов, полученных с помощью нанотехнологий.

Характеристики

Для стального цилиндрического маховика максимальная удельная энергия составляет приблизительно 10 кДж/кг. Для маховика массой 100 кг ($R = 0.2$ м, $H = 0.1$ м) максимальная накопленная энергия может составлять $0.25 \cdot 3.14 \cdot 8000 \cdot 0.2^2 \cdot 0.1 \cdot 200^2 \approx 1$ МДж ≈ 0.278 кВт час, определенная по формуле $E_{\max} = 0.25 \rho \pi R^2 H V_{\max}^2$.

При работе накопитель может в течение часа обеспечивать нагрузку не более 280 Вт. Срок службы маховика может составлять 20 и более лет.

Современные конструкции с вакуумной камерой вращения и магнитным подвесом супермаховика из кевларового волокна обеспечивают плотность запасенной энергии более 5 МДж/кг, причём могут сохранять кинетическую энергию неделями и месяцами. Однако пока они существуют лишь в виде экспериментальных экземпляров или опытных партий.

Из достоинств маховичного накопителя энергии стоит отметить:

1) Накопленная энергия может быть использована в течение короткого промежутка времени;

2) Сочетает в себе долговечность и умеренную цену;

3) Большой КПД;

Из недостатков можно выделить:

1) гироскопический эффект, обусловленный большим моментом импульса вращающегося маховика, и препятствующий изменению направления оси вращения маховика;

2) не существует подшипников, способных долго работать при миллионах оборотов в минуту под большой нагрузкой;

3) для работы магнитных подшипников постоянно надо расходовать большое количество энергии.

4) При вращении металлических частей в магнитном поле возникает индукционный

ток, который своим магнитным полем тормозит вращение и уменьшает КПД системы [3].

Гравитационный накопитель энергии

Суть гравитационных накопителей энергии заключается в том, что некоторый груз поднимается на высоту и опускается, вынуждая по ходу вращаться ось генератора. Запасенная энергия высвобождается при падении груза и совершении соответствующей полезной работы в результате перехода потенциальной энергии в кинетическую. Энергию, запасенную при поднятии твердых тел, можно высвободить за очень короткое время.

Время хранения запасенной энергии почти безгранично, в случае если конструкция не будет рассыпаться с течением времени от старости либо коррозии.

Характеристики гравитационных накопителей энергии

Для тебя массой 2000 кг и высотой поднятия 5 м в идеальном случае (без учета потерь на трение) составит $E = mgh \approx 2000 \cdot 10 \cdot 5 = 100 \text{ кДж} \approx 27.8 \text{ Вт} \cdot \text{час}$.

При работе такой накопитель может обеспечить нагрузку не более 28 Вт в течение часа. Удельная энергия составит 0,005 кДж/кг, Ожидаемый срок службы механической конструкции превосходит 20 лет.

К достоинствам можно отнести

1) накопленная энергия может быть использована в течение короткого промежутка времени;

2) низкая стоимость хранения энергии;

3) высокая эффективность (КПД до 80%);

4) длинный жизненный цикл;

5) масштабируемость решения;

6) может быть установлен на любом равнинном ландшафте [1,2].

Пневматический накопитель энергии

В стальной резервуар емкостью 1 м³ закачивается воздух под давлением 50 атмосфер. Для того, чтобы выдержать подобное давление, стенки резервуара должны иметь толщину приблизительно 5 миллиметров. Сжатый воздух применяется с целью выполнения работы. При изотермическом процессе работа A , совершаемая идеальным газом при расширении в атмосферу, определяется формулой:

$$A = (M / m) \cdot R \cdot T \cdot \ln (V2 / V1), \text{ где}$$

M — масса газа, кг;

m — молярная масса газа, г/моль;

R — универсальная газовая постоянная, $\frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{К})}$;

T — абсолютная температура, К;

$V1$ — начальный объем газа, м³;

$V2$ — конечный объем газа, м³.

С учетом уравнения состояния для идеального газа ($P1 \cdot V1 = P2 \cdot V2$) для данной реализации накопителя $V2 / V1 = 50$, $R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{град})$, $T = 293 \text{ OK}$, $M / m \approx 50$: $0.0224 \approx 2232$, работа газа при расширении $2232 \cdot 8.31 \cdot 293 \cdot \ln 50 \approx 20 \text{ МДж} \approx 5.56 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ за цикл. Масса накопителя приблизительно равна 250 килограмм. Удельная энергия составит 80 кДж/кг. При работе пневматический аккумулятор способен на протяжении одного часа обеспечивать нагрузку не более 5.5 кВт. Продолжительность работы пневматического накопителя может составлять свыше 20 лет.

Достоинства: накопительный резервуар может быть расположен под землей, в качестве резервуара могут применяться обыкновенные газовые баллоны в требуемом количестве с надлежащим оборудованием, при применении ветродвигателя последний

способен напрямую приводить в действие насос компрессора, существует довольно огромное число приборов, непосредственно использующих энергию сжатого воздуха.

Была поставлена задача: по всем параметрам и преимуществам выбрать наиболее оптимальный и энергоёмкий накопитель энергии, который, действительно, будет являться подходящим в использовании. Рассмотрены несколько типов накопителей электроэнергии, и на основе всех параметров наиболее оптимальным является пневматический накопитель электроэнергии [4].

Литература

- 1.[Электронный ресурс],-<http://econet.ru/articles/109310-kakoy-nakopitel-energii-samy-energoemkiy>
- 2.[Электронный ресурс],-<http://khd2.narod.ru/gratis/accumul.htm>
- 3.[Электронный ресурс],-<https://ru.wikipedia.org/wiki/Супермаховик>
- 4.[Электронный ресурс], <http://imlab.narod.ru/Energy/Accumulation/Accumulation.htm>

УДК 620.9

Энергетический чемодан

Антипов Руслан Романович, студент группы ТПЭН-21

Фестовец Артем Виталиевич, студент группы ТПЭН-21

Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры "Атомная энергетика"

Балаковский инженерно-технологический институт - филиал

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Рассмотрена проблема накопления энергии в походных условиях и чрезвычайных ситуациях. Предложено решение данной проблемы путем создания «Энергетического чемодана» в который входят три вида альтернативной энергетики: солнечная энергия, энергия ветра, энергия воды.

Большое количество людей во всём мире любит путешествовать. И тот, кто ходит в походы наверняка знает, что источник энергии нужен всегда. Сразу же возникает вопрос организации электроснабжения: зарядить фотоаппарат и камеру, обеспечить питанием ноутбук, обеспечить лагерь ночным освещением и ряд других немаловажных потребностей. Здесь то и потребуется энергетический чемоданчик. При путешествии неизвестно с помощью чего энергия будет получена. Поэтому в данное оборудование будут входить солнечный, водяной и ветряной накопители энергии. Наличие трёх видов накопления поможет в любых условиях обзавестись энергией [1].

Портативная солнечная электростанция E-Power 250Вт за 36000 рублей

Данная конструкция идеально подойдет для зарядки сотовых телефонов, ноутбуков и др. электронной техники в полевых условиях. Номинальное напряжение – 12 В, максимальная мощность -250Вт. Размеры такой конструкции составляют – длина – 307мм, высота – 316мм, ширина – 106мм, вес всей конструкции – 6,8кг [2].

Ветрогенератор Butterfly FB200 за 14000рублей.

Основные характеристики ветрогенератора: 250 Вт 12В: Номинальная мощность данного ветрогенератора составляет 250 Вт при скорости 13 м/с. Диапазон ветра генерации

составляет 3-40 м/с. Диаметр ротора – 1,2 м. Вес всей конструкции – 7 кг [3].

Мини-ГЭС — гидрогенератор WaterBaby за 120000 рублей.

В конструкции использован двойной статор и бесколлекторный генератор на постоянном магните. Рабочее колесо гидротурбины имеет диаметр 50 мм и изготовлено из бронзы. Производительность равна 250 Вт [4].

При рассмотрении трёх видов накопления энергии хочется учесть, что энергетический чемодан, включающий в себя солнечную, водяную и ветряную электростанции, это нужная вещь. Ведь это очень удобно, поскольку при походе не получится угадать, из чего можно получить энергию, будет это солнце, вода или ветер. В лучшем случае можно будет воспользоваться всеми видами накопления энергии, если нет, то с легкостью поможет комбинирование.

Энергетический чемодан представляет собой чемодан, на крышке которого расположены солнечные панели под защитным стеклом. Внутри данного оборудования расположены аккумуляторные батареи, преобразователи и разборные ветряная станция и микро ГЭС. На боковых крышках данной конструкции имеются внешние розетки для возможности потреблять энергию. Размеры будут составлять длина – 500мм, высота – 250мм, ширина – 500мм. Вес всей конструкции – приблизительно 10кг.

Список литературы.

- 1.[Электронный ресурс],-<https://geektimes.ru/post/266594/>
- 2.[Электронный ресурс],-<https://e-solarpower.ru/solar-mobile/solar-station/portativnaya-elektrostantsiya-e-power-250vt/>
- 3.[Электронный ресурс],-<https://ru.aliexpress.com/item/200W-12VDC-Wind-Turbine-Max-250W-Wind-Generator-2-5M-S-Start-Up-Wind-Speed/32509540282.html?spm=a2g0v.10010108.1000016.1.42b139b5YVIpNJ>
- 4.[Электронный ресурс],-http://manbw.ru/analytics/mini-GES_hydro-turbine_hydroelectric-power-plant.html

УДК.636.24.02

Экспресс-оценка изменения интенсивности теплообмена при переходе к высокотемпературному охлаждению ДВС

Вандышева Анна Александровна, старший преподаватель кафедры «Атомная энергетика»,

Денисенко Ирина Петровна, к.т.н., доцент кафедры «Атомная энергетика»,

Устинов Николай Андреевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры «Атомная энергетика»

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

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Проведение полного объема экспериментального исследования теплообмена при ВТО включает большое количество измеряемых параметров и достаточно трудоемко.

Приближенная оценка интенсификации теплообмена при переходе к ВТО возможна при использовании метода нестационарного теплообмена, рассмотренного в работе [1].

Решение задачи сводится в общем виде к рассмотрению. Нестационарного процесса охлаждения или нагревания цилиндра при регулярном тепловом режиме.

Если цилиндр, температура которого в начальный момент времени одинакова равна t_0 при постоянном значении коэффициента теплопередачи охлаждается водой с постоянной температурой $t_{ж}$, то безразмерная температура цилиндра будет функцией следующих величин

$$\Theta = \frac{t - t_{ж}}{t_0 - t_{ж}} = \Theta(R; B_i; F_0) \quad 1)$$

где t - температура цилиндра на расстоянии r от оси в момент времени τ , °C;

$F_0 = a \cdot \tau / R^2$ – критерий Фурье (безразмерное время);

a - коэффициент температуропроводности материала цилиндра, м/с;

$B_i = \alpha \cdot R / \lambda$ – критерий Био;

α - коэффициент теплоотдачи в охлаждающую воду от поверхности втулки цилиндра, Вт/(м²·°C); R - радиус цилиндра, м

Безразмерная температура в цилиндре рассчитывается по формуле

$$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 I_0(E_n)}{E_n [I_0^2(E_n) + I_1^2(E_n)]} * I_0 \left(E_n * \frac{r}{R} \right) \exp[-E_n^2 * F_0] \quad 2)$$

где E - корни характеристического уравнения; $I_0^2(E_n)$, $I_1^2(E_n)$ - функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков.

При значении Фурье $F_0 \geq 0,25$ можно вычислить Θ , ограничиваясь первым членом ряда. Тогда безразмерная температура на поверхности цилиндра будет

$$\begin{aligned} \Theta &= I_0 \left(\sqrt{2 B_i} \frac{r}{R} \right) \exp(-2 B_i * F_0) \\ \Theta &= P_0 * \exp(-E_1^2 * F_0) \end{aligned} \quad 3)$$

где P_0 - величина постоянная для данного значения B_i , равная [2]

$$P_0 = I_0 \left(\sqrt{2 B_i} \frac{r}{R} \right) \quad 4)$$

Прологарифмируем выражение (3) и найдем из него число F_0

$$F_0 = \frac{\log P_0 - \log \Theta}{E_1^2 + \log s} = \frac{\alpha + \tau}{R^2}$$

Отсюда время охлаждения цилиндра при $B_i = \text{const}$

$$\tau = \frac{\log P_0 - \log \frac{t - t_{ж}}{t_0 - t_{ж}}}{\alpha + E_1^2 + \log s + R^{-2}} \quad 5)$$

Значения температур цилиндровой втулки в верхней ее зоне, где возможно кипение, на исследуемых переходных режимах и нагрузках, близких к номинальной, меняются незначительно - в пределах 15-25°C. В данном диапазоне температур число F_0 , вычисленное по средним для данного режима значениям температур цилиндровой втулки и средней продолжительности переходного процесса, которая для двигателя ЧН21/21 составляет 25-30с, равно $F_0 = 0,28-0,30$. С учетом этого выражение (5) можно использовать для определения времени охлаждения втулки цилиндра на переходных процессах при условии постоянства значений числа B_i , равенстве температуры охлаждающей воды, омывающей цилиндр $t_{ж}$ и при $n = \text{const}$.

Значения числа B_i определяются из выражения

$$B_i = \frac{\alpha * R}{\lambda}$$

где R- радиус цилиндрической втулки, м;

λ - коэффициент теплопроводности материала втулки, Вт/(м*°C);

α - коэффициент теплоотдачи в воду по втулке, Вт/(м*°C).

При термометрировании цилиндрической втулки с обычной системой охлаждения на переходном режиме при изменении нагрузки двигателя от Pe_1 до Pe_2 зафиксируем время стабилизации τ_1 средней по объему избыточной температуры втулки Θ_{cp} . Для ее определения цилиндрическая втулка условно разбивается на ряд элементов с приблизительно одинаковой температурой, объем которых можно вычислить.

Тогда Θ_{cp} рассчитывается по формуле

$$\Theta_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot t_i}{m_{вт}} \quad (6)$$

где $m_{вт}$ - масса втулки.

При термометрировании цилиндрической втулки на переходном режиме в том же интервале изменения нагрузки, но с ВТО, в результате различных условий теплообмена со стороны охлаждающей жидкости, время стабилизации τ_2 средней по объему втулки избыточной температуры будет отличаться на величину Δt , равную

$$\Delta t = \tau_1 - \tau_2 \quad (7)$$

Тепло, отданное цилиндрической втулкой $\Delta Q_{вт}$ при переходном процессе, найдется как разность теплосодержаний втулки цилиндра при ВТО и обычной системе охлаждения

$$\Delta Q_{вт} = \alpha_{охл} \cdot F (t_{ср охл} - t_{ж}) \tau_1 - \alpha_{вто} \cdot F (t_{ср вто} - t'_{ж}) \tau_2 \quad (8)$$

где $\alpha_{охл}$ - коэффициент теплоотдачи в охлаждающую воду при обычной системе охлаждения;

F- поверхность верхней зоны втулки;

$t_{ср охл}$ - средняя по поверхности втулки температура при обычной системе охлаждения;

$t_{ж}$ - температура охлаждающей воды;

τ_1 - время переходного процесса;

$\alpha_{вто}$ - коэффициент теплоотдачи при ВТО;

$t_{ср вто}$ - средняя по поверхности втулки температура при ВТО;

$t'_{ж}$ - температура охлаждающей воды при ВТО;

τ_2 - длительность переходного процесса при ВТО.

Выражение для $\Delta Q_{вт}$ можно также представить

$$\Delta Q_{вт} = c \cdot m \cdot (\Theta_{сравт} - \Theta_{ср охл}) = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (9)$$

где c- удельная теплоемкость материала втулки, Дж/(кг*°C);

m- масса втулки, кг;

$\Delta t = t_{сравт} - t_{ср охл}$ —разность средних по объему цилиндра температур при ВТО и обычной системе охлаждения.

Приравняв выражения (8) и (9) и решая равенство относительно $\alpha_{вто}$, находим

$$\alpha_{вто} = \frac{\alpha_{охл} \cdot F (t_{ср охл} - t_{ж}) \tau_1 - c \cdot m \cdot \Delta t}{F (t_{ср вто} - t'_{ж}) \tau_2} \quad (10)$$

Принимая во внимание, что теплообмен между поверхностью. Цилиндрической втулки и охлаждающей жидкостью для обычных систем охлаждения (при отсутствии кипения)

достаточно изучен, для определения $\alpha_{\text{охл}}$ можно воспользоваться одним из критериальных уравнений, приведенных в работах [3, 4, 5], либо определить его опытным путем при проведении теплорасчетных испытаний с измерением температур на входе и выходе из зарубашечного пространства. Определение же $\alpha_{\text{вто}}$ в результате теплорасчетных испытаний дает возможность лишь определения осредненного значения α по всей поверхности втулки, где наряду с участками, на которых осуществляется теплообмен с кипением, имеются и зоны обычного конвективного теплообмена. Уравнение (10) позволяет оценить интенсификацию теплообмена именно для зоны кипения.

Литература:

1. Устинов А.Н., Незнаев А.Н., Устинов Н.А. Исследование теплопередачи через поршневые кольца методом нестационарного теплообмена. // Энергомашиностроение. - 1978. - №11. - с.22-24.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981. - 416с.
3. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. - Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1979. - 222с.
4. Петриченко Р.М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания. - Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1975. - 224с.
5. Розенблит Г.Б. Теплопередача в дизелях. - М.: Машиностроение, 1977. - 216с.

УДК 621.431

Влияние высокотемпературного охлаждения на работоспособности втулки цилиндра дизеля

Вандышева Анна Александровна, старший преподаватель кафедры «Атомная энергетика»,
Денисенко Ирина Петровна, к.т.н., доцент кафедры «Атомная энергетика»,
Устинов Николай Андреевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры «Атомная энергетика»
Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Проблемы с износом централизованной теплоэнергетики сегодня решаются созданием индивидуального энергоснабжения на базе ДВС. В связи с этим возрос интерес к системам высокотемпературного охлаждения (ВТО). Этому способствует и укрепившееся мнение по итогам исследований по повышению надежности работы ДВС с высокотемпературным охлаждением. Это не совсем верно, т.к. двигатели, на которых впервые внедрялись системы ВТО существенно уступали современным по уровню форсирования. На Балаковском дизелестроительном заводе проводились работы по внедрению ВТО, в том числе и с оценкой надежности отдельных узлов. На основании анализа критериев теплонапряженности и работоспособности дизеля и его узлов [1-7] был выбран ряд критериев, с помощью которых можно оценить работоспособность втулки цилиндра. На основании результатов экспериментально исследования распределения температур по поверхности и толщине втулки, а также их зависимости от температуры, были

рассчитаны численные значения критериев. Эти данные приведены в таблице 1, где представлены максимальные значения критериев для зоны остановки первого поршневого кольца при положении поршня в ВМТ.

Уменьшение численного значения критерия показывает на уменьшение работоспособности втулки цилиндра. Предельным случаем для данных критериев следует считать значение равное 1. Значение критерия менее 1 показывает на потерю работоспособности. Исключение составляет критерий равномерности температуры втулки цилиндра. Уменьшение численности значения этого критерия указывает на выравнивание температур по поверхности и объему втулки, уменьшение температурных напряжений и повышение работоспособности втулки цилиндра. В предельном случае при равенстве критерия единице, втулка цилиндра имеет одинаковую температуру по всему объему. В этом случае во втулке отсутствуют тепловые потоки и температурные напряжения. Теплонапряженность втулки цилиндра в этом случае с точки зрения термических напряжений минимальна. Значений меньше единицы этот критерий иметь не может, так как температуры охлаждаемой поверхности меньше температуры поверхности со стороны камеры сгорания.

Из таблицы 1 видно, что по таким критериям, как условный коэффициент запаса прочности и отношение плотности теплового потока к критической втулка цилиндра имеет значительный запас работоспособности, то есть действующие величины термических напряжений и плотности.

Таблица 1

Результаты расчета критериев работоспособности втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21 при $P_{me}=1,61$ МПа и различной температуре охлаждающей воды

Критерий работоспособности	Температура воды за дизелем			
	75°C	85°C	105°C	115°C
1.Критерий механического износа втулки цилиндра	1,09	1,04	0,98	0,92
2.Критерий коррозионного износа	0,9	0,95	1,01	1,07
3.Критерий термической стойкости масла	1,29	1,23	1,15	1,09
4.Условный коэффициент запаса прочности	11	12	14	14,6
5.Отношение критической плотности теплового потока к действующей	8,6	8,8	9	9,2
6.Критерий равномерности температуры втулки цилиндра	1,22	1,18	1,14	1,12
7.Критерий устойчивости работы системы охлаждения	1,6	1,4	1,24	1,04
8.Критерий работоспособности резиновых уплотнений по давлениям	2	2	1,5	1,2

Теплового потока на порядок меньше допустимых, несмотря на высокую форсировку дизеля.

На рис.1 представлена графическая зависимость численных значений критериев работоспособности втулки от температуры охлаждающей воды.

Из рисунка видно, что при повышении температуры воды работоспособность втулки цилиндра с точки зрения температурных напряжений, плотности теплового потока, сернокислотной коррозии возрастает. С точки зрения механического износа из-за разрыва масляной пленки работоспособность втулки снижается.

Чтобы получить полную картину о работоспособности втулки цилиндра на рис.2 представлена графическая интерпретация результатов расчета численных значений критериев работоспособности по ее периметру.

Из-за неравномерности численных значений критериев по периметру даже в пределах одного пояса работоспособность будет определяться разными факторами. Так, например, оказалось, что для втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21 работоспособность ее верхней части со стороны впуска воздуха будет определяться механическим износом зеркала, а со стороны выпуска отработавших газов- коррозионным износом.

В целом при переходе к ВТО работоспособность возросла. Однако, необходимо конструктивными мероприятиями уменьшить температуру зеркала цилиндра в верхней части со стороны впуска воздуха до значений, какие она имеет со стороны выпуска отработавших газов или применять масло с более высокими физическими и механическими свойствами.

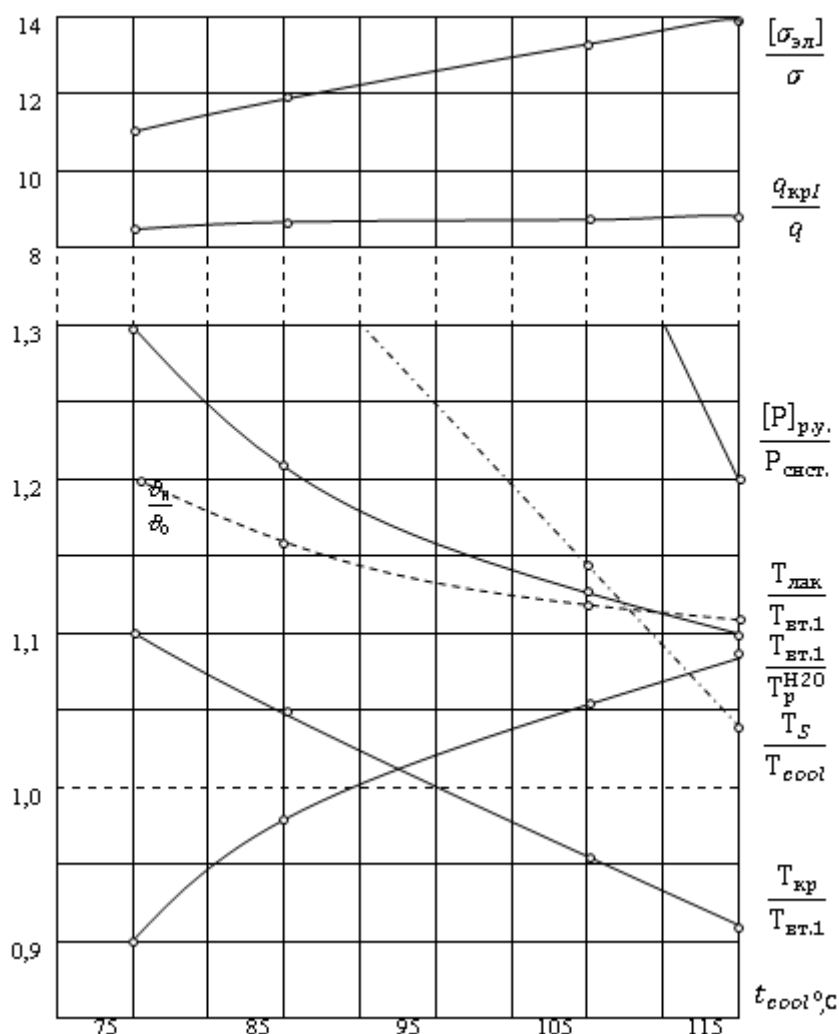


Рис. 1 Зависимость численных значений критериев работоспособности втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21 от температуры охлаждающей воды

$\frac{[\sigma_{эл}]}{\sigma}$ – запас прочности по термическим напряжениям;

$\frac{q_{крI}}{q}$ – отношение критической плотности теплового потока к действующей;
 $\frac{[P]_{ру.}}{P_{свст.}}$ – запас прочности резиновых уплотнителей;
 $\frac{T_{лак}}{T_{вт.1}}$ – критерий термической стойкости масла;
 $\frac{T_{вт.1}}{T_{Н2O}^P}$ – критерий химической коррозии;
 $\frac{T_S}{T_{cool}}$ – критерий устойчивости работы системы охлаждения;
 $\frac{T_{кр}}{T_{вт.1}}$ – критерий механического износа;
 $\frac{\vartheta_H}{\vartheta_0}$ – критерий равномерности температуры.

Исследование теплового состояния втулки цилиндра дизеля 6ЧН21/21 показало, что применение ВТО приводит к увеличению ее работоспособности, благодаря уменьшению теплового потока через ее поверхность, уменьшению температурных напряжений. Повышение ее температурного уровня в целом по всей поверхности приводит к уменьшению механического износа, что обусловлено улучшением работы поршня и поршневых колец, благодаря снижению вязкости масла.

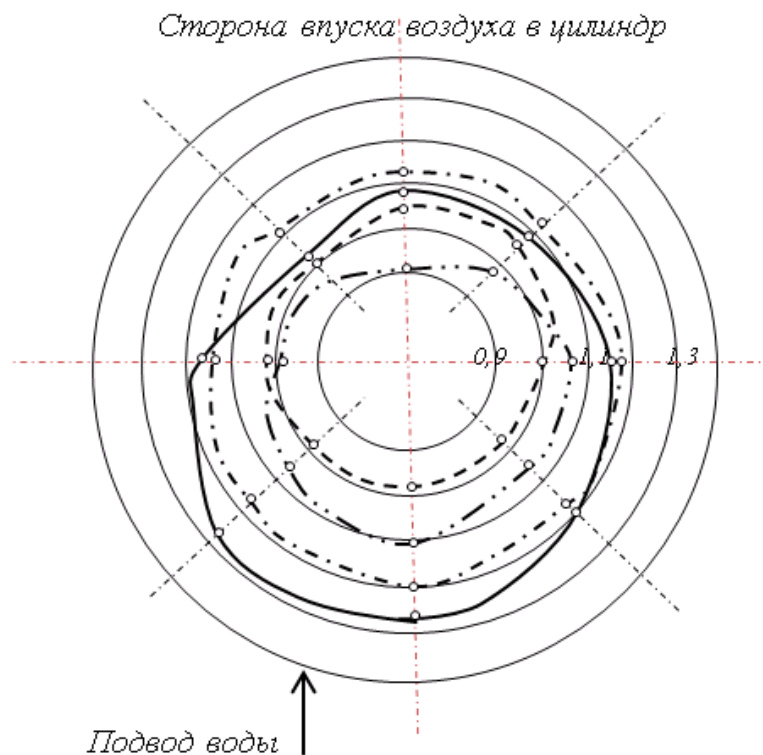


Рис. 2. Изменение величин критериев работоспособности по периметру втулки цилиндра

дизеля 6ЧН21/2: $\frac{T_{лак}}{T_{вт.1}}$, $\frac{\vartheta_H}{\vartheta_0}$, $\frac{T_{кр}}{T_{вт.1}}$, $\frac{T_{вт.1}}{T_{Н2O}^P}$..

Повышение температуры в верхней части втулки уменьшает склонность к химической коррозии, так как устраняет возможность конденсации паров воды и образования серной кислоты.

Выравнивание температуры по всей поверхности зеркала будет способствовать равномерному износу зеркала в процессе эксплуатации, что улучшает условия работы

поршня и поршневых колец.

Кроме того, повышается работоспособность деталей ЦПГ при работе дизеля на долевых нагрузках, благодаря стабильной температуре зеркала цилиндра при работе с ВТО.

Вместе с тем, следует иметь в виду, что для высокофорсированных дизелей на отдельных участках зеркала цилиндра (в верхней части хода поршня) могут устанавливаться уровни температур, при которых слой масла будет разрушен и это приведет к большому местному износу цилиндровой втулки, что снизит ее работоспособность.

Таким образом, видно, что однозначного ответа по повышению работоспособности двигателя при переходе на ВТО нет. Есть участки, которые не позволят двигателю нормально функционировать, как бы в целом не улучшалось его состояние. И прежде чем переводить двигатель на ВТО необходимо внимательно проанализировать возможные ухудшения его работы с целью их устранения

Литература:

1. Иванов Л.А. Теплонапряженность и эксплуатационная надежность цилиндровой группы судового дизеля. Мурманское книжное издательство, 1974.-208с.
2. Костин.А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания.-Л.:Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1979.-222с.
3. Кривов В.Г., Рогов М.Л., Синатов С.А. Испытание опытной дизель-генераторной установки с комплексной внутренней утилизацией тепловых потерь. ЦНИИТЭИТЯЖМАШ,М.,1979.-4-79-15.-с.3-6
4. Кривов В.Г., Синатов С.А. Обеспечение работоспособности дизелей с газотурбинным наддувом и высокотемпературным охлаждением при повышенных сопротивлениях газоздушных трактов. ЦНИИТЭИТЯЖМАШ,М.,1979.-4-79-12.-с.1-4.
5. Оценка температуры цилиндро-поршневой группы дизелей при высокотемпературном охлаждении. Ливенцов Ф.Л., Петриченко Р.М., Баранов С.П. и др. //машиностроение.-1968.-№8.с.8-11.
6. Павличенко А.М. Высокотемпературное охлаждение двигателей.-ДВС.-1966.-№12.-с.14.
7. Павличенко А.М. Исследование работы дизеля при высокотемпературном охлаждении.//Сб.научн.тр./Труды Новосибирского института водного транспорта.-1962.-Вып.12.-с.22-97.

УДК 536.7

Влияние продолженного расширения на технические характеристики поршневого двигателя

Елистратова Анна Олеговна, студент группы ТПЭН-21

Кроха Анна Михайловна, студент группы ТПЭН-21

Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры "Атомная энергетика

Балаковский инженерно-технологический институт - филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково

Проанализировано влияние увеличения хода поршня на показатели мощности

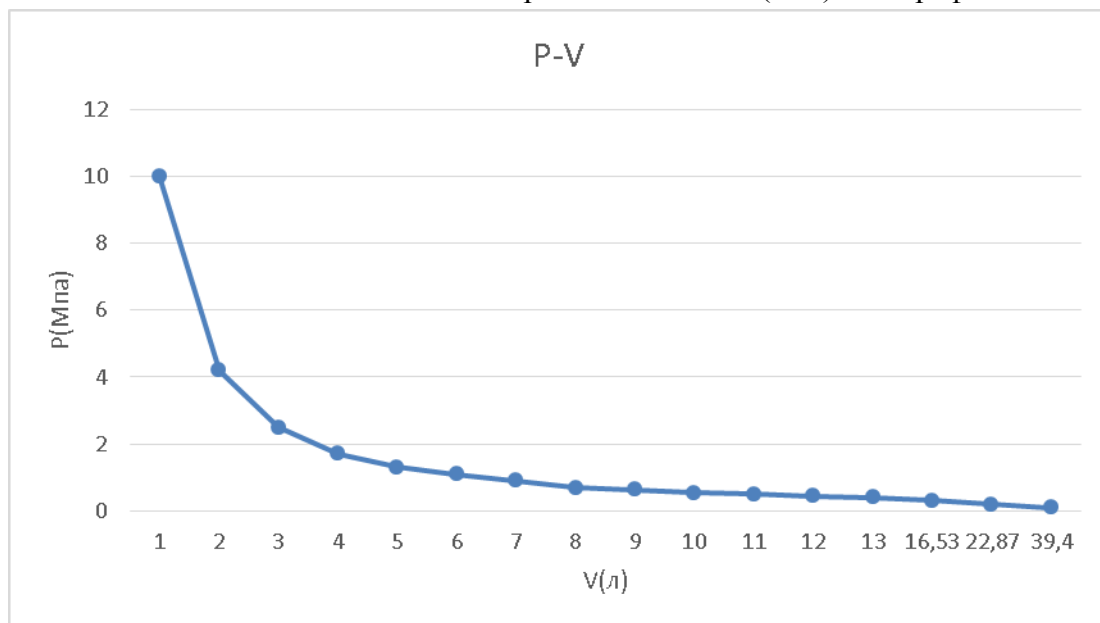
поршневой машины. Показаны преимущества длинноходного мотора перед короткоходным.

Нет сомнений, что увеличить рабочий объем, расточив цилиндры, проще всего. Но так как при этом прочность стенок уменьшается, здесь у разных моторов возможности отличаются. Помимо этого, необходимо ещё иметь в наличии подходящие поршни. Если все эти условия выполнены, то возражений против этого вида увеличения рабочего объема нет.

Рабочий объем можно увеличить, увеличив ход поршня. Это несколько сложнее, так как наряду с другим коленчатым валом (с большим ходом) необходимы либо укороченные шатуны, либо низкие поршни, которые предотвратят выход поршня за пределы блока цилиндров в ВМТ. Ход поршня увеличивают для получения лучшей топливной экономичности, тяги и чистоты выхлопа[2].

Ниже представлен график 1 зависимости давления от объема в поршневой машине (P-V). Чтобы узнать, как увеличится работа при увеличении хода поршня, необходимо вычислить работу на нескольких участках и узнать, на сколько процентов она изменилась.

Зависимости давления от объема в поршневой машине (P-V) График 1.



$$P \times V^{1,25} = 10$$

Разобьем график на несколько произвольных участков:

1. От 1 до 13 л.
2. От 13 до 21 л.
3. От 21 до 33 л.
4. От 33 до 40 л.
5. От 40 до 47 л.

Найдем площадь каждого из участков по формуле:

$$S = 10 \times \int_a^b V^{-1,25}, \text{ где}$$

a, b – пределы интегрирования каждого участка;

S – площадь каждого участка.

$$1. \quad S = 10 \times \int_1^{13} V^{-1,25}; S = 35,9 \text{ см}^2$$

$$2. \quad S = 10 \times \int_{13}^{21} V^{-1,25}; S = 9,7 \text{ см}^2$$

3. $S = 10 \times \int_{21}^{33} V^{-1,25} ; S = 10,27 \text{ см}^2$
4. $S = 10 \times \int_{33}^{40} V^{-1,25} ; S = 4,8 \text{ см}^2$
5. $S = 10 \times \int_{40}^{47} V^{-1,25} ; S = 4,1 \text{ см}^2$

Вычислим работу, умножив площадь на масштабные коэффициенты графика, и переводим ее в джоули. На основании этого составим таблицу значений 1.

Значение участков и работы

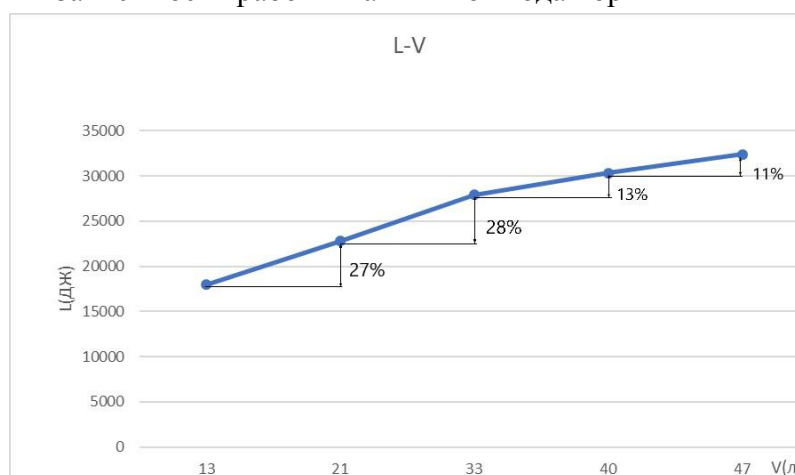
Таблица 1.

Участки	Работа(Дж)
От 1 до 13 л.	17950
От 13 до 21 л.	4850
От 21 до 33 л.	5135
От 33 до 40 л.	2400
От 40 до 47л.	2050

Составим график 2 зависимости работы машины от хода поршня.

Зависимости работы машины от хода поршня

График 2.



Из графика видно, что при дальнейшем увеличении хода поршня прирост будет уменьшаться и становиться незначительным, следовательно, увеличивать ход далее нет смысла. В общем, мощность прирастет примерно на 80%. То есть, у «сильно длинноходных» моторов высокая средняя скорость поршня увеличивает нагрузку на стенки цилиндра. Умеренно длинноходные моторы выигрывают в максимальной мощности и тяги, за счет массового внедрения турбонаддува и регулируемого впуска.

Короткоходные «крутильные» моторы просто вымирают, им нет места в новом мире. Длинноходный двигатель имеет более выгодное отношение охлаждаемой поверхности к объёму камеры сгорания при положении поршня в ВМТ, что более важно, так как в этот период цикла температура газов, определяющая потери теплоты, наиболее высока. Сокращение поверхности теплоотдачи в этой фазе процесса расширения уменьшает тепловые потери и улучшает индикаторный КПД двигателя[1].

Литература:

- 1.[Электронный ресурс],- <https://www.kolesa.ru/article/dlinnohodnye-i-korotkohodnye-motory-v-chem-raznitsa-i-kakie-luchshe>
- 2.[Электронный ресурс],- <http://auto-dnevnik.com/docs/index-4485.html?page=3>

Повышение эффективности модульных ветроустановок с помощью концентраторов потока

¹ Калашников Артемий Евгеньевич, ученик 9 класса, лицей № 1;

² Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент кафедры «Атомная энергетика»

¹ МАОУ лицей № 1, г. Балаково;

² «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт

Развитие ветротехники и серьезные инженерно-технические достижения в области ветроиспользования не устранили серьезные потери мощности ветрового потока, в связи с чем остается нерешенной проблема повышения эффективности использования энергии ветра. На основе изучения ветряных двигателей и ветроустановок и с учетом требований функциональности и эффективности, предлагается комплексное решение ряда существующих недостатков в проекте модульной мультироторной ветроэлектростанции с концентраторами потока. Уникальность ее конструкции позволяет обеспечить, как максимально полное настраивание модулей ветроустановки под направление ветровых сил с возможностью регулирования количества модулей, так и дополнительно повысить улавливание энергии ветра за счет встроенных концентраторов потока.

Подъем ветроэнергетической отрасли в России включает в себя как создание кластеров по формированию крупных парков ветрогенерирующих мощностей, так и развитие малой ветроэнергетики. Разработка и производство ветроустановок малой мощности представляет собой наиболее перспективный сектор ветроэнергетического рынка. Актуальность развития малой ветроэнергетики определяется тем, что 70% территории, на которой проживает 10% населения России, во многом совпадает с зонами ветроресурсов – Камчатка, Чукотка, Сахалин, Бурятия, Якутия, Магаданская область. Из опыта стран с развитой и развивающейся ветроэнергетикой (Китай, США, Германия, Индия) видно, что значимая доля энергии ветра используется владельцами загородного жилья, в сельской местности, для нужд ферм, предприятий, отдельных территориально удаленных объектов.

Несмотря на постоянное совершенствование конструкций и дизайна ветродвигателей (крыльчатого типа, как наиболее распространенного) на протяжении многих лет развития ветроэнергетики, и сегодня к заслуживающим внимания недостаткам относятся:

- необходимость принудительного вращения для ориентации на ветер;
- снижение надежности в турбулентных ветровых условиях;
- падение частоты вращения (мощности) при ураганном и слабом ветре;
- наличие громоздкой стационарной конструкции с высокой опорой – мачтой
- присутствие высокого уровня загрязняющего шума и вибрации;
- создание тени на растительность и нарушение зон обитания птиц [1].

Обобщенно недостатки можно объединить в группы показателей: эффективности – надежности – (вибро-)шумоизоляции – компактности (трансформации) – безвредности. Исследование подходов к попытке улучшить характеристики работы ветроустановок привел к идее о том, что вместо доработки привычной конструкции ветроустановки следует разработать концептуально иной подход к созданию ее конструкции. Чтобы

конструкторским решением устранить источник возникновения ряда недостатков.

В проекте модульной ветроустановки с концентратором потока представлена система работы взаимосовместимых мультироторных самостоятельных и самонастраивающихся модулей, крыльчатки которых оснащены потоконаправляющими устройствами.

Новая конструкция ветроэлектростанции позволяет:

1) выработать гарантированный максимум энергии в условиях неопределенности локальных потоков ветра за счет нежесткого крепления множества малых роторов и соответствующих параметров концентраторов потока (вместо одного большого ветроколеса);

2) изменять мощность ветроагрегата числом модулей с учетом потребностей в электричестве и местного потенциала ветра;

3) рассчитать число и комбинацию модулей, определить общие габариты конструкции, осуществить их монтаж как единого механизма;

4) работать в ограниченном пространстве, без негативного воздействия на природу.

Что касается особенностей разработанной конструкции модульной ветроэлектростанции, то такие конструкторские находки, как мультироторный принцип работы крыльчатки ветроколеса с встроенными облегченными концентраторами ветрового потока и их нежесткое (шарнирное) крепление к каркасу ветромодуля, а также выбор модульного типа для проектирования ветроэлектростанции позволяют говорить о принципиально новом и удобном в быту энергогенерирующем устройстве.

Одним из опорных утверждений, взятых за основу данного проекта, послужило изобретение курского механика Уфимцева А.Г. совместно с профессором Ветчинкиным В.П., которые почти 100 лет назад предложили нереализованную тогда идею сверхмощной на тот момент многоветряковой рамной ветросиловой установки мощностью 100 МВт, состоящей из 224 ветроколес по 20 метров каждое, смонтированных на одной вертикальной раме [2, С.20]. Не углубляясь в детали элементов данной конструкции, следует остановиться на тех моментах, которые задействованы в разработке проекта:

- замена одного ротора большого диаметра на несколько с малым с эквивалентной площадью сечения - снижает удельный вес согласно квадратно-кубическому закону;

- мощность ветра с высотой растет, а его неравномерность - уменьшается, в связи с чем верхние и нижние лопасти крыльчатки ротора испытывают разную нагрузку.

Определившись с базовой концепцией использования метода мультироторности, в поиске решения по конструкции и комплектации крыльчатки ротора был найден вариант с использованием концентратора воздушного потока. В общем виде, концентратор воздушного потока представляет собой конфузорное или диффузорное устройство, закрепляемое в близости от ветроколеса, более организованно направляющее к нему потоки ветра, снижая потери энергии и повышая эффективность ветроэлектростанции. Показатели работы отдельных концентраторов потока привели к выводам, учтенным в проекте:

- повысить мощность ветродвигателя логичнее за счет увеличения скорости ветра, чем за счет диаметра ветроколеса (она имеет кубическую зависимость от скорости ветра);

- создание условий для увеличения скорости ветра в рабочем ветроколесе наиболее актуально для регионов со средним и малым ветропотенциалом.

Среди разновидностей концентраторов воздушного потока (концентраторы энергии, дефлекторные и вихревые устройства, турбины Вентури, щиты-концентраторы, конические башни-концентраторы, концентраторы в виде узкого кольцевого кожуха) существует много недоработок: громоздкость, низкий КПД, сложность устройства, нерешенность

конструкторских задач, экономическая неэффективность [3, С.2]. Заданным целям отвечает облегченная конструкция с наиболее оптимальными параметрами и с возможно меньшей массой. Из них: максимально гладкие и ровные (предотвращение лишних потерь энергии ветра) боковые поверхности сторон раструба, имеющего короткий воздушный канал (избежание перегрузки) с зауженной и расширяющейся частями (формат пирамидальной воронки). Узкая часть раструба крепится по периметру к «юбке» основания крыльчатки ротора и, охватывая рабочее ветроколесо по внешним габаритам, своей широкой стороной повторяет периметр ячейки элемента ветромодуля.

Таким образом, максимальный охват притока воздуха граненой воронкой раструба в пирамидальном концентраторе вместе с ветроколесом сохраняет способность настройки на ветер, намного полнее усваивая энергию потока в режиме контакта с потоками ветра.

С научной точки зрения применение концентратора обусловлено двумя причинами: 1) согласно закону Бернулли из-за разницы давлений в широкой и узкой частях канала, создается повышенная скорость потока, увеличение мощности и объема выработки электроэнергии, 2) на основании расчета оптимальных параметров конструкции концентратора дополнительно обеспечивается снижение аэродинамических потерь энергии ветра. Причины и принципы применения концентраторов в данном проекте сочетаются с удобством их встраивания в мультироторную конструкцию ввиду малых размеров лопастей крыльчаток. Легкость общей конструкции за счет небольших габаритов, обладая маневренностью, позволяет каждому концентратору с ветроколесом «настраиваться» на ветер.

В вопросе проектного ветроколеса необходимо остановиться на выборе ширины лопастей: по итогам лабораторных экспериментов на влияние изменений скорости и направления ветра даны рекомендации не делать их узкими. Это связано с тем, что принимаемые за основу конструкции небольшие размеры крыльчатки ($d \approx 0,2\text{м}$) с узкими лопастями хуже раскручиваются и менее эффективно работают [4].

Оригинальным обобщающим решением проекта является модульная основа конструкции - ряды элементов в виде отдельных ветродвигателей с электрогенератором. Количество элементов в ряду определяется условиями работы по ветру и желаемым для вырабатывания напряжением. Требуемая мощность обеспечивается параллельным набором модулей в общую конструкцию, формируя прямоугольную (квадратную) ячейку с необходимой площадью поперечного сечения. Модули располагаются на экране и соединяются между собой горизонтально и вертикально, образуя единую систему из множества миниветростанций, каждая из которых имеет ось вращения и концентратор потока. Модульный принцип дает проекту функциональность – можно изменять габариты и мощность.

Лабораторные испытания ветромодуля на влияние концентратора потока на выработку энергии показали, что изменения составляют 3-5%, и в масштабе одного ротора 0,1 Вт мощности может рассматриваться как ничтожное улучшение. Однако в совокупном результате, когда готовая рабочая конструкция монтируется, например, из 70 модулей (исходя из ежемесячной потребности квартиры в 150 кВт), эффект от применения концентраторов достигает 30 Вт. На практике - это прибавление выработки 10-20 кВт в месяц.

Таким образом, мультироторные ветромодули с концентраторами потока эффективнее используют энергию ветра в регионах с малым ветропотенциалом и «не боятся» активных ветров в суровом климате. Внедрение проекта не зависит от реализации государственного

плана развития ветроэнергетики, т.к. ветроустановка ориентирована на автономное использование и монтаж не требует подключения к единой энергосистеме. Но меры заявленной государственной поддержки «работают» на его привлекательность.

Литература:

1. <http://www.diagram.com>. Кармишин А.В. Системы современных ветродвигателей [электронный ресурс]//техническая библиотека (дата обращения 15.03.2018).
2. Уфимцев А.Г., Ветчинкин В.П. Ветросиловая плотина будущего//Техника – молодежи, №12, 1951г. С.20.
3. Розин М.Н. Приближенное решение задачи о концентраторах ветрового потока//Малая энергетика, 2007г., С.2.
4. Калашников А.Е., Устинов Н.А. Определение базовых свойств умной ВЭС малой мощности с наиболее эффективными характеристиками//Молодой ученый, №6, 2018.

УДК 620.92.004.14

Эффективность электроснабжения объектов железнодорожного транспорта с использованием ветроэнергетической установки

Кобзев Николай Алексеевич, инженер-проектировщик,

АО "Росжелдорпроект" - ОСП "Саратовжелдорпроект" филиала «Желдорпроект Поволжья»;

Николаев Юрий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловая и атомная энергетика», Институт энергетики и транспортных систем Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Аннотация. В статье рассмотрена эффективность электроснабжения небольшого предприятия железнодорожного транспорта с использованием традиционных источников и ветроэнергетической установки.

Приоритетным направлением совершенствования инфраструктуры железнодорожного транспорта является снижение затрат на энергоресурсы за счет применения комбинированной выработки электроэнергии на источниках, использующих органическое топливо, электроэнергию и возобновляемые энергоресурсы. При этом особую значимость приобретают вопросы электроснабжения малых потребителей, к которым относятся небольшие предприятия железнодорожного транспорта, жилые поселки, удаленные от систем централизованного газоснабжения [1, с. 75].

В статье рассмотрена эффективность электроснабжения эксплуатационного депо, расположенного в Волгоградской области с использованием ветроэнергетической установки. Электрическая энергия расходуется в технологических процессах, для освещения и обеспечивает работу систем кондиционирования воздуха в летний период. Графики электрических нагрузок зимнего и летнего периодов имеют выраженный суточный режим электропотребления, в ночное время электрическая нагрузка снижается до 9-12% от дневного максимума.

Обеспечение малых потребителей железнодорожного транспорта возможно по следующим вариантам схем: 1- дизель-генераторная установка (ДГУ) на жидком топливе и

ветроэнергетическая установка (ВЭУ), 2- ВЭУ и трансформаторная подстанция (ТП), подключенная к высоковольтной линии и снижающая напряжение от 27-30 кВ до 0,4 кВ.

В рассматриваемых вариантах ДГУ или ТП должны обеспечивать максимальную мощность потребителя в случае останова ВЭУ в безветренные дни.

На экономическую эффективность комбинированной схемы электроснабжения существенное влияние оказывает величина установленной мощности ВЭУ. С ростом электрической мощности ВЭУ увеличиваются капиталовложения, но снижаются расходы топлива на ДГУ или электроэнергию из энергосистемы. Поэтому в рассматриваемых вариантах электроснабжения электрическая мощность ВЭУ принята из условия покрытия минимальной суточной нагрузки, так как при большей мощности потребуется ее останов в ночные часы.

Для расчета выработки электроэнергии на ВЭУ использованы данные метеонаблюдений за скоростью ветра в месте расположения источника за последние 10 лет. В качестве ВЭУ выбран трёхфазный ветрогенератор с горизонтальной осью мощностью 60 кВт, российского производства «Condor Air».

Годовая выработка электрической энергии ветроустановкой определена по формуле [2, с. 27], кВт ч:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}} = \sum_{j=1}^n [\sum_{i=1}^m P_i(V) N_i(V)] \tau_j, \quad (1)$$

где n – число месяцев в году; m – количество градаций скорости ветра; $P_i(V)$ – повторяемость скорости i - градации; $N_i(V)$ – выходная мощность ВЭУ в данной градации, которая определяется по рабочей характеристике ВЭУ; τ_j – количество часов работы ВЭУ в месяц.

Результаты расчетов выработки электроэнергии в зависимости от установленной мощности ВЭУ и скорости ветра показаны в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость мощности ветроэнергетической установки от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	2,5	4	6	8,5	11	13,5	16,5
Электрическая мощность ВЭУ, кВт	2	8	20	58	62,5	62,5	-

В качестве критерия эффективности вариантов схем электроснабжения приняты приведенные дисконтированные затраты [3, с. 451], руб./ год

$$\xi = \frac{Z_d}{\sum_{t=0}^T (1 + E)^{-t}}, \quad (2)$$

где Z_d – дисконтированные (интегральные) затраты за срок службы, руб.; E – ставка дисконтирования.

Дисконтированные затраты определяются по формуле

$$Z_d = K + \sum_{t=1}^T I_t (1 + E)^{-t}, \quad (3)$$

где K – капитальные затраты в сооружение комбинированного источника электроснабжения, руб.; I_t – суммарные эксплуатационные издержки в год t , руб. /год.

Эксплуатационные затраты рассчитываются так, руб./год
для варианта 1

$$I_t = C_t B_{дгу} + p_{дгу} K_{дгу} + p_{взу} K_{взу}, \quad (4)$$

для варианта 2

$$I_t = C_э \mathcal{E}_{тп} + p_{тп} K_{тп} + p_{взу} K_{взу}, \quad (5)$$

где C_t – стоимость условного топлива, руб./кг у.т.; $B_{дгу}$ – годовой расход топлива ДГУ; $p_{дгу}$; $p_{тп}$ – коэффициенты, учитывающие отчисления от капитальных вложений на амортизацию, ремонт и обслуживание ДГУ, ВЭУ и ТП, 1/год; $K_{дгу}$, $K_{взу}$, $K_{тп}$ – капитальные вложения в ДГУ, ВЭУ и ТП, руб.; $C_э$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт ч; $\mathcal{E}_{тп}$ – годовой расход электроэнергии от ТП, кВт ч/год.

Выработка электроэнергии на ДГУ или потребление ее от ТП по рассматриваемым вариантам определялась из баланса $\mathcal{E}_{дгу} = \mathcal{E}_{потр} - \mathcal{E}_{взу}$, $\mathcal{E}_{тп} = \mathcal{E}_{потр} - \mathcal{E}_{взу}$.

Расчеты выполнены при максимальной электрической нагрузке потребителя 500 кВт, $C_t = 28$ руб./к у.т., $C_э = 3,23$ руб./кВт ч, электрическом КПД ДГУ – 0,4,

КПД ВЭУ – 0,85, КПД ТП – 0,99, $p_{взу} = 0,03$, $p_{дгу} = 0,1$; $p_{тп} = 0,15$ /год, $E = 0,15$, $T = 25$ лет, удельные капиталовложения приняты следующими: в ВЭУ – 70 тыс. руб./кВт, в ДГУ – 20 тыс. руб./кВт, в ТП – 10,5 тыс. руб./кВт. Результаты расчетов в зависимости от величины электрической мощности ВЭУ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Количественные показатели и приведенные дисконтированные затраты в комбинированные установки

Наименование показателя	Единицы измерения	Вариант 1 ДГУ+ВЭУ	Вариант 2 ТП+ВЭУ
1. Выработка электроэнергии ДГУ (потребление от ТП)	тыс. кВт ч/год	1105	1105
2. Выработка электроэнергии ВЭУ	тыс. кВт ч/год	423	423
3. Расход топлива ДГУ	тыс. тут	170	—
4. Суммарные эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	460	400
5. Капитальные вложения	тыс. руб.	11761	6843
6. Приведенные дисконтированные затраты	тыс. руб./год	115842	90667

Из рассмотрения таблицы 2 видно, что электроснабжение по варианту 2 обеспечивает снижение затрат на 22% по сравнению с вариантом 1. Установка ВЭУ в рассматриваемых вариантах приводит к снижению затрат на 15-20%. Вместе с тем необходимо отметить, что применение варианта 2 возможно при наличии электрофицированной железной дороги, в противном случае необходимо применение схемы по варианту 1.

Задачей дальнейших исследований является определение оптимальной мощности ВЭУ с учетом обеспечения тепловой нагрузки потребителя.

Выводы

1. Внедрение ветроэнергетической установки обеспечивает снижение приведенных дисконтированных затрат в систему электроснабжения на 15-20%.

2. Для электрофицированной дороги наименьшие затраты обеспечивает схема электроснабжения с сооружением трансформаторной подстанции и ветроэнергетической установки (вариант 2). Для неэлектрофицированных дорог – схема с двигатель-генераторной установки и ВЭУ (вариант 1).

Литература:

1. Кобзев Н.А. Оценка эффективности источников теплоснабжения инфраструктуры железнодорожного транспорта на различных видах топлива/ Н.А. Кобзев, Ю.Е. Николаев, // сб.науч. тр. Том 1 Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: материалы VII Международной научно-технической конференции Ульяновск, 21–22 апр. 2017 г. – Ульяновск, 2017. – С. 75–79.
2. Обухов С.Г., Сурков М.А., Хошнау З.П. Методика выбора ветроэнергетических установок малой мощности /ЭЛЕКТРО/2/2011 – С. 25–30
3. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы: Справочник. Под ред. А.В. Клименко, В. М.Зорина - М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 527 с.

УДК 338

Формирование Россией стратегических приоритетов развития ядерных технологий

Смирнова Татьяна Леонидовна, социально-экономическое отделение

Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

Рассмотрена структура бизнес-модели, конкурентная стратегия выбора приоритетов госкорпорации на основе интеграционных процессов технологической цепочки и смежных сегментов рынка ядерных технологий. Выявлены устойчивые тенденции поддержки экспорта наукоёмкой продукции и услуг на основе применения правовых, системных и экологических инноваций с целью масштабирования российских энерготехнологий.

ГК «Росатом» является ведущей компанией на рынке ядерных технологий, осуществляет управление активами на всех стадиях жизненного цикла и создаёт бизнес-стоимость энерготехнологий. Под «стоимостью» понимаются полученные финансовые результаты экономической деятельности, созданные товары и услуги, присутствие на определённых рынках в мировой экономике, влияние госкорпорации на социальную и экологическую внешнюю среду. Совокупная стоимость госкорпорации создаётся предприятиями дивизионов на основе дифференцированной структуры бизнес-ядра и социально-экономических процессов. В первое ядро бизнес-модели входит наиболее сложный технологический комплекс производств по обеспечению ядерной и радиационной безопасности (ядерно-оружейный комплекс, атомный ледокольный флот и другие). Второе ядро бизнес-модели представлено ядерно-энергетическим комплексом, предприятия которого осуществляют все этапы ядерного цикла (строительство и обслуживание АЭС). Третье бизнес-ядро включает в себя систему производств, функционирующих на основе инновационных технологий (ядерная медицина, ядерная nanoиндустрия).

Использование для анализа бизнес-модели в среднесрочном горизонте планирования обеспечивает актуализацию целей и программ устойчивого развития ядерного сектора в национальной экономике, концентрацию ресурсов в наиболее эффективных сегментах и регионах. Госкорпорация «Росатом», реализуя приоритеты устойчивого развития через разработанную бизнес-модель, является доминирующим участником рынков природного урана, услуг по конверсии и обогащению урана, промышленного машиностроения, производства электроэнергии, инфраструктурного обслуживания АЭС, утилизации радиоактивных отходов, использования радиационных технологий. Анализ взаимосвязей

этих рынков позволяет выявить приоритеты в формировании себестоимости услуг госкорпорации через вертикально интегрированные процессы экономической деятельности.

Рассматривая топливную составляющую энерготехнологии отметим, что особенностью рынка природного урана является сформированная группа лидеров, в которую входят Казахстан, Канада, Франция, РФ, Австралия, Китай и Узбекистан, на долю которых приходится более 70% совокупного объёма производства [2]. Спрос на рынке природного урана зависит от объёмов генерации электроэнергии на АЭС и уровня загрузки исследовательских реакторов. Объём производства на этом рынке ниже уровня совокупного спроса в мировой экономике, что приводит к необходимости использования вторичных источников топлива (складских запасов энергокомпаний). Участники этого мирового рынка наращивают инвестиции в разведку и разработку новых месторождений, в том числе с участием стран Африки. «Атомредметзолото» (горнорудный дивизион ГК «Росатом») сохраняет устойчивые позиции на этом рынке на протяжении последних пяти лет, диверсифицируя виды деятельности за счёт производства сопутствующей продукции.

Рынок услуг по конверсии и обогащению урана формирует ключевую стадию производственной цепочки ГК «Росатом» на базе газодиффузионной технологии. В 2015 году ведущими поставщиками на этом рынке услуг являются РФ, Великобритания, Германия, Нидерланды, Франция, Китай. Позиции США (USEC) на этом рынке ослабли после прекращения контракта ВОУ-НОУ на поставку российских энергетических ресурсов. За счет формирования новых национальных энергетических проектов стран, с ростом мирового парка ядерных реакторных блоков к 2030 году, спрос на услуги фабрикации топлива значительно вырастет [4]. Группу ключевых поставщиков на рынке фабрикации ядерного топлива составляют: США, Франция, Япония и Россия. Основные сегменты этого рынка географически расположены в Западной Европе и Северной Америке, Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Мировой рынок энергетического машиностроения в 2015 году имел следующие показатели: ядерная энергетика – 15%, нефтехимия – 25%, тепловая энергетика – 60%; к 2030 году по прогнозу ожидается постепенное выравнивание долей перечисленных сегментов рынка за счет диффузии инновационных технологий стран. Сегменты российского рынка энергетического машиностроения в этот же период выражены пропорциями: ядерная энергетика – 11%, нефтехимия – 29%, тепловая энергетика – 60% [5]. Основные направления развития российского рынка определяются следующими нормативными документами: «Энергетическая стратегия развития РФ до 2030 года», «Инновационная стратегия развития ГК «Росатом» до 2030 года», «Генеральная схема размещения объектов энергетики в РФ до 2030 года», «Дорожная карта строительства АЭС».

В 2015 году мировой рынок сооружения, эксплуатации АЭС представлен функционирующими более 430 блоками энергетических реакторов, которые находились на разных этапах сооружения. В группу ведущих стран по количеству энергетических реакторов в 2015 году входили США, Франция, Япония, Россия и Китай. ГК «Росатом» занимала второе место в мире по установленной мощности АЭС среди атомных генерирующих компаний после французской компании. Основными типами действующих энергетических реакторов АЭС в мире являются легководные (ВВЭ, PWR, BWR), которые показали свою эффективность, надёжность и безопасность в эксплуатации. На долю тяжёловодных энергетических реакторов PHWR (CANDU) приходилось около 7% установленной мощности в мире. По сценарным прогнозам Всемирной ядерной организации, к 2030 году число энергетических ядерных реакторов АЭС составит 589, а их суммарная

мощность – 574 ГВт [1]. Основным регионом в мировой экономике по спросу на сооружаемые АЭС будет азиатский. В 2015 году ГК «Росатом» расширила свой портфель зарубежных заказов на строительство АЭС, основными конкурентами России на этом мировом рынке остаются Франция («AREVA»), США («Westinghouse»), Япония («Toshiba»).

Рынок обращения с радиоактивными отходами, отработанным ядерным топливом, вывода из эксплуатации ядерных объектов постепенно увеличивается за счёт стареющего парка АЭС в странах ЕС. В 2019 году ожидается максимальный объём вывода из эксплуатации ядерных объектов в мировой экономике, который в последующие годы стабилизируется. В 2015 году крупными участниками этого рынка являлись ГК «Росатом», «AREVA», «Energy Solution», «URS». В значительных масштабах обращением, переработкой и утилизацией ядерных отходов занимаются ГК «Росатом», «AREVA», «INFL». Рынок радиационных технологий представлен ядерной медициной, досмотровыми системами и системами неразрушающего контроля, центрами облучения материалов, экологически безопасными технологиями (водоподготовка, утилизация отходов). Стратегия ГК «Росатом» на этом рынке заключается в увеличении доли присутствия, формировании предложения нового уровня технологий [3]. Крупными конкурирующими компаниями на этом рынке являются AREVA, Westinghouse, Toshiba, Siemens, Philips, GE, IBI, CNLM.

Подводя итоги, отметим, что ядерная энергетика выполняет важные функции обеспечения устойчивого развития национальной экономики:

- обеспечивает социальную стабильность через удовлетворение первичных потребностей населения в качественной и доступной электроэнергии;
- поддерживает экономическую эффективность внедрения технологических, социальных и экологических инноваций в сочетании с бюджетной эффективностью.

Экспорт сопутствующих неядерных технологий повышает диверсификацию энергетического бизнеса в национальной экономике; замыкание топливно-ядерного цикла позволяет реализовать принципы концепции «естественной безопасности». ГК «Росатом» является естественной и технологической монополией, которая использует систему корпоративных ценностей для масштабирования бизнеса, достижения более высокого уровня безопасности эксплуатации АЭС в системе управления устойчивым развитием.

Литература

- 1 Годовой доклад МАГАТЭ за 2016 год. – Вена: IAEA, 2017. – 157с.
- 2 Публичный годовой отчет ГК «Росатом». – М.: Росатом, 2016. – 152с.
- 3 Смирнова Т.Л. Основные направления реструктуризации ядерного топливно-энергетического комплекса в России // Экономика региона. – 2009. – № 2. – С.217 – 223.
- 4 Смирнова Т.Л. Формирование кластера редкоземельных металлов как стратегия ГК «Росатом» развития Томской области / Т.Л. Смирнова, Л.Г. Субботина // Цветные металлы. – 2014. – №6. – С.8-11.
- 5 Статистический ежегодник мировой энергетики 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <https://yearbook.enerdata.ru> (дата обращения: 15.03.2018).

Походные зарядные устройства на основе тепловых двигателей

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Атомная энергетика»

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

Рассмотрены варианты устройств обеспечения электроэнергией в походных условиях. Зная энергетические возможности района, в котором предполагается находиться длительное время, можно подобрать наиболее подходящее оборудование. Высокая стоимость оборудования может быть препятствием для его приобретения и хранения большую часть года без использования. Универсальным вариантом может быть устройство получения электроэнергии на основе тепловых двигателей с бесшатунными механизмами.

Одно из применений микроэнергетики – энергообеспечение в походных условиях. Поход – форма активного отдыха, представляющего собой элемент здорового образа жизни. Наличие средств развлечения: радио, телевидение, игровые развлечения с помощью смартфона, не обязательный атрибут интересного времяпровождения в походных условиях. А вот обеспечение надежной связи и освещение в вечернее и ночное время повышает безопасность отдыха. Например, для связи с группами спасения при чрезвычайных ситуациях, например, в случае заболевания участника похода.

Промышленность предлагает следующие устройства обеспечения электроэнергией.

Дополнительный аккумулятор. Достижимые характеристики в этой области 600 Ватт*час на один килограмм веса. Стоимость одного аккумулятора на 10А*час составляет 8000 руб. Вес 150 грамм. Такое устройство обеспечит работу сотового телефона в течении 20 часов непрерывной работы. Т.е. при 10-ти дневном походе можно гарантированно обеспечить 2-х часовую связь в сутки. При условии наличия сотовой связи. Для походной радиостанции время связи сокращается в четыре раза. Но гарантированно можно получать связь в договоренное время. Или 10-ть вечеров по два часа на освещение. Дальнейшая энергонезависимость обеспечивается дополнительным весом аккумуляторов.

Солнечные панели. Панель размером 0,5*0,5 м обеспечит мощность в солнечный день 20 Ватт. Но в комплекте с одним запасным аккумулятором, постоянно подзаряжаемом в светлое время суток обеспечит электроэнергией поход любой продолжительности.

Характеристики солнечной панели BlitzWolf:

-Емкость: 90001 – 10000 мАч;

-Мощность: 20 Вт;

-Размер в сложенном виде: 15 x 27 x 2,8 см;

-Размер в разложенном виде: 67,5 x 27 x 0,4 см;

-Вес: 550 г. Цена 7500 руб.

С таким весом и заявленной мощностью, данная солнечная панель вполне обеспечит туриста необходимым количеством электроэнергии

Носимые ветростанции. Минимальная предлагаемая на рынке мощность 10 Вт при весе 2,0 кг. В принципе не требует дополнительного аккумулятора, подзаряжая штатные

аккумуляторы устройств в любое время суток. Разумеется при наличии ветра. Из-за большого веса существенно уступает солнечной походной батарее. И в лесу ее использование затруднительно.

Носимые гидростанции. Наилучший известный вариант обеспечивает мощность 5 Вт при весе 900 грамм при внешних размерах 40 x 30 x 20 см. Годится для зарядки дополнительно аккумулятора и продолжительного освещения туристического лагеря.

Элементы Пельте. Гарантированно обеспечат электроэнергией, где есть сухая растительная масса. Так что в водных походах без причаливания к берегу или высокогорных районах не применимы. Стандартный «походный» термогенератор имеет следующие характеристики:

Напряжение/ Сила тока	13,5 В/0,16 А
Мощность	2,2 Вт
Вес	1,6–2 кг
Размеры (примерно)	150x150x200 мм
Цена	От 7000 руб.

Для мощности в 2 Вт вес недопустимо большой и для туриста не представляет интереса.

Тепловые двигатели. Один кг топлива может обеспечить в любое необходимое время мощность 10 Ватт в течение 200 часов. 10 Ватт, это мощность радиостанции для связи с экстренными службами. Для остальных потребителей требуется существенно меньшая мощность. При этом во время похода этот вес уменьшается, что нельзя сказать про остальные устройства. Из-за веса запаса топлива по весовым характеристикам существенно уступает солнечной панели, но дает гарантированно ток в любой момент времени. При весе собственно электростанции в 1 кг будет уступать гидростанции, для которой требуется наличие скоростного потока воды, но сравняется с ветроэлектростанцией. Учитывая, что 200 часов работы означает возможность 9-ь дней провести возле радиостанции, ради чего в походы не ходят, такой источник обеспечит электроэнергией весь срок мыслимого похода, который для работающих не может превысить 56 дней.

Таким образом, для туристических походов наиболее подходящим источником электроэнергии является тепловой двигатель. Промышленность выпускает поршневые микроДВС с мощностью 2 кВт, при весе 200 грамм для моделизма. Такой двигатель, работая на мощность в 20 Вт, с таким весом и весом электрогенератора на данную мощность в сумме не превысит вес в 400 грамм. И обеспечит практически безграничный ресурс. При этом его весовые характеристики превысят аналогичные характеристики всех иных типов источников энергии.

Направления конструирования тепловых двигателей для походов:

- паровой двигатель, не требует носимого запаса, но зависит от его наличия в виде сухих остатков растительности,
- со сгоранием топлива, требует носить дополнительный вес топлива, но не зависит от погодных условий, когда естественное топливо трудно собрать, а тем более зажечь.
- универсальный двигатель, который мог бы работать как от жидкого (традиционного) горючего, так и от сжигания растительной массы. Недостатком будет наличие парового котла, вес которого, кстати, для походных условий маломощного двигателя необременителен, на величину которого можно сократить запас жидкого топлива, которое будет использоваться только в крайнем случае.

Опыт показывает, что универсальные устройства желательны, но наиболее трудоемки

в изготовлении. По этой причине на кафедре «Атомная энергетика» основные усилия направлены на конструирование двигателя со сгоранием топлива.

Для мощности в 10 Вт можно использовать тихоходные двигатели, с частотой вращения 100 – 200 об/мин. И редуктором для повышения частоты вращения электрогенератора. Затраты энергии на работу редуктора существенно меньше, чем на проталкивание отработавших газов через глушитель.

Малая частота вращения повышает механический КПД и повышает топливную экономичность. При малой частоте вращения необходимо пропорционально увеличивать объем камеры сгорания. Это снижает удельную поверхность камеры сгорания и также увеличивает топливную экономичность за счет снижения потерь тепла через стенки камеры сгорания. При таком подходе эффективный КПД ожидается более высокий, чем имеет место в «стандартных» микроДВС.

Увеличение объема камеры сгорания однозначно увеличивает габариты ДВС и требует применения бесшатунного механизма преобразования поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. Наименьшие габариты будут при применении кривошипно-кулисного механизма. Конструкция такого ДВС была запатентована сотрудниками Балаковского инженерно-технологического института [1]. Для упрощения конструкции газораспределительного механизма сотрудниками института был запатентован поршень для такого двигателя, с расположением части газораспределительного механизма в поршне [2]. Так как туристический поход может быть совершен и в зимнее время, появляется проблема надежного пуска двигателя в холодное время. Традиционно это обеспечивается высокой степенью сжатия. Но при выходе на рабочий режим ДВС снабжают устройствами изменения степени сжатия. Эта проблема также устранена сотрудниками института устройством регулирования степени сжатия предлагаемого бесшатунного ДВС [3,4]. В ряде случаев, в походных условиях необходимо осуществлять проверку работоспособности узлов ДВС. Наиболее напряженные условия работы у свечи зажигания. Для проверки ее работоспособности в полевых условиях разработано портативное устройство [5]. Отработавшие газы ДВС имеют высокую температуру и есть смысл их тепловую энергию дополнительно превращать в электрическую. Для этого сотрудниками института разработан термоэлектрический генератор [6]. Данный электрогенератор может работать и от твердого топлива и является резервным на случай отказа ДВС, или в случае, когда требуется малая мощность и нецелесообразно запускать ДВС.

Литература:

1. Поршневой кривошипно-бесшатунный двигатель внутреннего сгорания портативной электростанции. Устинова Н.Н., Устинов Н.А.. Полезная модель №75696 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 20.08.2008.
2. Продувочное устройство поршневого кривошипно-бесшатунного двигателя внутреннего сгорания. Устинов С.Н., Устинов Н.А. Полезная модель №74964 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 20.07.2008.
3. Поршень кривошипно-бесшатунного ДВС с переменной степенью сжатия Устинов Н.А., Кожевников Д.А. Полезная модель №119810 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 27.08.2012

4. Поршень кривошипно-бесшатунного ДВС с плавно изменяющейся степенью сжатия. Устинов Н.А., Кожевников Д.А.. Полезная модель №130631 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 27.07.2013.

5. Устройство для проверки работоспособности свечи зажигания. Устинов Н.А. и др. Полезная модель №149859 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 20.01.2015.

6. Термоэлектрический генератор. Устинов Н.А., Кассаев С.В. Полезная модель №130753 зарегистрировано в государственном реестре полезных моделей Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 27.07.2013

УДК 621.43

**Абсорбционная холодильная установка
в системе охлаждения наддувочного воздуха ДВС**

¹Устинов Станислав Николаевич, инженер, отдел главного конструктора

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

¹Балаковский дизелестроительный завод им. Бр.Маминых

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

Рассмотрена возможность повышения эффективности охлаждения наддувочного воздуха дизелей с помощью абсорбционной холодильной установки за счет использования теплоты наддувочного воздуха для снижения его температуры.

К температуре воздуха на входе в цилиндр предъявляются два требования:

- температура должна быть как можно меньше для улучшения наполнения цилиндра;
- температура должна быть не настолько низкой, чтобы можно было надежно обеспечить сгорание топлива.

Таким образом, под конкретное значение температурных условий окружающей среды проектируется как сам дизель, так и его системы.

В общем виде, для ДВС с наддувом, система охлаждения наддувочного воздуха проектируется на максимально возможное снижение температуры. При этом в холодное время либо подогревают воздух во время пуска и снижают глубину охлаждения в зависимости от мощностного режима работы ДВС.

Наиболее эффективным является охлаждение стационарных ДВС при использовании охлаждающей воды из водоема. Для судовых дизелей это забортная вода. Для тепловозных дизелей условия охлаждения существенно хуже, т.к. температура охлаждающей воды немного больше температуры окружающего воздуха, куда передается теплота из радиатора, в который направляется охлаждающая жидкость из охладителя наддувочного воздуха.

Такие системы охлаждения наиболее простые, содержат минимальное количество

элементов в своей системе (Рис.1), но возможность охлаждения ограничена температурными условиями окружающей среды.

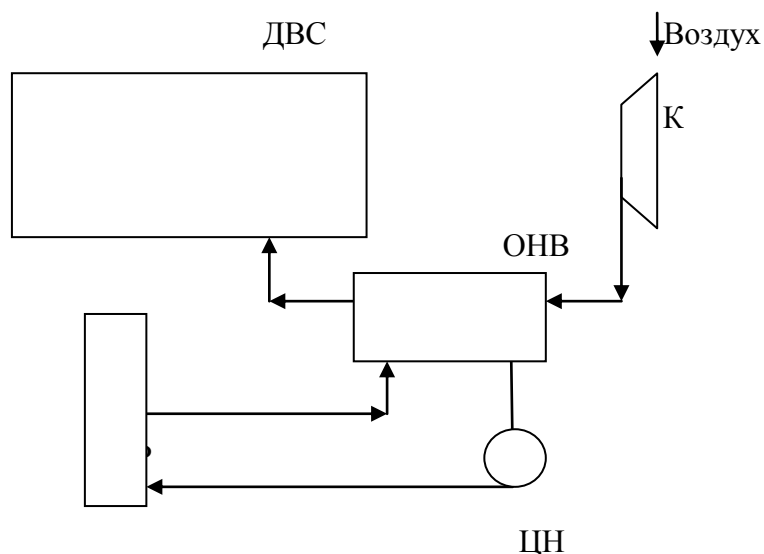


Рис.1

Система охлаждения надувочного воздуха работает следующим образом. Сжатый в компрессоре (К) воздух, направляется в охладитель надувочного воздуха (ОНВ). В него же поступает охлажденная в радиаторе (Р) охлаждающая жидкость. Жидкость нагревается, отбирая теплоту у надувочного воздуха и циркуляционным насосом (ЦН) направляется в радиатор. Охлажденный воздух направляется в двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Несколько понизить температуру надувочного воздуха после ОНВ можно с применением воздушного охлаждения охладителя надувочного воздуха. При этом из схемы удаляются радиатор и циркуляционный насос. Но такое упрощение схемы охлаждения существенно усложняет конструкцию впускного тракта двигателя и применяется редко [1].

Дальнейшее улучшение условий работы ДВС невозможно без усложнения конструкции системы охлаждения.

Абсорбционная холодильная машина может обеспечить существенно более глубокое охлаждение надувочного воздуха. Бромисто-литиевые холодильники могут обеспечить температуру охлаждающей среды до нескольких градусов выше нуля. Водноаммиачная холодильная установка обеспечивает температуру меньше нуля градусов по цельсию [2].

Применение абсорбционной холодильной установки позволяет охлаждать надувочный воздух без затрат внешней энергии. Охлаждение осуществляется за счет тепловой энергии охлаждаемого воздуха. Охладитель надувочного воздуха выполняется двухступенчатым. В первой ступени температура воздуха снижается за счет отвода теплоты в кипятильник, для испарения аммиака из водноаммиачного раствора. Во второй ступени ожиженный аммиак испаряется за счет теплоты воздуха. Т.к. температура кипения аммиака равна -34°C , глубина охлаждения воздуха может достигать до отрицательных значений. Схема представлена на рис.2.

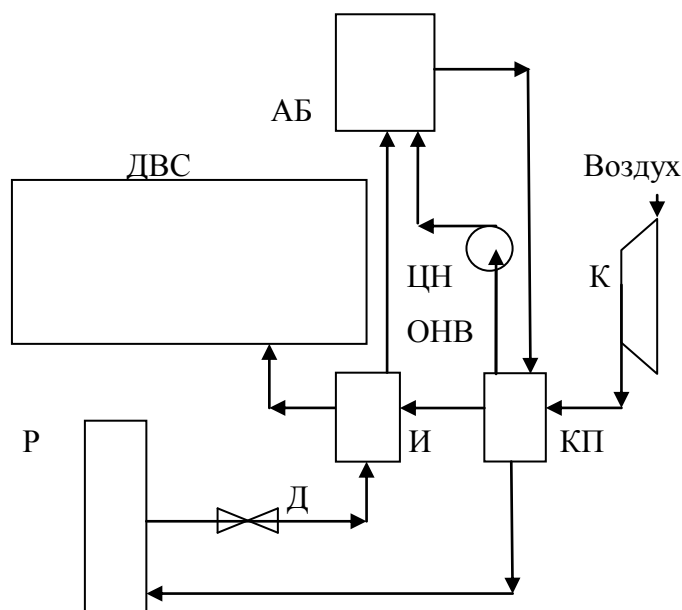


Рис.2

Установка работает следующим образом. Сжатый в компрессоре (К) воздух, имеющий температуру свыше 100°C , частично охлаждается в кипятильнике (КП), передавая около 60% теплоты, которую планируется отобрать у сжатого воздуха на испарение аммиака из водноаммиачного раствора. Горячие пары аммиака охлаждаются в радиаторе (Р), дросселируются в дросселе (Д) со снижением температуры до температуры ожижения и ожиженный аммиак направляется в испаритель (И). На испарение отбирается теплота от надувочного воздуха с дальнейшим его охлаждением. Пары аммиака из испарителя и слабоконцентрированный водноаммиачный раствор из кипятильника, циркуляционным насосом (ЦН), направляются в абсорбер (АБ), где вновь образуется концентрированный водноаммиачный раствор. Теплота концентрирования рассеивается из абсорбера в окружающую среду. Это остальные 40% отводимой теплоты.

Преимущества предложенной схемы:

- теплота от надувочного воздуха отводится за счет тепловой энергии самого надувочного воздуха;
- конечная температура надувочного воздуха может быть существенно ниже температуры окружающей среды.

Снижение температуры надувочного воздуха позволяет повышает наполнение цилиндра и снижает расход топлива. Снижение начальной температуры воздуха позволяет увеличить степень сжатия ДВС без последствий превышения температуры в конце сжатия. Повышение степени сжатия так же повышает эффективный КПД ДВС.

Недостатки:

- усложнение конструкции системы охлаждения ДВС;
- расширение номенклатуры эксплуатационных материалов;
- усложнение обслуживания силовой установки из-за требований охраны труда при работе с аммиаком;
- увеличение количества отводимой теплоты, что связано с более глубоким охлаждением надувочного воздуха.

Недостатки компенсируются следующими положительными качествами:

- при использовании отбросной теплоты системы охлаждения надувочного воздуха ее

количество больше;

- охладитель надувочного воздуха, состоящий из кипятильника и испарителя, может иметь меньше массу и габариты, по причине большого коэффициента теплопередачи при теплообмене в среду с изменением агрегатного состояния, по сравнению с однофазным теплообменом.

- на уменьшение поверхности теплообмена испарителя дополнительно влияет большой температурный напор между охлаждаемым воздухом и испаряющимся аммиаком.

Дальнейшее развитие темы повышения эффективности работы систем охлаждения надувочного воздуха может быть выбор иных рабочих сред абсорбционной холодильной установки

Литература:

1. Алексеев В.П., Воронин В.Ф. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». — М.: Машиностроение, 1990. — 288 с: ил.

2. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1972. 319 с.

УДК 536.7

Повышение экономичности парового двигателя

Устинова Наталья Николаевна, ассистент кафедры " Экономика , организация и управление на предприятиях"

Елистратова Анна Олеговна, студент группы ТПЭН-21

Кроха Анна Михайловна, студент группы ТПЭН-21

Устинов Николай Андреевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры "Атомная энергетика

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

Рассмотрена возможность снижения расхода топлива в цикле Ренкина за счет рециркуляции отработавшего в паровом двигателе пара в процессе получения пара. Такое решение требует усложнения схемы цикла, удорожания его производства, но позволяет снизить расход топлива.

Низкий КПД парового теплового двигателя обусловлен большими затратами тепловой энергии на получение рабочего тела — водяного пара. Чтобы получить один килограмм водяного пара необходимо затратить около 2250 кДж теплоты. Чтобы из этого пара получить рабочее тело с удвоением температуры необходимо затратить 100 кДж теплоты. Даже при недостижимом 100% превращении этой теплоты в работу в двадцать раз большее количество теплоты надо отвести в окружающую среду, чтобы потом снова затратить на превращение воды в пар.

В энергетических установках промышленной теплоэнергетики это теплота

используется для получения тепловой энергии, необходимой потребителю. Это отопление и горячее водоснабжение. Когда теплоснабжение не требуется, данная теплота выбрасывается, создавая тепловое загрязнение окружающей среды. Или используется для получения холода, который может служить для кондиционирования воздуха в летнее время. Или иных технологических нужд.

Таким образом повышается коэффициент использования энергии топлива, но к КПД теплового двигателя это не имеет никакого отношения. А как быть в том случае, если нужен только двигатель, например, для получения электрической энергии и совсем не требуется тепловая энергия?

В этом случае можно использовать прием, используемый в химической технологии в процессах выпаривания. Когда пар, полученный из раствора, используется как греющий пар для другого раствора.

Рассмотрим схему и диаграмму классического цикла Ренкина с перегретым паром.

На рис.1 приведена схема цикла Ренкина, где:

ПТ- питательный насос,

К - котел,

ПП - пароперегреватель,

Т - турбина,

КН - конденсатор,

+ Q_K , + $Q_{ПП}$ - подвод теплоты в котле в пароперегревателе,

- $Q_{КН}$ - отвод теплоты в конденсаторе .

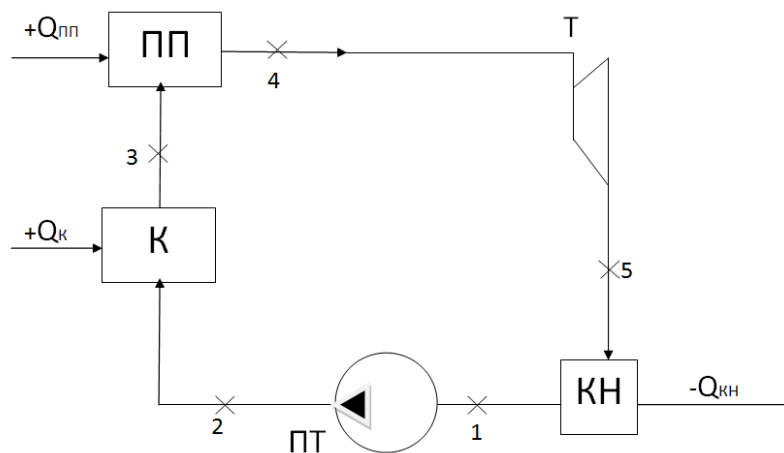


Рис.1. Схема цикла Ренкина

На рис.2 приведена диаграмма цикла Ренкина, где:

1-2 - подача конденсата питательным насосом ПТ в котел К

2-3'- нагрев конденсата в котле К до температуры кипения

3'-3 - получение насыщенного пара в котле

3-4' - нагрев пара

4-5 - адиабатическое расширение в турбине Т с превращением теплоты в работу

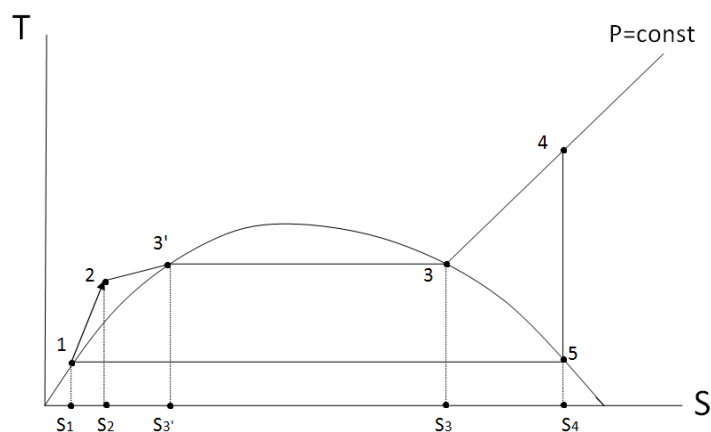
5-1 - конденсация пара в конденсате

1-2-S2-S1 - подвод теплоты в насосе

2-3'-S3'-S2 - подвод теплоты на нагрев воды до температуры кипения

3'-3-S3-S3' - подвод теплоты на превращение воды в пар

S-4-S4-S3 - подвод теплоты на перегрев воды



Наличие пароперегревателя (ПП) позволяет использовать отработавший пар после парового двигателя (ПД) для получения рабочего пара, направляемого в ПД. Т.к. температурный потенциал получаемого пара за счет отработавшего пара в двигателе будет меньше, чем был у пара, получаемого ранее в котле за счет первичной теплоты топлива, количество теплоты, подводимой в пароперегреватель, будет больше, чем в классическом цикле Ренкина. Но затрат энергии на получение пара в котле не будет в принципе. Что и обеспечит топливную экономичность.

Для запуска двигателя в работу необходимо получить начальный пар. Для этого в котле необходимо затратить теплоту парообразования. Это будет такая же потеря энергии как и в классической схеме. Но затрачиваться она будет только в период пуска. После этого котел не будет потреблять энергию топлива и будет работать только на отработавшем паре. В связи с неизбежными потерями энергии пара из-за несовершенства тепловой изоляции, потери необходимо восполнять за счет энергии топлива. Но эти потери составляют несколько процентов, от того тепла, которое затрачивалось ранее.

Предлагаемая принципиальная схема цикла Ренкина с использованием рециркуляции теплоты отработавшего пара представлена на рис.3, где ВК - вспомогательный котел.

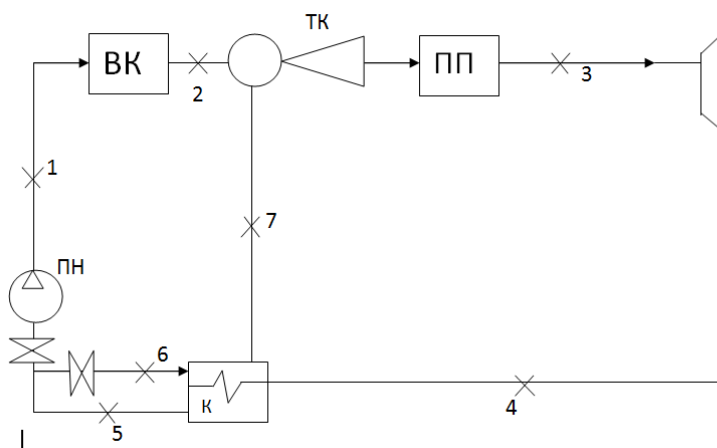


Рис.3. Схема цикла с рециркуляцией теплоты

Для получения первоначальной энергии пара необходимо в схему включить дополнительный паровой котел, который работает только в первоначальный момент времени, до запуска парового двигателя в работу. А в дальнейшем для получения рабочего пара для работы термокомпрессора. Это усложняет схему цикла, увеличивает капитальные затраты на изготовление установки, увеличивает эксплуатационные затраты на обслуживание установки, но и снижает затраты на топливо. Т.к. для работы

термокомпрессора, который представляет собой струйный аппарат требуется в 10 – 20 раз меньше пара, чем сжимается в нем. По этой причине необходимо выполнить технико-экономический анализ работы предлагаемой установки.

Предположительно то, что промышленные теплоэнергетические объекты с применением подобной схемы нереальны для практического применения, но малые установки и особенно транспортные могут получить практическое применение, благодаря снижению потребности в подвозимом топливе.

Предлагаемая схема паровой установки от схемы цикла Ренкина отличается:

- отсутствием конденсатора отработавшего пара, функции которого выполняет котел;
- наличием дополнительного котла, размеры которого в 10 – 20 раз меньше, чем основного котла, а значит и удаляемого из схемы конденсатора;
- наличием струйного термокомпрессора.

Оба вводимых устройства по материалоемкости существенно меньше чем удаляемый конденсатор.

Схема работает следующим образом. На рисунке 4 представлена диаграмма работы предложенного цикла, где:

- 1п - 2п - превращение воды во вспомогательном котле (ВК) в насыщенный пар
- 2 - 2' - нагревание пара в дополнительном котле
- 2 - 2п - прохождение пара через термокомпрессор
- 2п - 3 - нагрев пара в перегревателе
- 3 - 4 - адиабатическое расширение в турбине
- 4 - 5 - конденсация пара в турбине, пар
- 5 - 6 - снижение температуры конденсации за счет самоиспарения при снижении давления
- 6 - 7 - испарение конденсирующегося пара
- 5 - 1 - подача насоса конденсата в дополнительном насосе
- 1-2' - нагрев конденсата в дополнительном котле до температуры кипения
- 7 - 4 - 2п - сжатие пара в термокомпрессоре

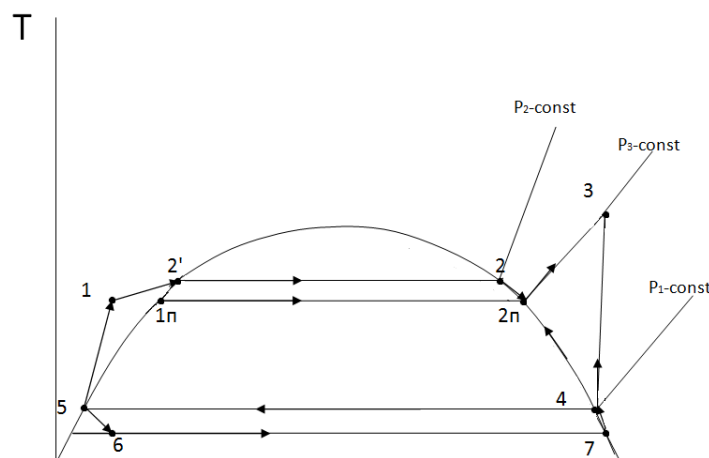


Рис.4. Диаграмма работы цикла с рециркуляцией теплоты

Запуск осуществляется после получения пара в дополнительном котле, его перегрева в пароперегревателе и конденсации отработавшего пара в котле. После начала парообразования в котле дополнительный котел переводится в режим получения рабочего пара для струйного термокомпрессора, который начинает сжимать пар, полученный в котле до параметров, с которыми подается в паровой двигатель.

Для развития данной работы намечены следующие виды работы:

- определение потерь в котле, выполняющем функции котла утилизатора отработавшего в тепловом двигателе пара, с целью выяснения величины компенсации этих потерь за счет подвода топлива в дополнительный котел;
- расчет характеристик струйного термокомпрессора для повышения потенциала образующегося в котле пара до необходимых параметров с целью определения производительности дополнительного котла;
- расчет дополнительного котла, для обеспечения пуска и работы струйного термокомпрессора;
- оценка стоимости дополнительного котла и струйного термокомпрессора и сравнение стоимости со стоимостью удаляемого из схемы конденсатора;
- разработка системы автоматизации работы предложенной схемы для автоматического перехода с режима пуска в рабочий режим;
- изготовление и испытание опытной установки с механической мощностью на выходе теплового двигателя в 1 кВт.

Литература:

1. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: высшая школа, 2-е издание - Москва : 1975 - 497 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: седьмое издание - Москва: 1973 - 784 с.

СЕКЦИЯ 2. «ТРАНСПОРТНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»

УДК 504.056

Транспортная экология в Республике Узбекистан

Абдуназаров Жамшид Нурмахаматович, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Наземные транспортные системы»

Джизакский политехнический институт, г. Джизак

В статье даются информация по состоянию автомобилизации в Республике Узбекистан. А также уровень выброса загрязняющих веществ из автомобилей на территории данной республики. Приводятся методы воздействия на окружающую среду транспортными средствами.

В большинство крупных городах с каждым годом наблюдается увеличение парка автомобилей, что приводит к увеличению уровня загрязнения и шума, в результате чего происходит экологическое и акустическое загрязнение среды обитания человека, и как следствие ухудшение здоровья и снижение производительности труда.

Транспортный сектор, особенно автомобильный транспорт, является основным источником выбросов загрязняющих веществ. Несмотря на проводимую работу, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортных средств увеличивается в год в среднем на 3,1%. В результате величина ежегодного экономического ущерба от функционирования автотранспортного комплекса республики составляет более 10 млн. долл. США и продолжает расти[1].

Зоны загрязнения атмосферного воздуха такими веществами, как карбонат ангидрид- CO_2 , оксид углерода- CO , оксид азота- NO , углеводороды- C_xH_y , альдегиды, свинцы и другие вредные микрочастицы (износ деталей двигателя, аэрозоль и сажа), формируемые выбросами автотранспортных потоков, могут характеризоваться высокими концентрациями, зачастую превышающими значение предельно допустимых концентраций и охватывать достаточное большое территории. Наибольшие значения максимальных приземных концентрации вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе формируются вблизи автомобильных дорог и их пересечений, по которым с различной интенсивностью, плотностью и скоростью движутся автотранспортные потоки. Автомобили, эксплуатируемые в Узбекистане, в течение года выбрасывают примерно 8,9 млн. т. одного из основных парниковых газов – CO_2 [4].

Автомобильные дороги и перекрестки являются источниками с нестационарными по времени выбросам, а автомобили, движущиеся по магистралям, являются источниками выделения выбросов в атмосферный воздух. В зависимости от состава и интенсивности транспортного потока на автомагистралях и в районе перекрестков в атмосферном воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях формируются поля максимальных разовых концентрации вредных веществ.

По данным Европейского экономического комиссии ООН в Узбекистане количество легковых автомобилей на 1000 жителей составлял 65 шт. на 2016 год. Этот же показатель на 1991 год составляла 45 шт. [5]. А по прогнозным оценкам экспертов Центра экономических

исследований, уровень обеспеченности населения Узбекистана легковыми автомобилями к 2025 году вырастет вдвое [3].



1-рис. QR-коды для интернет ссылок.

а-Источник Европейского экономического комиссии ООН; б-Источник центра экономических исследований

(Использование: Возьмите мобильный телефон с камерой. Запустите программу для сканирования кода. Наведите объектив камеры на код. Получите информацию)

На достаточно отдаленную перспективу Узбекистан ориентирован на применение в качестве моторных топлив альтернативных топлив и топливных смесей.

Прогноз на 2020г. выглядит следующим образом [2]:

- использование сжатого природного газа (СПГ) достигнет 1 млрд. м³;
- использование сжатых и сжиженных газов достигнет 0,5млн.т;
- использование различных жидких добавок к топливам достигнет 0,1 млн.т.

В целях снижения загрязнения воздуха от дорожного движения имеется широкий спектр вариантов и стратегий. В принципе, они могут быть сгруппированы в три категории:

•Технологические усовершенствования автомобилей, которые приводят к сокращению выбросов автотранспортных средств для каждого транспортного средства на единицу передвижения (например, усовершенствование двигателей и топлива в целях сокращения выбросов загрязнителей или совершенствования систем очистки для снижения плотности загрязняющих веществ в эмиссионный состав). В последние годы в этой области были отмечены значительные успехи;

•Изменение условий эксплуатации автотранспортных средств на всех этапах совершенствования систем управления и контроля, например транспортных средств, для работы в оптимальных условиях. Улучшение ускорений и замедлений движения в районе оживленных перекрестков, причем оба режима работы связаны с высокими уровнями выбросов.

•Стратегии снижения абсолютного уровня использования личных автомобилей. Они очень эффективны, но осуществимость и успех таких мер зависят от наличия и привлекательности альтернативных видов транспорта, используемых для удовлетворения потребностей людей в мобильности. Обеспечение таких альтернатив зачастую является довольно сложным.

А также с учетом многочисленных воздействий на окружающую среду транспортными средствами их можно разделить на три категории:

• **Прямое воздействие.** Непосредственным следствием транспортной деятельности на окружающую среду, где причинно-следственная связь, как правило, ясно и хорошо изучены. Например, уровень шума и окись углерода, как известно, имеет прямые вредные эффекты.

• **Косвенное воздействие.** Вторичные (или третичные) влияние транспортной деятельности на экологических системах. Они часто более высокие, чем следствие прямого воздействия, и более трудно установить. Так, например, твердые частицы в основном результат неполного сгорания в двигателе внутреннего сгорания, которые косвенно связаны с дыхательными и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

• **Кумулятивные воздействия.** Добавки, мультипликативные или синергетические присадки принимают во внимание многообразных последствий прямых и косвенных воздействий на экосистемы, которые часто непредсказуемо. Изменение климата, со сложной причиной и следствием, является совокупным воздействием нескольких природных и антропогенных факторов, в которых транспорт играет важную роль.

Оценка экологической безопасности близ лежащих автомобильных дорог необходимо для определения участков, где наблюдается повышенный выброс вредных веществ и для разработки мероприятий по улучшению экологических условий.

С учётом этого авторам было выбрано второй метод из выше указанного для снижения загрязнения воздуха от дорожного движения для дальнейшего исследования. Чтобы улучшить качество воздуха на местном уровне и предложить стратегии управления трафиком, необходимо исследовать взаимосвязь между потоком трафика, выбросами загрязняющих веществ и их рассеиванием в атмосфере, а также их потенциальным воздействием на рабочие процессы сети и управления трафиком.

Литература:

1. Абдуазизов Т. Научные основы охраны естественной окружающей среды от вредного воздействия автомобильно-транспортного комплекса (монография). ДжизПИ. г. Джизак. «Редакционно издательский отдел», 2011 г.- 178 стр.
2. Базаров Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив. Дисс. д.т.н. – Ташкент: ТАДИ. 2006. – 303с
3. Все об автомобилях [Электронный ресурс]: [веб-сайт]. - Обеспеченность населения Узбекистана легковыми автомобилями вырастет вдвое. Режим доступа: <http://bibi.uz/news/12625> (дата обращения: 12.02.2018)
4. Радкевич М.В. Оценка воздействия автомобильно-дорожного комплекса на воздушную среду. дис. ...док.тех.наук./М.В.Радкевич, Ташкентский институт ирригации и мелиорации. Ташкент, 2016. – 178 стр.
5. [Статистическая база данных - Европейская экономическая](http://w3.unece.org/PXWeb/ru/TimeSeries?IndicatorCode=44&CountryCode=860) Комиссия ООН [Электронный ресурс]: [веб-сайт]. - Количество легковых автомобилей на 1000 жителей. Режим доступа: <http://w3.unece.org/PXWeb/ru/TimeSeries?IndicatorCode=44&CountryCode=860> (дата обращения: 12.02.2018)

Опыт применения полевых магистральных трубопроводов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

¹Никитин Алексей Иванович, адъюнкт;

¹Михайлов Владимир Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры обеспечения ракетным топливом и горючим;

²Земсков Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Атомная энергетика»

¹Вольский филиал Военной академии материально-технического обеспечения

²Балаковский инженерно-технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ

В статье рассмотрен опыт применения полевых магистральных трубопроводов при ликвидации пожаров.

Для тушения пожаров требуется больше денежных средств, чем на правильную организацию лесной охраны. Для тушения пожаров на огромных площадях привлекается колоссальное количество людей и техники, в том числе, и авиационной.

В МЧС России разработана технология борьбы с пожарами с использованием авиации. Для тушения лесных пожаров используются лесопожарные самолеты-танкеры, такие как Ан-2, Ан-26П, Ан-32П, Бе-12П, Ил-76 и Бе-200. Затраты на авиационное топливо при эксплуатации самолетов Ил-76 МЧС России, оснащенных выливными авиационными приборами (ВАП-2) объемом 42 м³, составляют 470 тысяч рублей за один час. Исходя из этого, при десяти вылетах самолета Ил-76 за сутки доставляется по 420 м³ воды к очагу возгорания, государство затрачивает на тушение пожаров порядка 4,7 миллиона рублей.

В условиях экономии бюджета Российской Федерации требуется применение универсальных и современных подходов к техническому решению проблем предотвращения катастроф природного и техногенного характера. Таким средством может послужить полевой магистральный трубопровод (далее ПМТ).

С этой точки зрения большое значение имеет опыт, приобретенный трубопроводными частями при тушении пожаров, возникающих ежегодно на обширной территории России, начиная с 1972 года по настоящее время.

Для подачи воды в очаги пожаров используются следующие методы развертывания ПМТ:

1. Развертывание одной магистральной линии ПМТ. Используется при тушении небольших по площади и неопасных очагов пожара (с точки зрения распространения на другие объекты). Этот метод является самым простым, как с технической стороны, так и с затратной части.

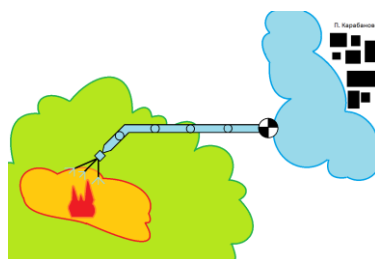


Рис. 1. Развертывание к очагу пожара одной линии ПМТ

2. Развертывание двух и более линий ПМТ с разных направлений к одному очагу пожара. В этом методе осуществляется подача больших количеств воды в один очаг пожара. При этом используются несколько источников воды (водоемы, реки и т.п.). Особенно это важно когда распространение очага пожара предоставляет большую опасность для жилых строений.

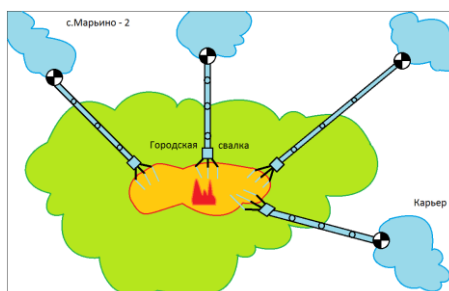


Рис. 2. Охват очага пожара с нескольких направлений

3. Выполнение ответвлений от одной магистральной линии ПМТ одновременно к нескольким очагам пожаров. Для тушения огня одновременно в нескольких очагах пожаров, расположенных на значительном взаимном удалении, разворачивается одна единая линия трубопровода, от которой выполняются ответвления к очагам пожаров.

Третий метод развертывания ПМТ при тушении пожаров применяется для действий на малозначимых направлениях борьбы с лесными пожарами, где не требуется подача больших объемов воды.

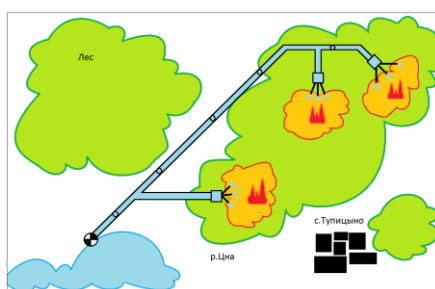


Рис. 3. Устройство ответвлений от одной линии трубопровода к нескольким очагам пожаров

4. Охват или окружение очага пожара линией трубопровода с фронта, фланга, тыла. Наиболее важная характеристика пожара – это направление его развития и как следствие определение опасности для других объектов, в том числе жилых строений. Если очаг пожара расположен на больших площадях, то полностью окружить его трубопроводом становится невозможно. Наиболее часто удается развернуть трубопровод только с одной стороны очага пожара, тем самым, остановив его на наиболее опасном направлении, рис.4. Полное окружение очага пожара (рис.5) возможно только при наличии достаточных сил и запаса ПМТ и применяется на особо опасных очагах пожаров.

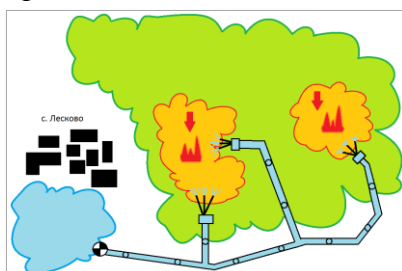


Рис. 4. Развертывание трубопровода на наиболее важном направлении распространения очага пожара

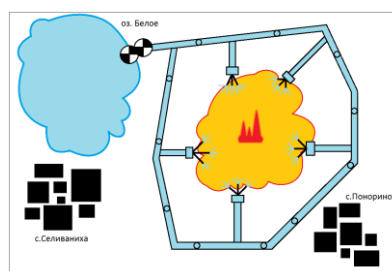


Рис. 5. Полное окружение очага пожара линией трубопровода

5. Развертывание главной магистральной линии ПМТ фронтально очагу пожара. Этот метод развертывания трубопровода является для личного состава ПМТ наиболее трудоемким и опасным. Однако данный метод обеспечивает эффективность в тушении пожара и, несмотря на большую трудоемкость развертывания, достаточно прост в борьбе с очагом пожара. Метод применяется, когда ширина фронта очага пожара составляет 800 - 1000 метров. Посередине очага пожара, перпендикулярно фронту пожара развертывается магистральная линия ПМТ. По мере тушения очага пожара трубопровод и пожарные рукава наращиваются. Такой метод тушения пожаров применяется для тушения всех видов пожаров.

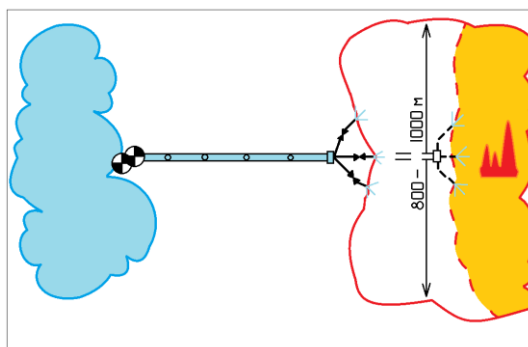


Рис. 6. Наращивание линии трубопровода по мере тушения пожара

По данному методу, при тушении очага пожара в лесу, приходится предварительно проводить расчистку для возможности прохода автомобиля-трубовоза и ведения раскладки труб на трассу с него. Это позволяет использовать механизированное развертывание трубопровода, что снижает время тушения пожара.

На торфяниках или на грунтах, насыщенных водой, транспорт буксует, застревает. В этом случае развертывание трубопровода осуществляется командой ручного монтажа, с переносом труб вручную на большие расстояния.

В случае наличия в необходимом количестве оборудования ПМТ и достаточных объемов воды, появляется возможность тушить пожар на больших площадях, собирая пожарные рукава по принципу расхождения – разветвления от одного в несколько. Такой метод получил наименование - наращивание пожарных рукавов так называемой «елочкой».

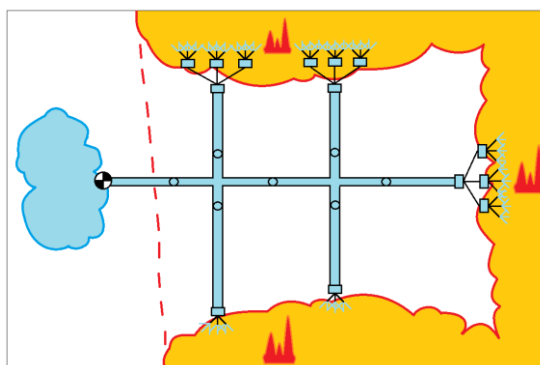


Рис. 7. Наращивание пожарных рукавов «елочкой» по мере тушения пожара

Этот метод тушения пожара исключает трудоемкое развертывание линии ПМТ на всю глубину пожара, обеспечивает эффективность в тушении пожара за счет наращивания рукавной линии ПМТ.

6. Развертывание главной магистрали ПМТ через центры нескольких очагов пожаров. В целях экономии сил и средств и при наличии технической возможности, исходя из месторасположения очагов пожаров, линия ПМТ может развертываться по одному направлению через центры нескольких очагов пожаров последовательно, с забором воды из

одного источника. Первоначально вода подается для тушения первого очага по направлению развертывания ПМТ, затем второго и так далее. Когда проходит тушение пожара в первом очаге, производится наращивание трубопровода до второго очага пожара, с тем, чтобы немедленно начать подавать воду во второй очаг пожара, после ликвидации первого. Если происходит повторное возгорание, в ранее затушенном очаге, что часто возникает, можно опять возобновить его тушение, используя ранее развернутую линию ПМТ, не раскладывая новую.

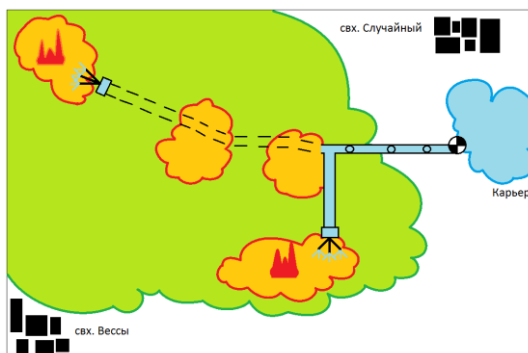


Рис. 8. Развертывание линии трубопровода через центры нескольких очагов пожаров

7. Развертывание нескольких магистральных линий ПМТ через очаг пожара. Если возникло возгорание большого массива торфа, при этом по площади очага пожара расположены равномерно, то требуется вести их тушение по всему фронту одновременно. Если это выполнять, возможен прорыв огня с фланга в тыл фронта борьбы с пожаром. Из опыта тушения таких пожаров установлено, что на каждый километр фронта огня развертывается одна линия ПМТ.

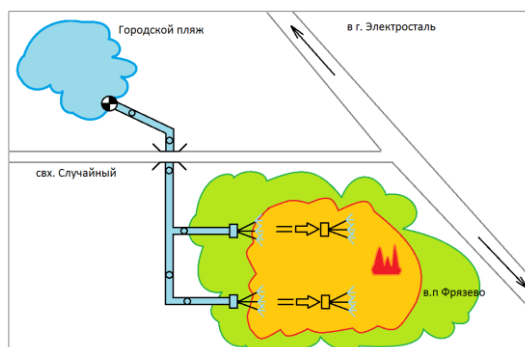


Рис. 9. Развертывание нескольких линий трубопровода в глубину очага пожара

Данный способ, используемый для тушения очага пожара, заключается в перемешивании горячей массы сильными струями воды с образованием смеси воды с продуктами горения, в том числе грунта, торфа и т.п. Этот способ оказался эффективным, так как позволяет легко изменять подачу воды в разветвления трубопровода и перемешивать горящую массу с водой до состояния жидкой смеси, в которой процесс горения далее не возникает. При данном способе вода может распыляться круглосуточно. На тех направлениях, где достигался успех, линии трубопровода круглосуточно наращиваются силами личного состава.

Представленный опыт применения ПМТ при ликвидации пожаров на большой площади позволяет определить метод развертывания ПМТ в зависимости от характера распространения фронта огня, горения в очаге пожара, удаленности местных источников воды и наличия технических средств пожаротушения, а также опасности, которую огонь представляет для важных объектов. При этом следует отметить, что вне зависимости от типа чрезвычайной ситуации от трубопроводных частей требуется высокая оперативность в

работе, быстрота в развертывании новых линий ПМТ или ответвлений и максимально возможная подача воды в очаги пожаров.

Указанные факторы кроме оперативности в тушение пожаров определяют величину материальных затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций.

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2003 году». Москва, МЧС России, 2004.

2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2004 году». Москва, МЧС России, 2005.

3. Михайлов В.В., Тажиев Б.Т., Саржигитов Д.Ж. Анализ применения методов развертывания полевого магистрального трубопровода при тушении массовых очагов пожаров. Актуальные вопросы технических наук (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Пермь, февраль 2013 г.). – Пермь: Меркурий, 2013. – С.88-90.

УДК 621.436

Прогнозирование жизненного цикла прецизионных деталей транспортных дизелей

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

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

В статье рассмотрены возникновение внезапных отказов регулятора скорости и прогнозирование жизненного цикла прецизионных деталей транспортных дизелей по критерию «вероятность безотказной работы».

При сложном режиме знакопеременного динамического нагружения прецизионных деталей регулятора скорости, когда на дизель одновременно действуют статические, циклические асимметричные (от сгорания топлива и сил инерции) и вибрационные (от динамики нагружения) нагрузки, в поверхностном слое возбуждаются не один, а сразу несколько механизмов повреждаемости. За возникновение внезапного отказа регулятора из-за нарушения условий усталостной прочности во многом ответственен реальный режим динамического нагружения и сопутствующий ему процесс усталостного повреждения.

Опыт наиболее развитых машиностроительных отраслей серийного производства, например, дизелестроения, автомобилестроения и сельскохозяйственного машиностроения показывает, что основная причина несогласованности результатов применения безотходных технологических методов с данными эксплуатации заключается, прежде всего, в пренебрежении реальными особенностями нагружения прецизионных деталей регулятора скорости при оценке сопротивления усталости. На поверхностях деталей появляются усталостное выкрашивание поверхностного слоя прецизионных деталей (поршня и

золотника), причиной которого могут стать, например, микротрещины или микроструктурные дефекты, возникающие в районе максимальных напряжений при нагружении режима жидкостного трения во время пуска или остановки дизеля. В дальнейшем трещины развиваются в глубину поверхностного слоя и, дойдя до более прочного материала стальной основы, распространяются вдоль него. Выкрашивание участка поверхностного слоя происходит при встрече с другой трещиной, развивающейся с поверхности. Изложенное позволяет констатировать, что оценку и прогнозирование живучести прецизионных деталей регулятора скорости как конструкции с возможностью образования усталостных трещин в поверхностном слое целесообразно вести по предельному состоянию – критическому числу циклов развития трещин. Вместе с тем, для прецизионных деталей как реальных конструкций, рассчитанных на длительную эксплуатацию, без большой погрешности можно принять, что практически напряжения любого вида (уровня) вызывают усталостные повреждения конструкции. Таким образом, задача оценки и прогнозирования жизненного цикла прецизионных деталей, охватывая несколько направлений, является комплексной.

Механические свойства материала поверхностного слоя деталей имеют случайную природу, поэтому прогнозирование жизненного цикла прецизионных деталей регулятора скорости должно носить вероятностный характер. Так как разрушение должно трактоваться как редкое событие, и следовательно, теоретические выводы должны относиться к событиям малой вероятности, оценку и прогнозирование живучести прецизионных деталей регуляторов скорости непрямого действия целесообразно давать в вероятностном аспекте разрушения по критерию «вероятность безотказной работы» (ВБР). Для определения последнего в качестве примера воспользуемся выборкой наработки до отказа с мест эксплуатации транспортных V-образных дизелей 6ДМ-21А производства ОАО «Волжский дизель им. Маминых» (таблица 1). Выборка производилась из партии в 100 дизелей, где в 12 из них имела место остановка дизеля по причине выхода из строя прецизионных деталей регулятора скорости.

Таблица 1

Наработки до отказа дизелей 6ДМ-21А

№ дизеля	Наработка до отказа, ч	Место эксплуатации дизеля	Последствия от усталостного разрушения прецизионных деталей регулятора скорости
1	2	3	4
12	1620	г.Кривой Рог, Агропромышленный комплекс	Выход из строя корпуса регулятора скорости
58	815	г. Сорск, ООО «Сорскремтехсервис»	Пробита нижняя полость регулятора скорости
64	821	г. Сорск, ООО «Сорсктрансавто»	Пробита нижняя полость регулятора скорости
85	1090	г. Оленегорск, Агропромышленный комплекс	Пробит корпус регулятора скорости
90	1085	г. Кривой Рог, Ингулецкий агропромышленный комплекс	Разрушение поверхностного слоя прецизионной детали регулятора скорости
92	541	г. Заполярный, ОАО «Ремонтный завод»	Пробита нижняя полость регулятора скорости
95	550	г. Киселевск, Автобаза	Пробит корпус регулятора

№ дизеля	Наработка до отказа, ч	Место эксплуатации дизеля	Последствия от усталостного разрушения прецизионных деталей регулятора скорости
1	2	3	4
106	820	г. Киселевск, агропромышленное предприятие	Пробита нижняя полость регулятора скорости
108	1081	г. Междуреченск, агропромышленное предприятие	Разрушение поверхностного слоя прецизионной детали регулятора скорости
109	1400	г. Оленегорск, Агропромышленный комплекс	Разрушение поверхностного слоя прецизионной детали регулятора скорости
110	1355	г. Кировск, ОАО «Спецавтоцентр»	Разрушение поверхностного слоя прецизионной детали
111	1351	г. Сорск, МУП «СПАТК»	Задир поверхностного слоя прецизионной детали
117	830	г.Екатеринбург, ООО«СпецТрансАвто»	Пробит корпус регулятора скорости
119	1100	г.Жодино, ЗАО «ПАТ»	Пробит корпус регулятора скорости
123	1625	Г.Минск, МУП «Автотранс»	Выход из строя корпуса регулятора скорости

Для расчета эксплуатационной надежности прецизионных деталей регулятора скорости по критерию ВБР воспользуемся методами теории вероятности и математической статистики, применив в качестве указанного показателя математическое ожидание наработки до первого отказа (среднюю наработку до первого отказа)

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

Результаты расчета показателей ВБР поршней и золотника регулятора скорости в таблице 2 и представлены графически на рисунке 1.

Таблица 2

Определяемый параметр и формулы его расчета	Номера интервала наработки						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Граница интервала наработки, ч	0-270	270-540	540-810	810-1080	1080-1350	1350-1620	1620-1890
Значение середины интервала, t_i ч	135	405	675	945	1215	1485	1705
Число отказов в интервале, n_i	0	0	2	4	4	3	2
Накопленное число отказов, $R_{(ii)} = \sum n_i$	0	0	2	6	10	13	15
Число работоспособных регуляторов скорости к моменту t_i	15	15	13	9	5	2	0
Частость, $\omega_i = n_i / N_0$	0	0	0,21739	0,17391	0,04347	0,13043	0,08696

Определяемый параметр и формулы его расчета	Номера интервала наработки						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Оценка вероятности наступления отказа регуляторов скорости, $F_{(ti)} = R_{(ti)} / N_0$	0	0	0,21739	0,39130	0,43478	0,56521	0,65217
Оценка вероятности безотказной работы, $P_{(ti)} = N_{(ti)} / N_0$	1	1	0,78261	0,60869	0,56522	0,43478	0,34783
Оценка плотности вероятности, $f_{(ti)} = n_i / N_0 \cdot \Delta t$	0	0	0,00081	0,00064	0,00016	0,00048	0,00033
Оценка интенсивности отказа, $\lambda = n_i / \Delta t \cdot N_{(ti)}$	0	0	0,00103	0,00106	0,00029	0,00111	0,00093

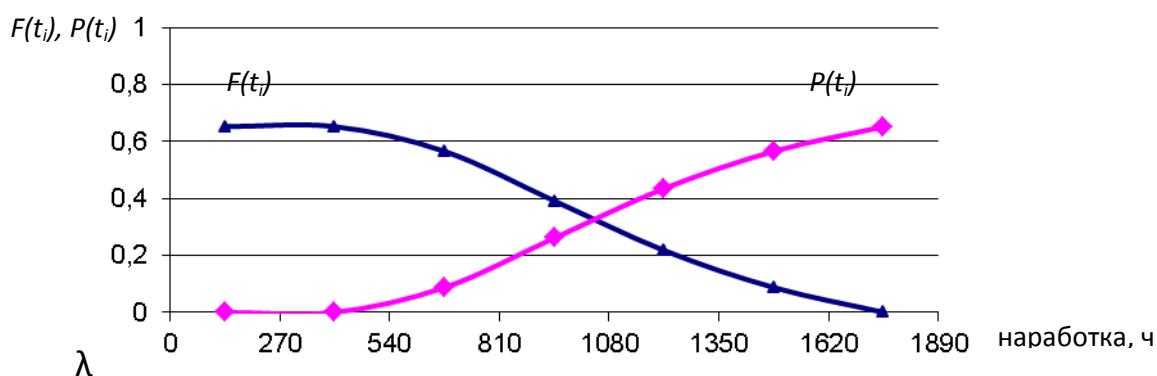


Рис. 1 Взаимосвязь между вероятностью безотказной работы $P_{(ti)}$, отказом $F_{(ti)}$ и оценкой интенсивности отказа λ

С учетом данных таблицы 2 и рис.1 ВБР регуляторов скорости дизелей ЧН 21/21 $t_{cp}=1035$ часов.

Жизненный цикл регуляторов скорости при их циклическом нагружении в механике разрушения определяется возникновением трещины и ее развитием, характеризуемым коэффициентом интенсивности напряжений (КИН). Так как аналитическое решение указанной задачи применительно к прецизионным деталям регулятора скорости в литературе отсутствует, для оценки распространения трещины воспользуемся формулой Пэриса, описывающей в механике разрушения зависимость скорости роста трещины от КИН.

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

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

Интегрируя уравнение (2) и вводя допущения относительно значений ΔK , известные из механики разрушения:

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

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

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

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

Рассчитанная в качестве примера по приведенной методике при $l_c=0,0055$ м, $m=2,2$, $C=68,5 \cdot 10^{-10}$, $\Delta\sigma=119$ МПа живучесть прецизионных деталей регулятора скорости с усталостной трещиной составляет $5,94 \cdot 10^9$ циклов = 1190 часов.

Существующие в настоящее время методы исследования прецизионных деталей регуляторов скорости на усталостную прочность основаны на сравнении удельных давлений, с допустимыми удельными давлениями для данного материала. Недостаток таких методов заключается в том, что усталостное выкрашивание поверхностного слоя прецизионных деталей регулятора скорости определяется не удельным давлением, а максимальным гидродинамическим [1], возникающим в масляном слое. Уровень максимальных гидродинамических давлений в слое при постоянной внешней нагрузке на прецизионную деталь изменяться в широких пределах в зависимости от конструктивных параметров и режимов работы дизеля. При этом величины допустимых удельных давлений для одного и того же материала, полученных различными исследователями, различаются в 3-5 раз [2], что, в свою очередь, ведет к неопределенности истинной эксплуатационной надежности прецизионных деталей регуляторов скорости. Поэтому существующие методы расчётов прецизионных деталей носят относительный характер, а эксплуатационная надежность прецизионных деталей регуляторов скорости вновь спроектированного дизеля оценивается только в начале его массового производства в начале эксплуатации.

Изложенное позволяет сделать следующие выводы. Жизненный цикл регулятора скорости форсированного дизеля по критерию «вероятность безотказной работы» ($t_{cp}=1035$ ч) подтверждается оценкой живучести по критерию появления микротрещин ($N=1190$ ч), что указывает на относительно низкую эксплуатационную надежность конструкции и требует разработки дополнительных мер по увеличению ресурса высоконагруженных деталей. Из-за отсутствия данных по эксплуатационным характеристикам материала прецизионных деталей регулятора скорости достоверность оценки живучести по критериям «вероятность безотказной работы» и «появление микротрещины» нельзя считать достаточно высокой. Однако, расчётным путем довольно точно оценивается относительное изменение живучести прецизионных деталей регулятора скорости форсированного дизеля. Заключительное суждение о живучести конструкции может быть сделано только по результатам статистических данных серии испытаний натуральных однотипных конструкций. Дальнейшее развитие метода расчета живучести регуляторов скорости при ультразвуковом упрочнении основано на вероятностных представлениях, позволяющих обосновать допустимый запас усталостной прочности с необходимой достоверностью и определить ресурс в связи с вероятностью отказа. Зная же с допустимой вероятностью отказа ресурс, представляется возможным прогнозировать живучесть проектируемых и эксплуатируемых регуляторов скорости, планировать для них потребность в запасных деталях.

Литература:

- 1 Буше, Н. А. Трение, износ и усталость в машинах. Транспортная техника / Н. А. Буше. – М. : Транспорт, 1987. – 223 с.
- 2 Рыковский, Б. П. Местное упрочнение деталей поверхностным наклёпом / Б. П. Рыковский, В. А. Смирнов, Г. М. Щетинин. – М. : Машиностроение, 1985. – С. 14-16.

**Выбор рационального варианта поперечного сечения
моста кран-балки г/п 5 тс.**

Горюнов Павел Владимирович, студент группы «НТС-51»;

Кобзев Роман Анатольевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Атомная энергетика»

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

В статье решается проблема выбора оптимальной структуры металлоконструкции пролетного строения кран-балки, предложенный вариант позволяет обеспечить снижение массы металлоконструкции на 42%.

Кран-балки мостового типа являются одним из самых массовых средств механизации производственных процессов [1. 2]. Как правило, их конструкции отличаются простотой изготовления, в частности, в качестве главной балки используется стандартный прокатный двутавр, который связывается 4 тягами с торцевыми балками, при необходимости нижний пояс двутавра может быть усилен дополнительной пластиной. Такое решение отличается технологичностью, но приводит к необоснованному увеличению массы металлоконструкции. В то же время современные технологии лазерной и плазменной резки, а также автоматической и полуавтоматической сварки металла позволяют значительно упростить изготовление металлоконструкций, обладающих более сложной структурой. В связи с этим предлагается за счет применения более сложной схемы металлоконструкции добиться снижения металлоемкости кран-балки г/п 5 тс.

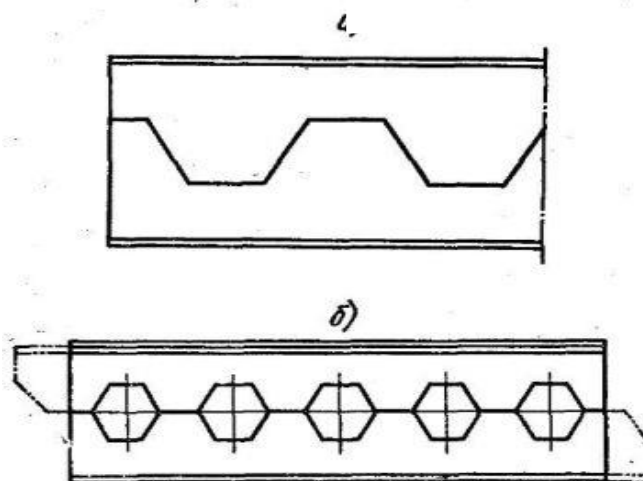


Рис. 1. Схема изготовления разнесенного двутавра

Наиболее часто применяемым решением для увеличения несущей способности двутавровых балок является применение разнесенного двутавра (Рис. 1). Подобное решение позволяет существенно повысить несущую способность двутаврового профиля без увеличения затрат металла.

Помимо этого, слабым местом несущего двутавра для электротельферов и кран-балок с использованием электроталей является нижний пояс, испытывающий значительные деформации от местного изгиба. Для того, чтобы повысить жесткость нижнего пояса, усиливаем его установкой снизу накладке шириной 4 мм.

Помимо этого на верхнем поясе двутавра устанавливаем дополнительно усиливающую ферму, благодаря которой значительно увеличивается жесткость сечения. Также добавляем дополнительные связи между мостом и торцевыми балками, а также между верхним поясом двутавра и торцевыми балками на концах. Модель получившей главной балки приведена на рис. 2.

Для расчета воспользуемся лицензионным программным комплексом SOLIDWORKS 2017, результаты расчета приведены на рис. 3 и 4.

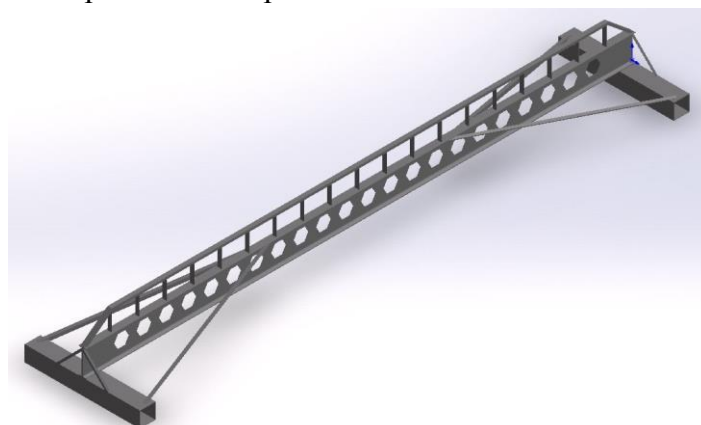


Рис. 2. Модель металлоконструкции моста кран-балки

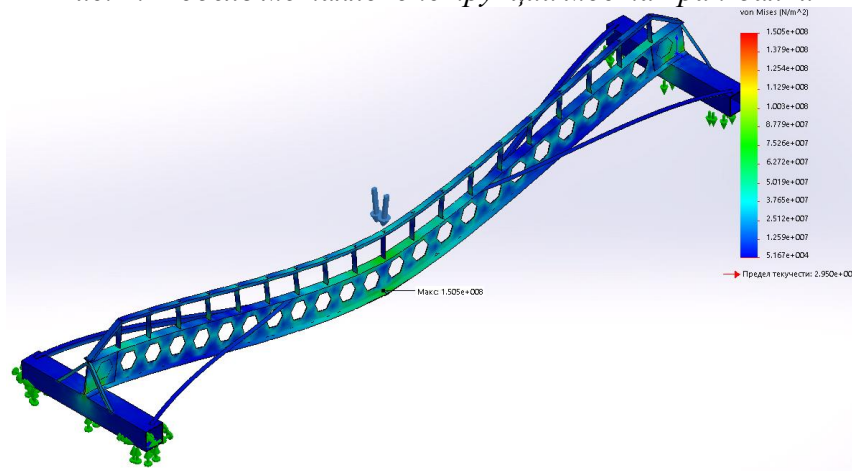


Рис. 3. Карта напряжений металлоконструкции кран-балки

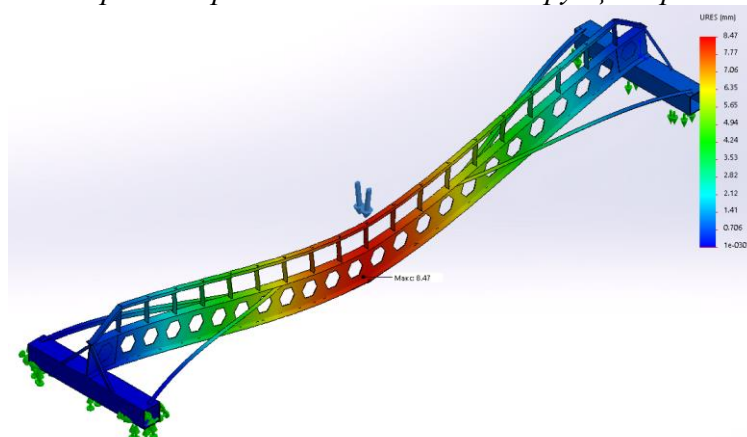


Рис. 4. Карта деформаций металлоконструкции кран-балки

В результате, вес металлоконструкции составил чуть более 1,2 тонны, в то время как применяемый, как правило, для талей грузоподъемностью 5 тс стандартный двутавр №45 весил бы чуть более 2 тонн. Итоговая экономия металла составила 42%.

Литература:

1. Бойцов, Ю.А. Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Бойцов, А.И. Ваньшин, Л.В. Герман. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2001. — 21 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43707>. — Загл. с экрана.
2. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2003. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59096>. — Загл. с экрана.
3. Мазеин, П.Г. Применение станков лазерной резки: учебное пособие / П.Г. Мазеин, М.Р. Ахметов, С.Р. Сайфутдинов. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. — 106 с.
4. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 236 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93001>. — Загл. с экрана.

СЕКЦИЯ 3. «ИТ – ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УПРАВЛЕНИИ»

УДК 330.101.22

Инновационное развитие атомной энергетики

Акинфиева Алена Андреевна, студентка направления

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»;

Миляева Наталья Владимировна, кандидат экономических 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.

Предметом статьи является инновационное развитие атомной энергетики. Развитие экономики знаний затрагивает главные отрасли, научно-техническое развитие сопровождается динамизмом экономических систем. Инновационные изменения атомной энергетики основываются на знаниях, которые пронизывают все слои, начиная с прикладной и фундаментальной науки. Программа развития госкорпорации «Росатом» до 2020 года предусматривает развитие новых технологий и инструментов для их реализации. Развитие экономики нашей страны неразрывно связано с атомной отраслью, поэтому инновационное развитие атомной промышленности неразрывно связано с цифровой экономикой.

В России происходит переход к постиндустриальной экономике, которой свойственна динамичность, изменение форм хозяйствования и использование обновленных технологий. Яркой характеристикой постиндустриальной экономики является использование «новых знаний», а сами институты способны к саморазвитию и образуют интеллектуальные системы новой экономики знаний. Одним из терминов новой экономики является «цифровая экономика». Для перехода к новой экономике постиндустриального периода в дальнейшем важными являются четыре составляющие институты, инфраструктура, инновации и инвестиции. Основным сектором экономики является энергетический и связано это прежде всего с тем влиянием, которое оказывает энергетика на социальное общество. Главным составляющим элементом энергетического сектора на данный момент является атомная энергетика, развитие которой тесно связано с инновациями и инвестициями.

Всего в мире на 2018 год насчитывается 447 действующих ядерных реакторов различных типов, которые вырабатывают колоссальное количество энергии – 391 386 МВт. Еще 60 реакторов находятся в разной стадии строительства, что добавит 64 500 МВт.

Россия – 35 действующих реакторов, в том числе самая мощная АЭС России – Балаковская АЭС. Совокупная мощность АЭС России – 26 865 МВт – примерно 19% от общей потребности в стране. Еще 7 реакторов находятся в стадии строительства.

Госкорпорация «Росатом» входит в топ крупнейших в России государственных

субъектов управления. Более двухсот организаций госкорпорации. К 2030 году расширение Госкорпорации «Росатом» должно произойти в несколько раз, более 40% прогнозируется на новую продукцию и неэнергетические рынки.

Инновации подразумевают создание нового продукта, его совершенствование, подтверждение коммерческой значимости. Инновации в атомной энергетике обладают важным свойством – нераспространение ядерных материалов и специфичной развитой инфраструктуры, которая включает в себя особый режим, закрытую территорию, экологическая и физическая безопасность.

Таблица 1 – Энергоблоки и их статистика

Страна	Работающие		Строящиеся	
	Количество	Чистая электрическая мощность МВт	Количество	Чистая электрическая мощность МВт
Китай (6 реакторов в Тайване)	21	16 890	28	27 756
Республика Корея	23	20 710	5	6 370
Российская Федерация	33	23 643	10	8 382
США	104	101 465	5	5 633
Украина	15	13 107	2	1 900
Франция	58	63 130	1	1 600
Япония	48	42 388	2	1 325

Программа инновационного развития экономики атомной энергетики включает три направления:

- повышение конкурентоспособности за счет улучшения и совершенствования существующих технологий;
- разработка новых технологий;
- стремление к лидерству в ядерной медицине и новых материалах.

На VII международном форуме «Атомэкспо» рассмотрено влияние инноваций атомной энергетики на социально-экономические процессы стран. Развитие инноваций в любом секторе экономике основывается на развитии информационных технологий. Построением постиндустриальной экономики создает новое направление в экономической теории – цифровую экономику. Цифровая экономика – это экономическая деятельность, основанная на цифровых технологиях.

Структура атомной энергетики в России сформирована Госкорпорацией «Росатом», что артикулировано рисунком 1.

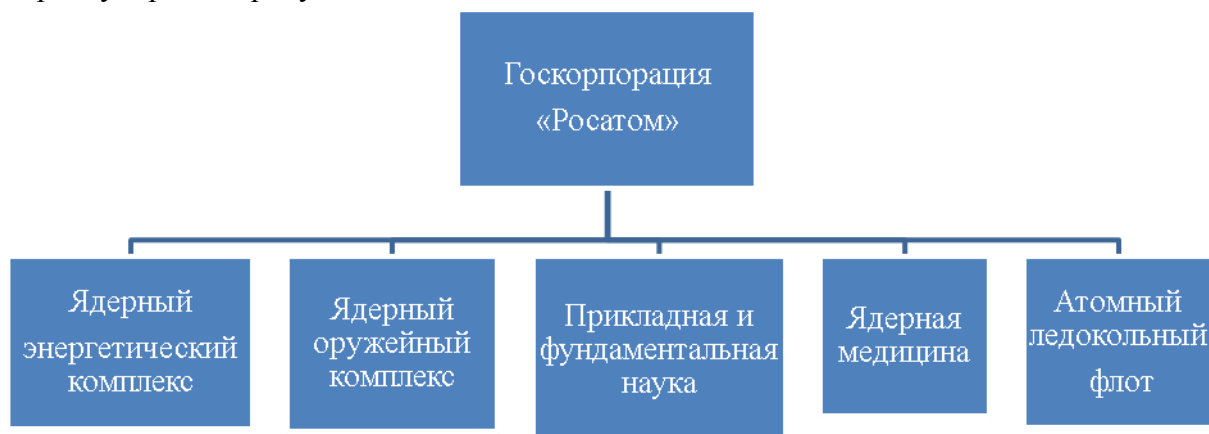


Рис. 1. Структура атомной энергетики России

В 2017 году Правительством Российской Федерации была разработана и утверждена программа по созданию условий для перехода страны к цифровой экономике. Центр компетенций «Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов» программы «Цифровая экономика Российской Федерации» создан на базе Госкорпорации «Росатом».

Четыре основных направления развития цифровой экономики будут реализованы в центре компетенций.

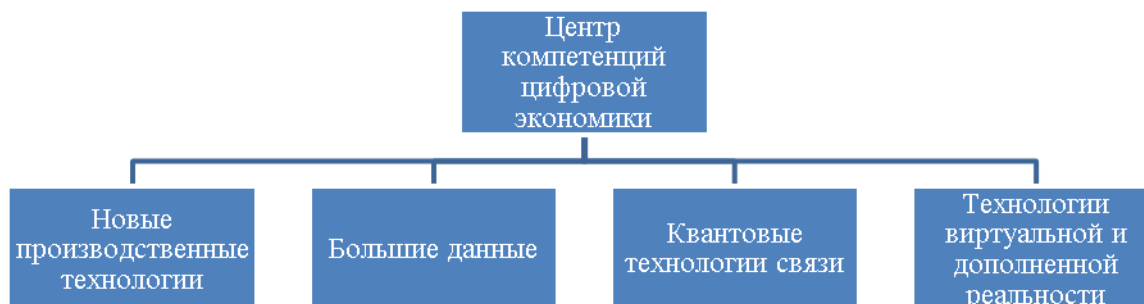


Рис. 2. Направления работы центра компетенций цифровой экономики Госкорпорации «Росатом»

«Атомная энергетика, несмотря на свой консерватизм, не сможет остаться в стороне от всеобщей цифровизации.» руководитель Центра компетенций по энергетике и ЖКХ SAP СНГ Константин Кудашев.

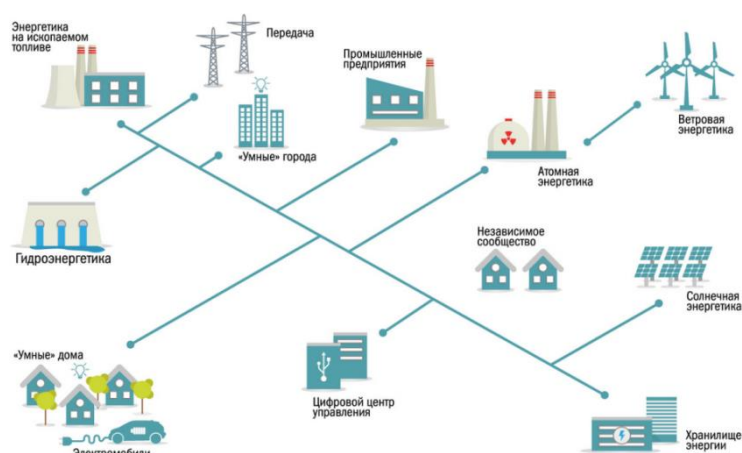


Рис. 3. Цифровая энергетическая система

Атомная промышленность в реальном секторе экономике заметно выделяется открытием новых технологий и схем экономике инновационного развития. Главная задача новых технологий — управление полным жизненным циклом электростанции.

Литература:

1. АЭС мира. Топ 10 стран [Электронный ресурс] / Официальный сайт. – Режим доступа: <http://miraes.ru/aes-mira-top-10-stran-po-kolichestvu-yadernyih-reaktorov/>
2. Стратегия деятельности Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс] / Официальный сайт. – Режим доступа: <https://ar2015.rosatom.ru/?/ru/25-business-strategy-of-rosatom>
3. Журнал «Атомный эксперт» [Электронный ресурс] / Официальный сайт. – Режим доступа: <http://atomicexpert.com/page1080930.html>

УДК 519.71

Модельно ориентированное проектирование как метод анализа и синтеза систем управления

Базеев Артем Айратович – студент направления «Управление в технических системах»;

Ефремова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информатика и управление в технических системах».

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

Статья посвящена модельно ориентированному проектированию, как методу анализа и синтеза сложных систем. Обоснована целесообразность использования метода. Показаны преимущества относительно классических подходов к моделированию на примере простой модели трубопровода в программном продукте Simulink. Обоснованы возможности применения Simulink PLC Coder для генерации кода.

Проблемы разработки сложных многоконтурных систем управления для различных электронных, электромеханических и гидравлических устройств напрямую связаны с задачами моделирования реальных физических объектов, с их тестированием и в итоге с созданием рабочих прототипов.

Трудности традиционного подхода к проектированию систем управления заключаются в том, что на этапе составления требований и спецификаций используемые текстовые документы несовершенны при интерактивном подходе, физические прототипы на этапе проектирования также несовершенны, сложны и дороги; на этапе реализации при ручной разработке применение других программных средств и человеческие ошибки делают процесс ненадежным, а на этапе проверки традиционное тестирование приводит к обнаружению ошибок лишь в конечной стадии разработки ПО [1]. Другими словами, важно на всех этапах разработки иметь наиболее наглядный результат своей работы, однако, к примеру, имитационное моделирование, которое отвечает этому требованию, не может обеспечить исправление большого количества ошибок в реальном времени.

Наряду с традиционным подходом рассмотрим подход модельно ориентированного проектирования (программирования), генерирующий на своей базе решения всех названных выше проблем. Этот подход включает в себя постоянный рабочий процесс, разные ступени разработки систем управления, таких как формирование спецификаций и системных требований, имитационное моделирование, синтез системы, отладка и тестирование. Вместо физических прототипов и текстовых спецификаций в модельно-ориентированном проектировании применяется исполняемая модель. Эта модель используется во всех этапах разработки. Модельно ориентированное проектирование помогает координировать работу и позволяет выявлять ошибки на ранних стадиях, значительно сокращая время разработки и повышая эффективность проектирования [3]. Можно считать, что время, которое разработчик экономит на генерации и поиске возможных ошибок в коде, он может потратить на улучшение эргономичности модели.

Автоматический синтез кода, неотъемлемая часть модельно ориентированного проектирования. Данный инструмент способствует устранению ошибок, возникающих при традиционном написании кода и сокращает время разработки и визуализации. Для генерации кода непосредственно из модели можно использовать Simulink PLC Coder. Этот инструмент позволяет автоматически генерировать соответствующий стандарту IEC 61131 код для программируемых логических контроллеров (PLC) и программируемых контроллеров автоматизации (PAC). Simulink PLC Coder позволяет использовать модельно ориентированное проектирование для промышленного и силового оборудования, управляемого PLC и PAC. При помощи Simulink PLC Coder можно автоматически генерировать код для промышленных систем управления, включая замкнутые системы и системы контроля с обратной связью [3].

Модельно ориентированное проектирование помогает сократить сроки разработки, за счет более быстрого ввода в производство. Возникает существенная экономия при данном подходе на датчиках и человеко – часах, снижается себестоимость за счет минимизации использования прототипов, упрощается использование наработок в других проектах. Возможность неоднократного тестирования и совершенствования моделей позволяют повысить их эксплуатационные качества. Как следствие формируются более эффективные инструменты обмена разработками между проектировщиками [2].

В качестве примера модельно ориентированного проектирования приведена модель трубопровода двухфазной жидкости (рис.1), состоящего из трех участков, каждый из которых длиной 2м, спроектированных при помощи блоков из библиотеки Two-phase fluid.

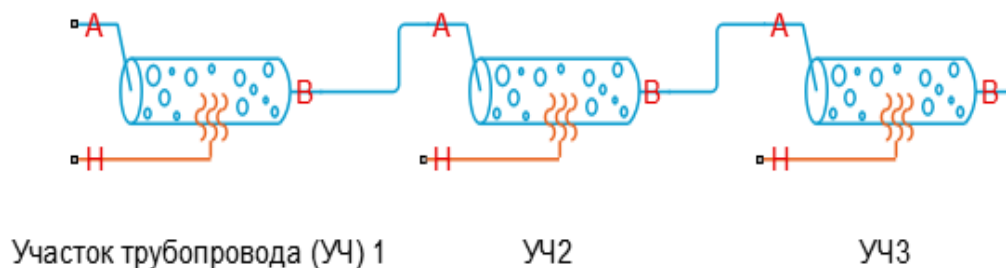


Рис.1. Участок трубы

При помощи библиотеки Thermal можно усовершенствовать модель добавлением отдельной подсистемы к каждому из участков, имитирующей их теплообмен (рис.2).

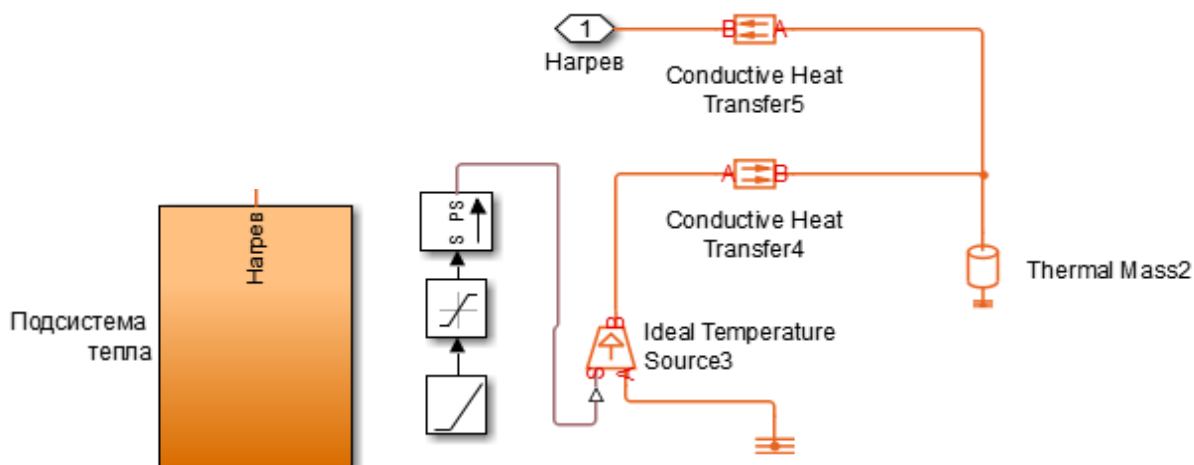


Рис.2. Подсистема нагрева участков трубопровода

Дальнейшее усовершенствование модели проведем путем добавления к ней всех необходимых утилит и конверторов, двух резервуаров из библиотеки two-phase fluid имитирующих переход жидкости, датчиков, благодаря которым будет происходить съем физического сигнала. Для визуализации съема сигнала подключен датчик термодинамических свойств, который измеряет температуру, удельную энтальпию, удельный объем и массовую долю пара. Снятие сигнала осуществляется с порта температуры (рис.3). Также к модели может быть подключен блок датчиков давления и внутренней энергии. Оба порта соответственно выводят конкретные значения давления в точке и конкретное значение внутренней энергии. При необходимости можно подключить датчик объемного расхода и датчик измерения массовой и энергетической скорости потока. Все значения берутся относительно абсолютного нуля.

Симуляция процесса перехода жидкости осуществлена под действием насоса, роль, которого исполняет блок контроля масс.

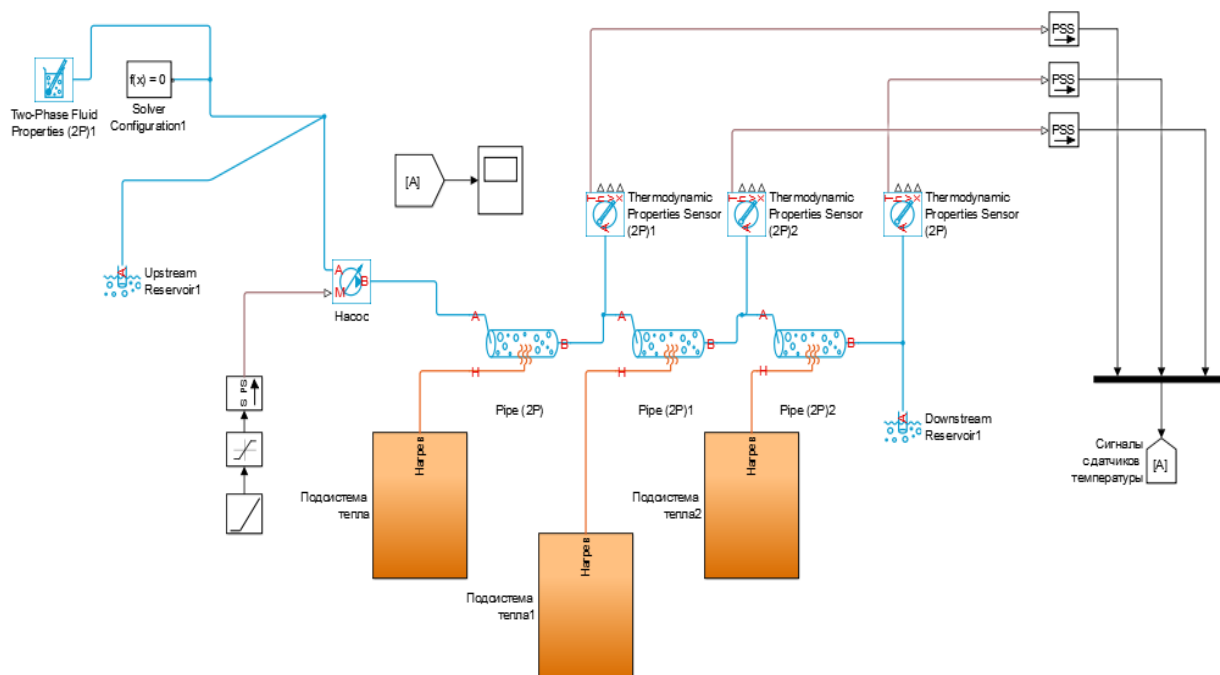


Рис.3. Промежуточный этап моделирования

Добавим еще конверторов, что бы осуществить съем сигналов с портов «качества пара» (массовой доли пара). По данным показаниям можно оценить соотношение пар – вода на разных участках трубопровода. Результаты построения отразим на рисунке 4.

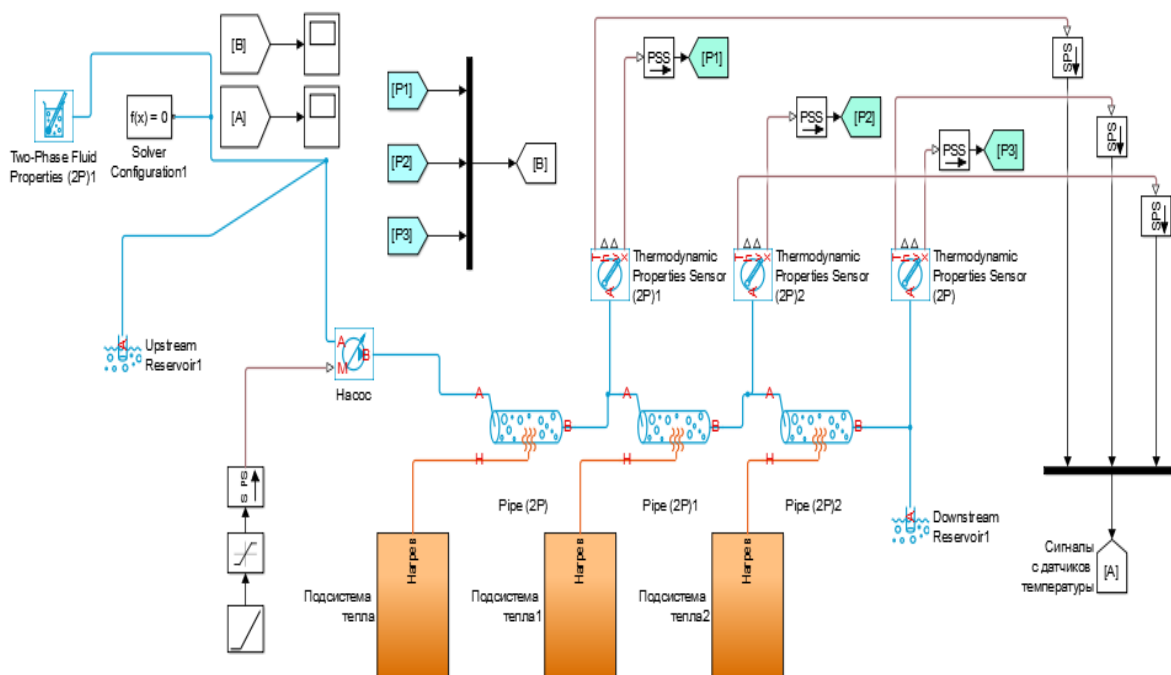


Рис.4. Схема модели трубопровода в Simscape

Результат моделирования работы системы по характеристикам температуры и качества пара приведен на рисунке 5.

На данных графиках можно проследить зависимость массовой доли пара от температуры.

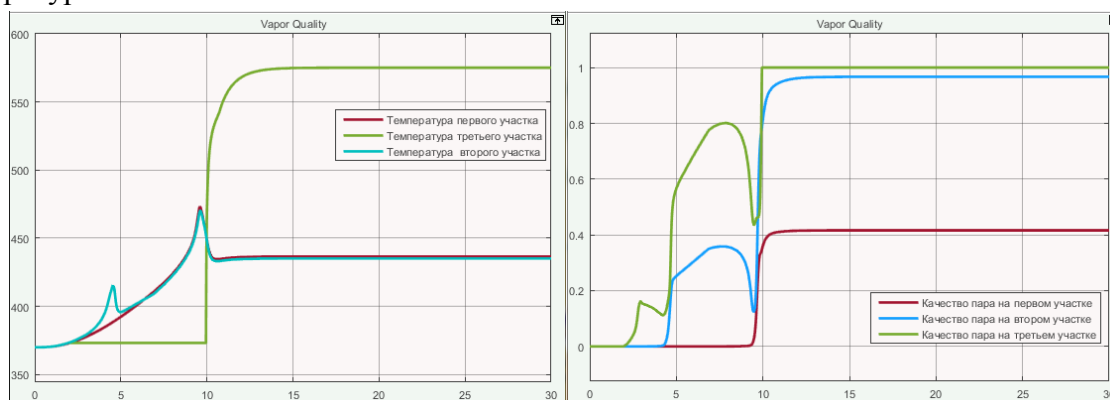


Рис.5. Сигналы с портов температуры и паросодержания

По определению расходное газо(паро)содержание это отношение объемного расхода пара к объемному расходу смеси, эта величина находится в диапазоне от 0 до 1.

Значения на границе интервала соответствуют переходу жидкости в состояние однофазной. На первом участке соотношение пар вода составляет чуть больше «40%», на втором участке более «90%». Соответственно на выходе, значение массовой доли пара находится на границе интервала. Можно сказать что «100%» смеси составляет пар.

При использовании классических подходов к моделированию, даже подобная, простая модель, особенно с учетом двухфазной среды потребует гораздо больше времени, чем при описанном программном подходе.

Все уравнения, которые реализуются блоками можно увидеть, посмотрев код данного блока, при этом любую модель можно регулировать не только по средствам блоков физического моделирования, а так же за счет блоков Simulink.

Завершающим этапом может служить генерация кода, имеющего выбранные параметры. Для этого из модели используется либо рассчитанный ранее регулятор, так как

инструмент поддерживает более 200 блоков, либо PID контроллер из библиотеки с «тюнером». Важным моментом является то, что Simulink PLC Coder выдает структурированный код в обширном диапазоне форматов, используемых различными реальными средами разработки.

Литература:

1. Деменков Н.П. Модельно ориентированное проектирование систем управления/ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва 2015
2. Модельно-ориентированное проектирование / MathWorks (ЦИТМ Экспонента) / Москва 2015 г.
3. Simulink PLC Coder rus / MathWorks (ЦИТМ Экспонента) / Москва 2015 г.

УДК 669

Особенности диагностики скоростного блока сортопрокатного стана

¹Бурмистрова Ирина Владимировна - студентка направления «Управление в технических системах»;

¹Ефремова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и управление в технических системах»;

²Маленко Антон Николаевич – руководитель службы диагностики.

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

²АО «Северсталь - Сортовой завод Балаково», г. Балаково.

В статье описаны задачи и цели технической вибродиагностики, выполнен обзор ее основных методик. Рассмотрено применение данного метода диагностирования к сортопрокатным станам, описаны их основные дефекты.

Неотъемлемой частью эксплуатации производственного оборудования является контроль его технического состояния. Метод неразрушающего контроля, такой как вибродиагностика, один из наиболее популярных методов диагностирования. Он позволяет оценить параметры и рабочие свойства оборудования, либо отдельных узлов, без вывода из эксплуатации всего объекта, демонтажа, вырезки образцов. Проведение мониторинга состояния объектов частично исключает потери материальных и временных ресурсов, повышая его надежность и определяя оптимальные технологии восстановления работоспособности агрегата, при возникновении дефектов, исключающих возможность его нормальной эксплуатации. Вибродиагностика включает в себя методические и теоретические сведения об организации процессов распознавания технических состояний машин и механизмов с помощью анализа комплекса параметров вибрации, по информации, носителем которой является виброакустический сигнал [2,с.6]. Такой сигнал способен практически мгновенно реагировать на изменение состояния оборудования, что помогает в кратчайшие сроки поставить диагноз и принять соответствующие меры. Диагностическими

признаками служат характеристики колебательных процессов: частота и амплитуда спектрального компонента, компонент спектра, модуляционные характеристики, характеристики временных реализаций вибрации и ряд других. На основании полученной информации возможно предотвратить выход оборудования из строя и, в целом, крупные повреждения, сопровождающиеся разрушением сопряженных деталей в результате цепной реакции разрушения, значительно сократить расходы на текущий и капитальный ремонт, увеличить межремонтный интервал, уменьшить затраты на закупку запчастей и расходных материалов.

Анализ и обработка вибрационных параметров включают в себя множество методик. Их классификация представлена на рисунке 1 [1, с.294].

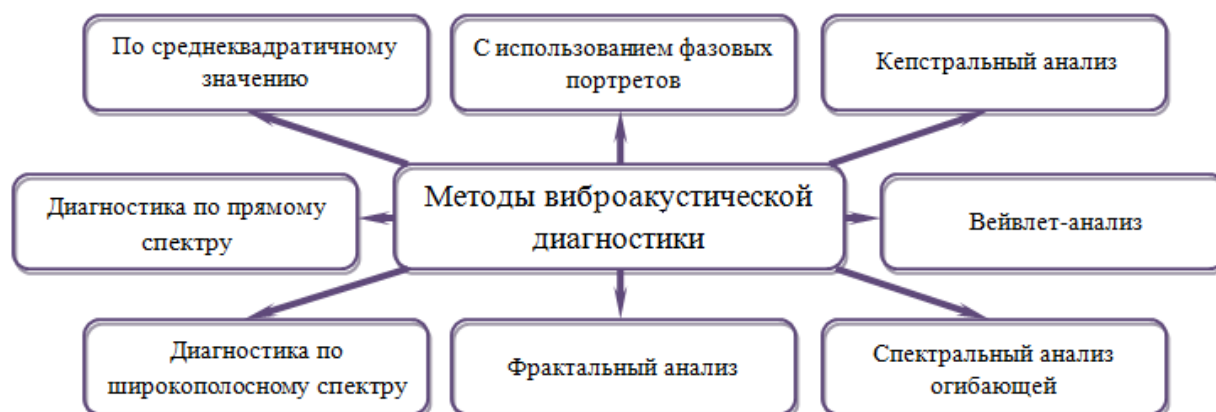


Рис.1. Классификация методов виброакустической диагностики

Диагностирование по среднеквадратичному значению вибросигнала получило широкое применение в промышленной диагностике, поскольку характеризуется легкостью реализации и низкой стоимостью, однако такой способ не позволяет определить природу дефектов.

Методика с использованием фазовых портретов использует анализ реконструированных фазовых портретов сигнала. Благодаря тому, что фазовый портрет отображает две характеристики движения, а не одну, как в спектральном анализе, возможно получить более полный объем информации о поведении системы.

Кепстральный анализ используют кепстр – преобразование Фурье от логарифмического спектра мощности. Данное преобразование позволяет наблюдать за множеством гармонических составляющих спектра, каждый из которых относится к определенному дефекту.

Вейвлет-анализ применим как для непрерывных, так и для дискретных сигналов. Такой сигнал раскладывается по базисным функциям, полученным из некоторого прототипа путем сжатий, растяжений и сдвигов. Вейвлет-анализ обеспечивает двумерное развертывание, тем самым позволяя рассматривать частоты и координаты как независимые переменные. Метод имеет высокую информативность, но является довольно трудоемким и сложным в интерпретации.

Спектральный анализ огибающей анализирует низкочастотные колебания мощности, а не саму высокочастотную вибрацию. При использовании среднего значения огибающей можно определить в процентах глубину модуляции случайного амплитудно-модулированного сигнала. Частота модуляции определяет вид дефекта, а глубина модуляции – степень его развития. Степень развития дефекта прямо пропорциональна глубине модуляции. К достоинствам данного относятся высокая чувствительность и достоверность определения вида и величины каждого из дефектов. Основными недостатками является

дороговизна оборудования и сложность реализации.

Фрактальный анализ заключается в том, чтобы полученный сигнал вибрации обрабатывался таким методом, в результате которого полученная фрактальная размерность отражала бы наличие дефектов и степень их развития, либо их отсутствие. Под фракталом подразумевается структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому.

Диагностирование по широкополосному спектру подразумевает наличие широкополосного спектроанализатора с хорошей разрешающей способностью. По общей картине частотного распределения всей мощности вибросигнала. Данный метод позволяет выявлять дефекты, когда энергия резонансных колебаний вырастет настолько, что они станут заметны. Этот метод широко применим на практике, поскольку позволяет выявлять множество дефектов оборудования, однако он предоставляет информацию только об общем состоянии оборудования.

Диагностирование по прямому спектру базируется на анализе спектра вибрации — выявлении периодичности (частоты) появления амплитудных всплесков. По частотному составу спектра можно идентифицировать возникающие и развивающиеся дефекты подшипника. Каждому дефекту определена своя частота, и гармоническая составляющая зависящая от кинематики подшипника, скорости его вращения, а также геометрии подшипника. Наличие той или иной частотной составляющей в спектре сигнала говорит о возникновении соответствующего дефекта, а амплитуда этой составляющей — о степени развития дефекта. Такой метод обладает высокой помехозащищенностью и высокой информативностью.

Спектральный анализ позволяет определить частотный состав сигнала. Выявление повышенных амплитуд вибрации на частотах, совпадающих с частотами возможных повреждений элементов, на резонансных частотах деталей, на частотах протекания рабочего процесса помогает обнаружить и идентифицировать неисправность на различных стадиях его развития. Метод достаточно помехозащищен и высоко информативен.

Представленные методы вибродиагностики применимы для промышленного оборудования, в том числе и к сортопрокатным станам. Сортопрокатный стан представляет собой универсальный комплекс силовых агрегатов для обработки металла давлением между вращающимися валками [3]. Основным оборудованием прокатного стана являются прокатные клетки, которые состоят из 3-х групп клеток (черновые, промежуточные и отделочные), линии терм. упрочнения, закалки и финишной отделки, протяжных трайбов, скоростных блоков, обрезных ножниц, холодильника и линии упаковки.

Для скоростных блоков прокатных станов характерны следующие дефекты: дисбаланс электродвигателя, расцентровка валов «электродвигатель – редуктор» и «редуктор – клеть», дефекты элементов соединительных муфт, различные дефекты подшипниковых узлов, включая проблемы со смазкой, деформация и ослабление опор, дефекты зубчатых передач в редукторе, смещение пятна контакта, питтинг, выкрашивание, трещины. Наиболее часто встречающимся типом дефектов является износ подшипников зубчатых передач, что приводит к смещению пятна контакта, износу шестерен, шуму, слому зубьев. Данному дефекту способствует качество смазочного материала в процессе работы. При недостаточных смазочных свойствах, детали и узлы редуктора в процессе работы испытывают повышенные нагрузки на поверхностях контакта – что приводит к ускоренному их износу и постепенной деградации.

Особенностью и главной целью вибродиагностики скоростного блока является

индикация и контроль амплитуд частот зубчатых передач мультипликатора, подшипников, и клеток блока. Определив частоты и уровни спектра, модуляции сигнала, возможно распознать признаки развивающихся дефектов. С помощью полученных данных определяются конкретно интересующие зависимости и сравниваются с эталонными значениями, на основе чего делается прогноз остаточного ресурса. Основополагающими параметрами являются частоты зацепления зубчатых передач. Рост их уровня говорит об износе опорных подшипников, смещении пятна контакта зубьев шестерен, что в свою очередь вызывает их износ, и повышенную нагрузку на сами подшипники. По истечении времени, когда износ подшипника достигает критической точки, происходит его разрушение, что приводит так же к поломке зубьев шестерен и аварийной остановке агрегата. Спектральный анализ позволяет заранее спрогнозировать и зафиксировать износ подшипников, дефекты зацепления шестерен, и своевременно проводить обслуживание.

Литература:

1. Матюшкова О. Ю. Современные методы виброакустического диагностирования / О. Ю. Матюшкова, В. Ю. Тэттер, Омск, 2013.
2. Ширман А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования/ А. Ширсан, А. Соловьев, М.:1996.–252с.
3. Электронный ресурс – Режим доступа: <http://tutmet.ru/prokatnyj-stand-vysokoproizvoditelnyj-ustrojstvo-video>

УДК 681.53

Система контроля и визуализации на основе 8-разрядных микроконтроллеров

Грицюк Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Буянов Дмитрий Андреевич, студент направления подготовки

«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 представлена схема управляющего модуля системы для изучения работы современных 8-разрядных микроконтроллеров, рассмотрены принципы программирования.

В современном технологическом оборудовании в качестве контрольно-измерительных устройств используются датчики управляемых величин, с помощью которых возможно контролировать широкий ряд параметров: температуру, давление, расход рабочей среды и другие. Построение подобного рода систем на базе микропроцессорной техники позволяет визуализировать информацию об изменениях контролируемых параметров и программно управлять процессом измерения и контроля.

Для ознакомления с принципами работы и программирования микроконтроллерных систем используются специально разработанные учебные стенды. Управляющим элементом таких стендов чаще всего являются 8-, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры.

Применение 8-разрядных микроконтроллеров в управляющих системах оправдано по причине достаточной простоты реализации схем на их основе, надежности, а также необходимой вычислительной мощности. Принимая во внимание универсальность применения и доступность, рассмотрены 3 класса микроконтроллеров AVR: tiny AVR - с небольшим количеством выводов и низкой стоимостью; mega AVR - класс микроконтроллеров, обладающий Flash-памятью программ и производительностью 16 MIPS; Xmega AVR - семейство с наибольшим объемом оперативной и программной памяти, что позволяет реализовывать сложные программы управления, тем самым расширяя границы применения микроконтроллеров. Микроконтроллеры mega - классические представители класса AVR, имеющие последовательные интерфейсы ввода/вывода SPI и TWI, генераторы сигнала PWM, приемо-передатчики UART/USART, 8/16 разрядные таймеры/счетчики, а также 10-разрядный АЦП.

В качестве управляющего модуля для создания микроконтроллерной системы контроля и визуализации используется платформа Arduino mega, имеющая в своей структуре 8-разрядный микроконтроллер ATmega2560. Рекомендуемое входное напряжение платформы 7-12В; регулятор напряжения, установленный на платформе, обеспечивает микроконтроллер требуемым напряжением +5В. Для передачи информации по интерфейсу USB на платформе установлен микроконтроллер Atmega8U2. Микроконтроллер ATmega2560 обладает FLASH памятью для хранения программ 256 Кб, а также 8 Кб оперативной памяти и 4 Кб EEPROM памяти для хранения постоянных; работает на тактовой частоте 16 МГц. Платформа содержит 54 цифровых входов/выходов, необходимый режим выбирается программно. Архитектура микроконтроллера имеет тип reduced instruction set computer и 135 инструкций, большинство из которых выполняется за 1 цикл тактового генератора. Платформа обладает защитой от превышения тока в 500 мА через USB, тем самым защищая порт USB компьютера.

Структурно разрабатываемая система контроля и визуализации состоит из управляющего модуля и модуля периферии. Принципиальная схема управляющего модуля системы представлена на рисунке 1.

Управляющий модуль содержит элементы:

- платформу Arduino Mega на базе микроконтроллера ATmega2560;
- динамик;
- матричную клавиатуру 4x4;
- 3 кнопки без фиксации;
- 12 цветных светодиодов, из которых 8 имеют подключение с общим катодом.

Выводить информацию в виде символов, букв и цифр позволяет двухстрочный LCD дисплей. RGB светодиод дает возможность выводить значения измеряемой величины в определенном цвете. При заполненности LCD дисплея 4-х разрядный семисегментный индикатор позволяет отобразить численные значения величины. Светодиоды, имеющие подключение с общим катодом, выполняют роль индикации уровня. Инкрементный энкодер позволяет изменять определенную величину на заданный шаг. Максимальная потребляемая мощность устройства не превышает 10 Вт.

Основные элементы периферийного модуля:

- лазерный диод;
- светочувствительный датчик;
- инфракрасный датчик движения;
- ультразвуковой датчик расстояния;

- датчик температуры/влажности;
- датчик звука;
- двигатель постоянного тока;
- сервопривод;
- макетная плата с набором проводников.

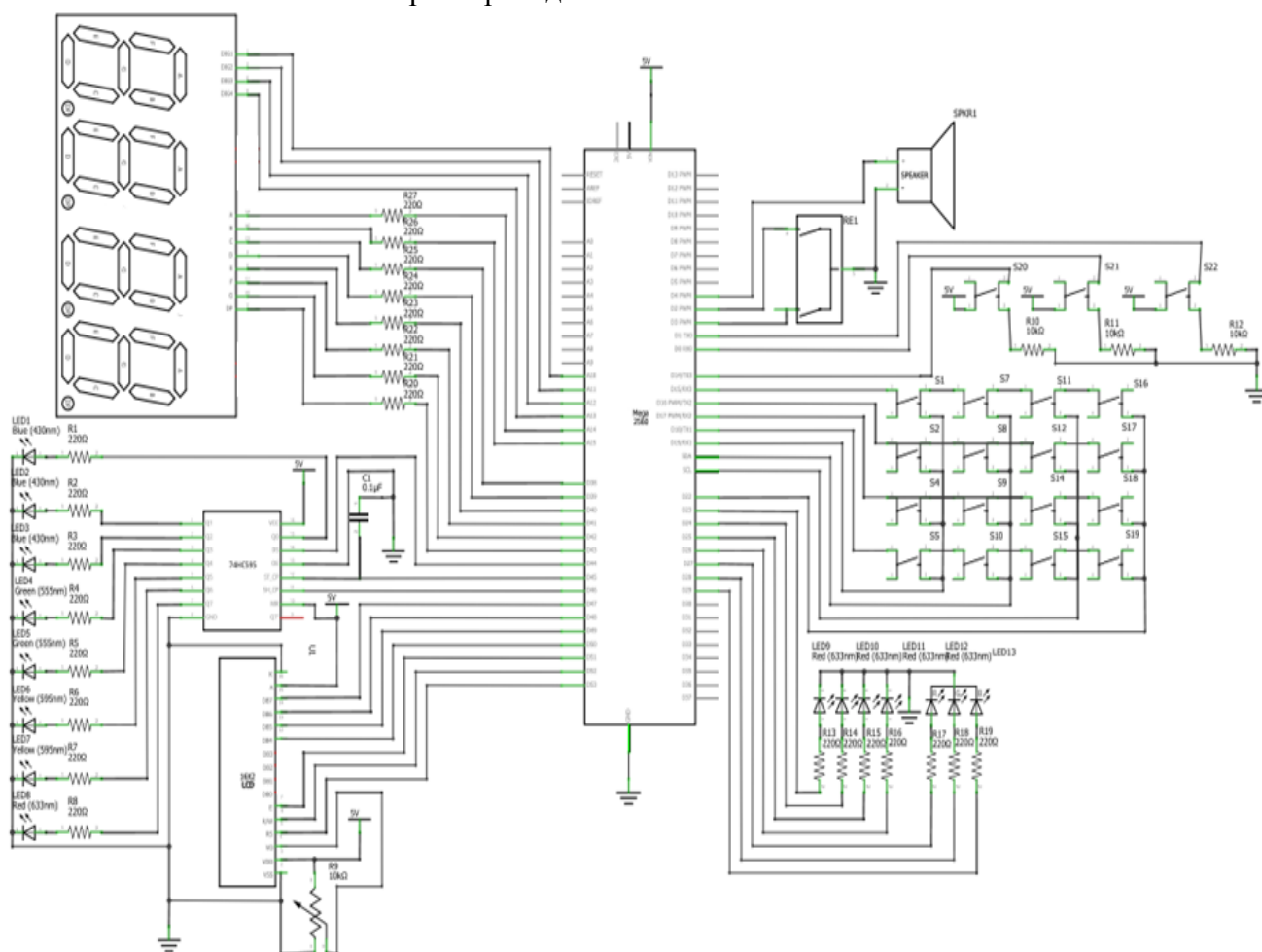


Рис. 1. Схема управляющего модуля системы на базе микроконтроллера

Используя элементы периферийного модуля можно моделировать управляющую систему различной сложности. Элементы индикации позволяют выводить информацию в удобном виде.

Платформа Arduino mega обладает интегрированной средой разработки IDE, содержащей функции для создания, компилирования и отладки программного обеспечения.

Представлен алгоритм, преобразующий величину расстояния от ультразвукового датчика до предмета в определенный цвет RGB светодиода.

Программа 1.

```
int trigPin = 13; //Назначение номера выхода источника
int echoPin = 12; //Назначение номера входа приемника
int redPin = 11; //Назначение номера выхода анода кристалла, отвечающего за красный
цвет
int greenPin = 10; //Назначение номера выхода анода кристалла, отвечающего за
зеленый цвет
int bluePin = 9; //Назначение номера выхода анода кристалла, отвечающего за синий
цвет
long duration, cm, inches; // Тип данных переменных :duration, cm, inches
```

```

void setup() {
pinMode(redPin, OUTPUT); // Режим работы на выход
pinMode(greenPin, OUTPUT); // Режим работы на выход
pinMode(bluePin, OUTPUT); // Режим работы на выход
Serial.begin (9600); // Задание скорости передачи данных
pinMode(trigPin, OUTPUT); // Режим работы на выход
pinMode(echoPin, INPUT);} // Режим работы на вход
void loop(){
digitalWrite(trigPin, LOW); // Установка низкого уровня сигнала для излучателя
delay (5); // Задержка 5 мкс
digitalWrite(trigPin, HIGH); // Установка высокого уровня сигнала для излучателя
delay (10); // Задержка 10 мкс
digitalWrite(trigPin, LOW); // Установка низкого уровня сигнала для излучателя
duration = pulseIn(echoPin, HIGH); // преобразование времени в расстояние
cm = (duration/2) / 29.1; // Расчет величины расстояния в сантиметрах
inches = (duration/2) / 74; // Расчет величины расстояния в дюймах
Serial.print(inches); // Вывод величины расстояния в дюймах
Serial.print("in, "); // Вывод сокращения inches
Serial.print(cm); // Вывод величины расстояния в сантиметрах
Serial.print("cm"); // Вывод сокращения сантиметр
Serial.println(); // Переход на новую строку
if(inches==5) // Условие алгоритма
{analogWrite(redPin, 255); // Максимальная величина сигнала red-анода
analogWrite(greenPin, 0); // Минимальная величина сигнала green-анода
analogWrite(bluePin, 0); } // Минимальная величина сигнала blue-анода
if(inches!=5) // Условие алгоритма
{analogWrite(redPin, 0); // Минимальная величина сигнала red-анода
analogWrite(greenPin, 0); // Минимальная величина сигнала green-анода
analogWrite(bluePin, 0); } // Минимальная величина сигнала blue-анода
if(inches==6) // Условие алгоритма
{analogWrite(redPin, 255); // Максимальная величина сигнала red-анода
analogWrite(greenPin, 100); // Величина сигнала green-анода
analogWrite(bluePin, 0); } // Минимальная величина сигнала blue-анода
Вывод величины расстояния происходит на экран персонального компьютера.

```

Произведя инициализацию LCD дисплея либо 7-сегментного индикатора, значение величины расстояния можно отобразить на элементах индикации.

Таким образом, система визуализации и контроля имеет необходимый набор элементов для ознакомления с принципами работы и программирования устройств на базе 8-разрядных микроконтроллеров. Кроме того, имеется возможность ее модернизации путем введения дополнительных элементов автоматики, управления и индикации.

Литература:

1. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR. /А.В. Белов. - М.: Наука и техника, 2013.
2. Коффрон Дж. Технические средства микропроцессорных систем. Практический курс. Пер с англ. /Дж. Коффрон. - М.: Мир, 1983.

3. Петин В.А. Микроконтроллеры Raspberry Pi. Прак. руковод. /В.А. Петин. - СПб.: БХВ - Петербург, 2015.

4. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. 2-е изд., перераб. и доп. / В.А. Петин. - СПб.: БХВ -Петербург, 2015.

УДК 004.71

Система слежения за аппаратной конфигурацией компьютеров по сети для предприятия

Камленок Инна Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Информационных технологий и физико-математических дисциплин».

УО «Барановичский государственный университет», г. Барановичи, Республика Беларусь.

Программный продукт выполняет сбор информации об аппаратных компонентах компьютера в фоновом режиме раз в сутки и сравнивает текущую конфигурацию с зарегистрированной. Если конфигурации не совпадают, приложение дополняет соответствующие таблицы в базе данных, которые хранят информацию о компонентах компьютера, и создает новую конфигурацию, которую увидит администратор. После выяснения причин, по которым конфигурация компьютера изменилась, он принимает решение применить конфигурацию к компьютеру или отклонить ее.

Процессы, происходящие в связи с информатизацией общества, способствуют не только ускорению научно-технического прогресса, интеллектуализации всех видов человеческой деятельности, но и созданию качественно новой информационной среды социума, обеспечивающей развитие творческого потенциала индивида [1].

Научная новизна исследования состоит в изучении процесса получения подробной заводской информации по основным компонентам компьютера.

Актуальность выбранной тематики работы обусловлена тем фактом, что в настоящее время для предприятий важно автоматизировать больше процессов для меньшего влияния человеческого фактора.

Для разработки приложения использована среда разработки Visual Studio 2015 и язык программирования C#. Для обеспечения максимальной интеграции приложения и СУБД использована платформа .NET Framework 4.5 [2].

Задачей научной работы является разработка системы слежения за аппаратной конфигурацией компьютеров по сети.

Как правило, основной целью физического проектирования базы данных является описание способа физической реализации логического проекта базы данных [3]. Физическая модель данных, представлена на рисунке 1.

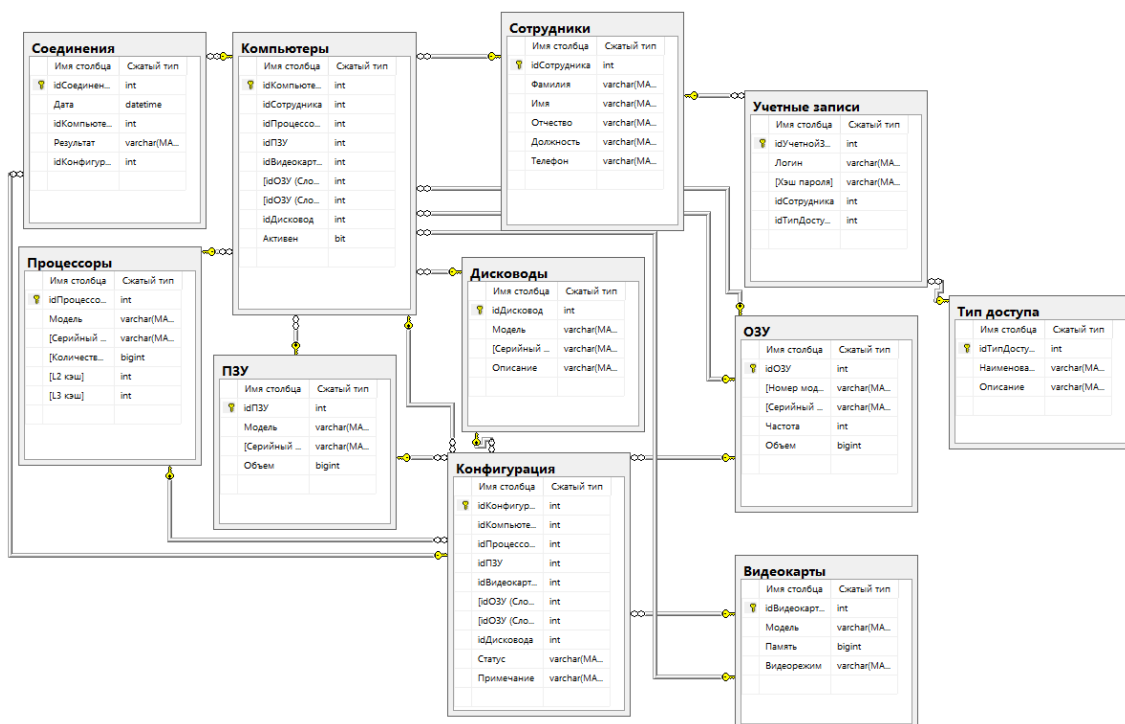


Рис. 1. Физическая модель данных

При первом запуске исполняемого файла программы, откроется стартовое окно программы, показанное на рисунке 2.

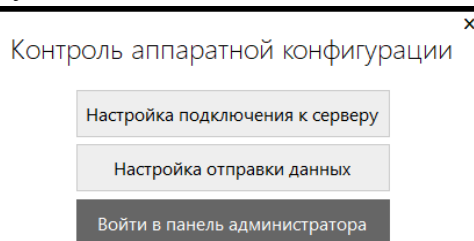


Рис. 2. Стартовое окно приложения

Если настройка программы уже выполнялась и отправка данных активно, тогда программа будет запущена в фоновом режиме. Тогда для показа стартовой формы необходимо нажать сочетание клавиш Shift+Alt+F12.

Кнопка «Настройка подключения к серверу» открывает окно для настройки подключения. Для подключения к базе данных необходимо ввести IP-адрес сервера, выбрать необходимый режим входа и нажать кнопку «Сохранить».

Чтобы настроить отставку, необходимо нажать кнопку «Настройка отправки данных». Для входа на данное окно необходимо ввести данные аккаунта администратора в окно авторизации. Окно настройки отправки данных показано на рисунке 3.

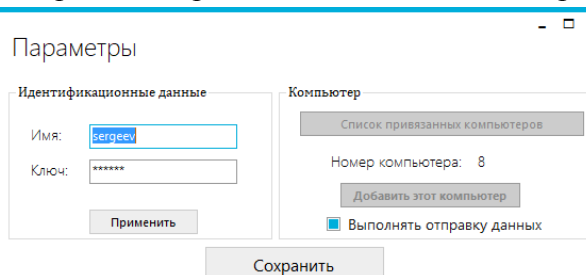


Рис. 3. Окно отправки данных

Для начала нужно ввести идентификационные данные сотрудника и нажать «Применить». После этого может выбрать компьютер из списка привязанных компьютеров

или добавить текущий компьютер в базу данных. После завершения настройки необходимо нажать кнопку «Сохранить». При активной опции «Выполнять отправку данных», компьютер начнет регулярно отправлять данные об аппаратной конфигурации.

Зайдем в панель администратора, нажав кнопку «Войти в панель администратора». Это окно можно открыть введя данные аккаунта администратора. Вид панели администратора показан на рисунке 4.

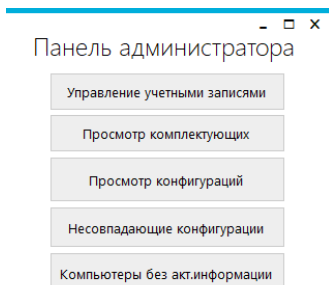


Рис. 4. Окно авторизации

Для управления списком сотрудников и учетных записей необходимо нажать окно «Управление учетными записями». Если у сотрудника имеется привязанная учетная запись, также автоматически заполняется поле «Логин». Если пользователь не имеет учетной записи, тогда в поле «Учетная запись» будет отображаться надпись «Не существует», как показано на рисунке 5.

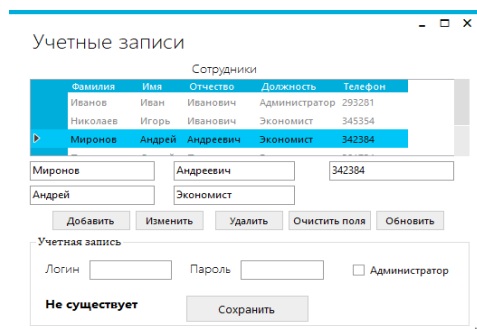


Рис. 5. Окно управления списком сотрудников и учетными записями

Для просмотра комплектующих необходимо нажать кнопку «Просмотр комплектующих» в панели «Администратора». Чтобы просмотреть данных о конфигурации всех компьютеров, а также сотрудника, к которому они привязаны необходимо нажать кнопку «Просмотр конфигураций». Для просмотра списка несовпадающих конфигураций, нажимаем кнопку «Несовпадающие конфигурации».

Для теста изменили значения в базе данных, получив одну несовпадающую конфигурацию. Нажав кнопку «Экспорт списка в Excel», мы получим документ, показанный на рисунке 6, где несовпадающие детали отмечены красным.

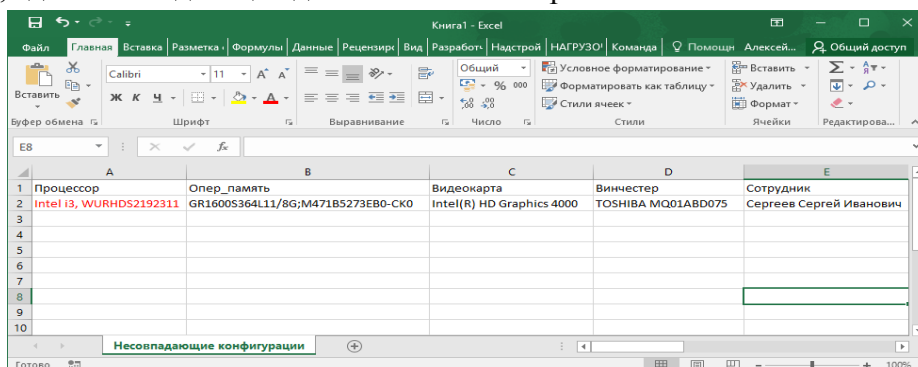


Рис. 6. Документ с незарегистрированными конфигурациями

В ходе выполнения работы по теме «Система слежения за аппаратной конфигурацией

компьютеров» был спроектирован, разработан и реализован программный продукт, описание которого было приведено выше. Разработанный программный продукт может быть использован в организациях, имеющих в наличии большое количество персональных компьютеров. Совершенствование программного продукта можно осуществить увеличением числа определяемых устройств, добавлением в функционал удаленного тестирования аппаратных компонентов компьютера для удаленной предварительной диагностики компьютера системным администратором.

Литература:

1. Кумар, В. NET Сетевое программирование / В. Кумар, Э. Кровчик, Н. Лагари. – М.: Лори, 2014. – 500 с.: ил.
2. Рихтер, Дж. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.0 на языке C# / Дж. Рихтер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 400 с.: ил.
3. Соловьев, С. В. Технология разработки прикладного программного обеспечения / С.В. Соловьев, Р.И. Цой, Л.С. Гринкруг. – М.: Академия Естествознания, 2011. – 156 с.:ил.

УДК 581.5

Анализ надежности систем отопления жилых помещений

Ким Анатолий Юрьевич – студент направления «Управление в технических системах»

Ефремова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

В работе проведен расчет надежности основных элементов системы отопления жилых помещений. Даны рекомендации по модернизации элементов системы управления на основе анализа показателей надежности.

Надежность и безотказность систем отопления помещений заключается в способности исполнения заданных функций, сохраняя при этом установленные показатели в заданных режимах. Основными возмущающими воздействиями, влияющими на температурный режим в помещениях, являются: температура наружного воздуха, ветер и солнечная радиация. Существует ряд факторов, отвечающих за надежность отопительной системы и каждого ее отдельно взятого элемента:

- установка высококачественного оборудования;
- возможность эксплуатации в экстремальных условиях;
- правильное проектирование и установка элементов;
- своевременное обслуживание и профилактика;
- использование резервных средств топлива для системы.

Автоматизация систем отопления позволяет решать следующий спектр задач:

- поддерживать комфортную температуру в помещениях вне зависимости от температуры наружного воздуха;

- ликвидировать перегрев помещений в переходные периоды, то есть во время отопительного сезона;
- снизить температуру возвращаемого теплоносителя;
- защитить систему отопления от замораживания;
- уменьшить расход теплоносителя.

Анализ надежности систем отопления жилых помещений проведем на основе системы автоматического регулирования отопления, функциональная схема которой представлена на рисунке 1.

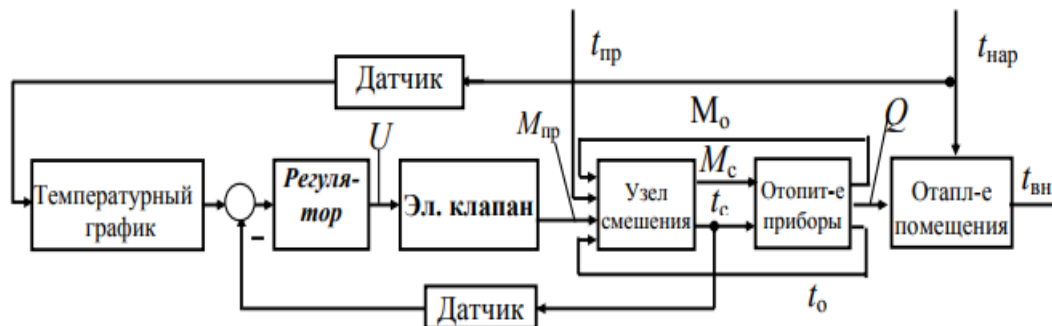


Рис. 1. Функциональная схема системы отопления:

$t_{нар}$ – температура наружного воздуха; $t_{вн}$ – температура воздуха внутри помещения;
 $t_{пр}$, $t_о$, $t_с$ – температура прямой, обратной и смешанной воды; $M_{пр}$, $M_о$, $M_с$ – массы прямой, обратной и смешанной воды; Q – количество тепла; U – импульсы управления электроклапаном

Надежность – комплексное свойство системы, характеризующееся: безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью [4]. Для определения показателей надежности системы отопления будем применять структурные методы расчета, основанные на представлении объекта в виде логической, структурно-функциональной схемы (рис. 1) [4]. Проведем ориентировочный расчет надежности, который позволит сравнить по надежности альтернативные варианты и наметить пути возможного повышения надежности.

Как уже отмечалось основным элементом системы является терморегулятор, неисправность которого включает в себя следующие возможные виды отказов:

- не горит индикатор «Сеть»;
- нагреватель среды не функционирует;
- не задается температура;
- нагреватель работает постоянно.

Терморегулятор имеет основное, последовательное соединение элементов, без избыточности, отказ устройства произойдет при отказе любого элемента или при разрыве любого соединения, или коротком замыкании токоведущих частей.

Для ориентировочного расчета надежности необходимо знать следующие параметры отдельных узлов системы: структуру изделия, а именно вид соединения элементов расчета надежности; типы элементов, входящих в изделие, и количество элементов каждого типа; величины интенсивности отказов элементов, входящих в изделие.

В таблице 1 приведена интенсивность отказов элементов, входящих в конструкцию терморегулятора.

Таблица 1

Данные для расчета надежности терморегулятора

Наименование элемента	Интенсивность отказа $\lambda \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	Количество N_i , шт
Конденсаторы	0,05	10
Микросхемы	0,08	5
Резисторы	0,01	30
Предохранитель	0,5	1
Трансформатор	0,05	1
Транзисторы	0,12	8
Диоды	0,015	9
Светодиоды	0,07	3
Печатная плата	0,02	3
Соединение пайкой	0,01	220

Рассчитаем суммарное значение интенсивности отказа терморегулятора:

$$\lambda_{\text{общ}} = (0.05 \cdot 10 + 0.08 \cdot 5 + 0.01 \cdot 30 + 0.5 \cdot 1 + 0.05 \cdot 1 + 0.12 \cdot 8 + 0.015 \cdot 9 + 0.07 \cdot 3 + 0.02 \cdot 3 + 0.01 \cdot 220) \cdot 10^{-6} = 25.655 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Рассчитаем показатели надежности терморегулятора в течение отопительного сезона, который в России в среднем составляет 7 месяцев – это 5040 часа. Вероятность безотказной работы устройства равна [3]:

$$P(5040) = e^{-\lambda_{\text{общ}} t} = 0.871$$

Время наработки на отказ терморегулятора составит:

$$T_o = \frac{1}{\lambda_{\text{общ}}} = 38978 \text{ ч.}$$

Регулирование температуры в помещении может происходить за счет терморегулятора РТ-12А, который может работать в двух основных режимах: ручной и автоматический. Достоинствами использования в системе данного регулятора является относительная простота установки и возможность сопряжения с большинством микро ЭВМ, так как регулятор имеет стандартный разъем подключения.

Согласно справочным данным [6] время наработки на отказ терморегулятора РТ-12А составляет $T=52560$ ч.

Интенсивность отказов составляет $\lambda=19,03 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$.

Тогда вероятность безотказной работы регулятора составляет:

$$P(5040) = e^{-\lambda \cdot t} = 0,909$$

Еще одним важным элементом системы является циркулярный насос, анализ надежности насоса может быть проведен на основе диаграммы, на которой приведены причины поломки циркулярного насоса (рис.2).

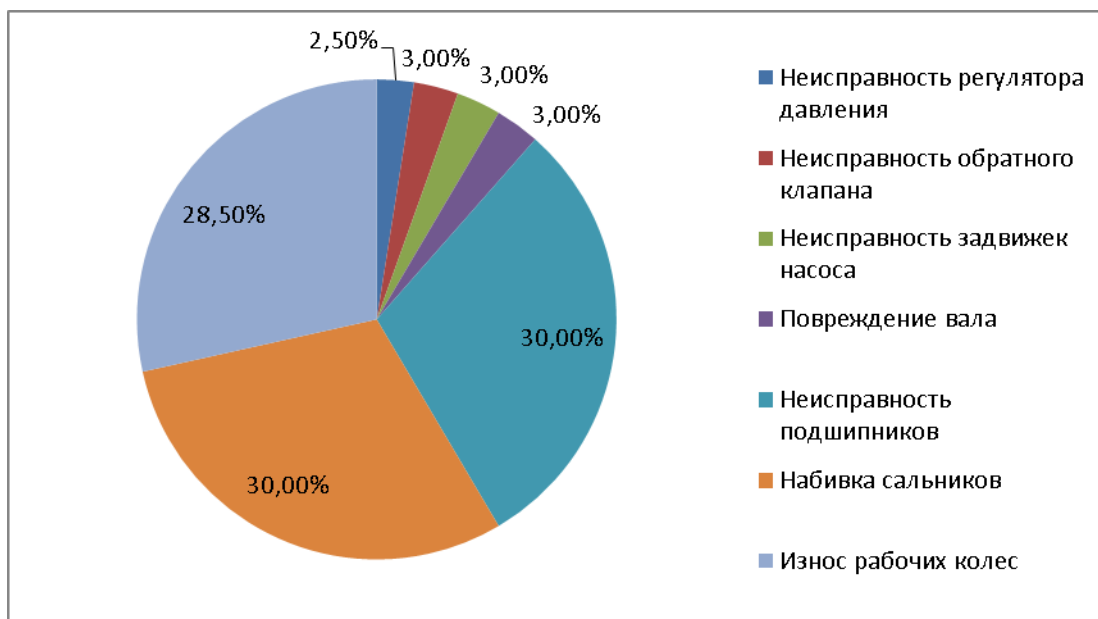


Рис. 2. Основные причины поломки циркулярного насоса

Основными причинами поломки являются неисправность подшипников, набивка сальников, а также износ рабочих колес.

Рабочее колесо представляет собой два параллельных диска, соединённых друг с другом радиально выгнутыми лопастями. Один из дисков имеет отверстие для течения теплоносителя, другой же предназначен для фиксации крыльчатки, находящейся на валу двигателя. Износ рабочего колеса может привести к нарушению протекания теплоносителя, который в свою очередь играет роль смазки и охлаждения вала, а значит, может подвергнуть к перегреву циркуляционного насоса в целом.

Неисправность подшипника, которую можно определить по возникшей вибрации насоса, чаще всего устраняется его заменой.

Набивка сальников предназначена для осуществления герметизации системы, в данном случае насоса. В случае плохой герметичности циркуляционного насоса рекомендуется заменить сальники.

В качестве насоса для системы отопления можно предложить безсальниковый циркуляционный насос Wilo Star RS 30/6 с мокрым ротором, принцип работы которого основан на использовании центробежной силы. Использование именно данного типа ротора имеет ряд преимуществ, таких как низкие шумы при работе самого устройства, а также непосредственное охлаждение и смазка внутренних компонентов насоса.

Проведем расчет вероятности безотказной работы насоса. Согласно справочным данным время наработки на отказ устройства составляет: $T=70080$ ч. Интенсивность отказа составит: $\lambda=14,27 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$. Согласно [3] вероятность безотказной работы насоса в течение отопительного периода составит: $P(t)=0,931$.

В качестве исполнительных механизмов для систем отопления используются в основном регулирующие клапаны. Возможными причинами поломки клапана являются: неисправность штока клапана и поломка привода.

В качестве исполнительного механизма в системе отопления можно использовать регулирующий клапан седельного типа с электроприводом типа Honeywell ML 600N, который обеспечивает требуемую плотность при полном закрытии. Согласно справочным данным [5] время наработки на отказ клапана составляет $T=65712$ ч.

Интенсивность отказа которого составляет $\lambda=15,22 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Вероятность безотказной работы клапана с электроприводом составляет:

$$P(5040) = e^{-\lambda T} = 0,926$$

Таким образом, модернизация системы отопления в жилом помещении на основе приведенного расчета надежности наиболее значимых элементов системы, позволит увеличить надежность и срок эксплуатации систем отопления.

Литература:

1. Бородин С.М. Обеспечение надежности при проектировании РЭС/С.М. Бородин – Типография УлГТУ, 2010. – 108 с.
2. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей/А.А. Ионин – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
3. Константинов В.Е. Надежность систем центрального водяного отопления в зданиях повышенной этажности/В.Е. Константинов В.Е. – М.: Стройиздат, 1976. – 183 с.
4. Крупнов Б.А. Руководство по проектированию систем отопления/Б.А. Крупнов, Н.С. Шарафудинов – Москва, 2008. – 219 с.
5. <http://aquagroup.ru/articles/regulirovanie-sistemy-otopleniya.html>
6. <https://wilo-land.ru>
7. <http://honeywell.nt-rt.ru>

УДК 62-133

Критерии оценки и выбора роботов-пылесосов

Корнилова Наталья Валерьевна, доцент кафедры
«Информатика и управление в технических системах»;
Дадаченкова Елена Евгеньевна, студентка направления
«Управление в технических системах»

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

Рассмотрен основной принцип работы робота-пылесоса. Выявлены наиболее важные характеристики при выборе данного продукта.

Для уменьшения затрат времени на проведение повседневных дел, таких как уборка, люди придумывают множество приспособлений, и одним из них является робот-пылесос.

Робот-пылесос может производить уборку по определённому расписанию, либо по команде человека. В процессе уборки робот самостоятельно передвигается по заданной поверхности, собирая мусор, а наткнувшись по пути на препятствие, он принимает решение о способе его преодоления на основе специальных алгоритмов. По окончании уборки большинство роботов самостоятельно возвращаются к зарядному устройству.

В настоящее время существуют несколько типов роботов уборщиков:

- роботы-пылесосы, предназначенные для сухой уборки помещения от пыли и загрязнений с поверхностей за счёт всасывания потоком воздуха;
- моющие роботы пылесосы для влажной уборки помещения;

- роботы полотеры, предназначенные как для сухой, так и для влажной уборки (при помощи салфеток из микрофибры);

- роботы для чистки бассейнов (стен и дна);

- роботы для чистки окон.

- роботы для чистки труб.

- роботизированные газонокосилки.

Робот-пылесос объединяет в себе два устройства: пылесос и определенную микропроцессорную систему, анализирующую информацию, которая поступает от разных датчиков, и задает направление и скорость движения в соответствии с этими данными.

На сегодняшний день в магазинах представлено огромное множество роботов-пылесосов разных фирм, моделей, разной ценовой категории.

Принцип работы «умного» пылесоса заключается в следующем. Две боковые щётки, вращаются вокруг вертикальной оси, сметая пыль в углах и вдоль плинтусов. Внизу вращаются горизонтально навстречу друг другу две другие щётки, резиновая и с ворсом, для гладкого пола и ковра, собирающие большой мусор. Все это направляется во всасывающее устройство вакуумного механизма. Во всех моделях роботов-пылесосов этот принцип одинаков, но главные отличия заключаются в цене, наличии разнообразных датчиков и дополнительных функций.

Одним из не маловажных отличительных признаков является качество сборки прибора. Эффективность уборки будет зависеть не от величины щёток, а от материалов, из которых они изготовлены, и от качества их сборки. В более дешёвых моделях над главной щёткой может не оказаться защитного кожуха, что приведёт к наматыванию на неё проводов, деталей одежды и к остановке работы пылесоса. Помимо этого, ворс на боковых щётках может быть некачественным, они со временем перегнутся или выпадут. В дорогих моделях установлен кожух, а боковые щётки установлены на резиновую основу, давление на них будет меньше, и срок службы дольше.

Пылесборник, наоборот, должен быть большим, от этого будет зависеть продолжительность уборки, до момента его заполнения.

Чем больше датчиков установлено на роботе-пылесосе, тем он будет манёвреннее. В дорогих моделях используются все виды датчиков, в дешёвых – наиболее простые.

Существует несколько типов датчиков, которые позволяют роботу-пылесосу ориентироваться в пространстве:

- Ультразвуковые датчики. Они определяют расстояние до предметов. Получая сигнал с этого датчика, пылесос замедляет скорость движения, при приближении к стенам или другим объектам, либо ускоряется на свободных участках.

- Инфракрасные датчики касания – помогают роботу «видеть» препятствия, чтобы стараться не дотрагиваться до них. Датчики не расположены на всей поверхности корпуса, поэтому, сталкиваясь с препятствием под углом, робот прикасается к нему, а затем срабатывают механические датчики столкновения. В этом случае пылесос изменяет свою траекторию в соответствии с заданным алгоритмом движения.

- Инфракрасные датчики падения располагаются на днище корпуса, их работа заключается в следующем – если приемник перестает принимать сигнал, под роботом нет пола, значит он развернётся и продолжит уборку в другом месте. Некоторые модели имеют датчики, определяющие степень загрязнения конкретного места.

Один из важнейших критериев выбора робота-пылесоса – это ёмкость аккумулятора. Аккумулятор влияет на качество уборки, на продолжительность работы без подзарядки, на

мощность всасывания.

Роботы-пылесосы бюджетного уровня чаще всего содержат никель-металл-гидридные аккумуляторы Ni-MH. Для роботов-уборщиков среднего ценового сегмента свойственны литиевые аккумуляторы или же никель-металл-гидридные аккумуляторы Ni-MH. А при производстве дорогостоящих приборов используют чаще всего литий-ионные Li-Ion аккумуляторы и литий-полимерные Li-Pol, реже встречаются литий-железо-фосфатные аккумуляторы LiFePo. Так как аккумулятор робота-пылесоса – самая важная его часть, рассмотрим их отличия подробнее.

Никель-металл-гидридные аккумуляторы Ni-MH являются самыми популярными на сегодняшний день, их используют 98% фирм-производителей роботов-пылесосов. Главной причиной такой популярности является надёжность, высокая доступность. Так же, при качественном обслуживании данные элементы питания могут прослужить на 10-20% дольше, чем основной конкурент – литиевый аккумулятор. Недостатком является экзотермичность – во время зарядки они нагреваются. Долгое отсутствие эксплуатации отрицательно отражается на технических характеристиках аккумулятора такого типа. Но главным минусом является способность аккумулятора «запоминать» уровень своего заряда. То есть если по инструкции время работы робота-пылесоса 180 минут, а его поставили заряжаться уже спустя 150 минут, то этот уровень заряда станет исходным, и остальные 30 минут из памяти постепенно исчезнут. Это так называемый «эффект памяти».

Литиевые аккумуляторы Li-Ion и Li-Pol имеют гораздо меньшие габариты, но заряжаются они на порядок быстрее. Данный вид аккумулятора довольно долго сохраняет полученный объем энергии. В них практически отсутствует «эффект памяти». Но литиевые аккумуляторы сравнительно быстро стареют, даже когда их не эксплуатируют. Стоят они почти на 20% больше никелевых.

Литий-полимерные аккумуляторы считаются более современными, они более экологичные, весят меньше и более безопасны, в них нет легковоспламеняющихся элементов. Но при использовании в роботах-пылесосах эффект от работы Li-Pol и Li-Ion аккумуляторов почти одинаков.

При выборе робота-пылесоса нужно обратить внимание и на наличие системы построения карты помещения. В этом случае робот будет знать, где он убирался, а где ещё нет. Движения не будут хаотичными, и качество уборки будет выше.

Многие роботы функционируют в комплексе с базовыми станциями для зарядки аккумулятора. Базовая станция подключается к сети и непрерывно излучает невидимый инфракрасный сигнал. Ориентируясь на этот сигнал, робот всегда сможет отыскать базу и подзарядиться, а затем продолжить уборку с того же места.

Базовая станция существенно упрощает эксплуатацию прибора и ее наличие – значительный плюс.

Так же, в зависимости от цены робот-пылесос может иметь разнообразные дополнительные функции: влажная уборка, дистанционное управление, уборка по расписанию и другие. А некоторые «умные устройства» поддерживают такие функции, как: ароматизация, очистка воздуха с помощью встроенного фильтра, обеззараживание пола с использованием ультрафиолета, возможность влажной уборки помещения посредством ткани, закрепленной на дне корпуса, контроль над уборкой с помощью пульта дистанционного управления. Многие из этих функций действительно полезны, но в дешевых моделях их часто используют для отвлечения от действительно важных характеристик, таких как: продолжительность работы без подзарядки, вместительность мусорного

контейнера и других. Поэтому на наличие дополнительных функций следует в последнюю очередь обращать внимание, если по остальным параметрам выбранная модель полностью устраивает.

Литература:

1. ICLEBO.SU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iclebo.su/> – Официальный дилер. (Дата обращения: 30.03.2018).
2. MECLEAN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meclean.ru/>. – Уборка в удовольствие (Дата обращения: 30.03.2018).
3. ROBOTOBZOR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotobzor.ru/>. – Рейтинги, обзоры и сравнения роботов-пылесосов. (Дата обращения: 30.03.2018).

УДК 62-529

Современный уровень автоматизации в системах водоочистки

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Зыкова Елизавета Валерьевна, студентка направления

«Управление в технических системах».

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

Рассмотрены работы отдельных систем управления. Проанализированы системы автоматического управления водоочистки.

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

Проблемы, которые необходимо решить при непрерывной работе систем водоочистки, стандартны: это выбор подходящего оборудования, его размещение на станции, а главное – обеспечение бесперебойной производительной работы. При разработке новых и модернизации существующих систем водоочистки и водоподготовки используются современные электронные системы управления исполнительными устройствами (устройства с электромеханическим и пневматическим приводами). Выбор состава и типа системы автоматического управления осуществляется исходя из производительности и назначения оборудования для водоочистки и водоподготовки.

В химической промышленности комплексной механизации и автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, внедрению условий работы, взрыва и пожароопасностью перерабатываемых веществ и так далее.

Ограниченные возможности человеческого организма (утомляемость, недостаточная

скорость реакции на изменение окружающей обстановки и на большое количество одновременно поступающей информации) являются препятствием для дальнейшей интенсификации производства. Наступает новый этап машинного производства - автоматизация, когда человек освобождается от участия в производстве, а технологическими процессами управляют автоматизированные устройства.

Рассмотрим работу отдельных систем управления:

1) Система регулирования давления греющего пара перед конденсатор-дегазатором. Для измерения давления пара используется преобразователь Сапфир 22ДИ. При изменении давления воды изменяется давление в измерительной камере преобразователя, которое воздействует на мембрану. Она деформируется и через кремний-органическую жидкость (или рычажную передачу) деформирует монокристалл сапфира. На поверхности кристалла нанесена тонкая плёнка полупроводникового тензодатчика и при деформации изменяется её выходное электрическое сопротивление, с помощью электронного блока оно преобразуется в разность потенциалов, усиливается и преобразуется в унифицированный токовый сигнал, который поступает на блок ограничения и размножения сигналов. Затем для регистрации на аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.

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

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

3) Измерение расхода теплоносителя (пара) перед выпарным аппаратом. Измерение производится методом переменного перепада давления. В разрыве трубопровода установлено сужающее устройство: диафрагма камерная. Неразрывный поток имеет разные давления до и после сужающего устройства.

Перепад давления измеряется преобразователем Сапфир 22ДД, имеющим на выходе унифицированный токовый сигнал. После Сапфира 22ДД сигнал поступает на диагностический прибор, где происходит извлечение квадратного корня. Далее сигнал поступает на блок интегрирования аналогового и импульсного сигнала, где происходит суммирование расхода, затем на аналоговый трехканальный регистрирующий прибор, для дальнейшей регистрации.

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

$$P_r = \rho g l \quad (1)$$

где P_r – гидростатическое давление,

ρ – плотность среды,

g – гравитационная постоянная,

l – измеряемый уровень.

Для измерения гидростатического давления в технологической ёмкости применяется преобразователь Сапфир 22ДИ, давление на который будет подаваться через разделительную мембрану. При изменении уровня изменяется давление в измерительной камере

преобразователя, которое воздействует на мембрану. Она деформируется и через кремний-органическую жидкость (или рычажную передачу) деформирует монокристалл сапфира, на поверхности кристалла нанесена тонкая плёнка полупроводникового тензодатчика и при деформации изменяется её выходное электрическое сопротивление, с помощью электронного блока оно преобразуется в разность потенциалов, усиливается и преобразуется в унифицированный токовый сигнал. Этот сигнал поступает на блок интегрирования аналогового сигнала, который, преобразует аналоговый сигнал. Обеспечивает безударное включение регулятора и регулирующего органа при переходе с автоматического режима управления на ручное и обратно. Затем сигнал следует на регулирующий блок с импульсным выходным сигналом, где формируется регулирующий закон. Для регистрации сигнал поступает на блок ограничения и размножения сигналов, где происходит размножение сигналов и передача сигнала на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор. Так же аналоговый токовый сигнал поступает на блок сигнализации и блок ручного управления, работающий в двух режимах: автоматическом – ручном. С блока ручного управления, управляющий сигнал поступает на пускатель бесконтактный реверсивный, который управляет механизмом электрическим однооборотным (МЭО), связанным с регулирующим органом, и регулирующий орган изменяет расход грязного борного концентрата подаваемого в бак, тем самым возвращая уровень в баке грязного борного концентрата в заданное значение.

5) Система регулирования температуры упаренного борного концентрата на выходе из выпарного аппарата. Для измерения температуры целесообразно использовать термометр электрического сопротивления ТСМ, при изменении температуры измеряемой среды изменяется электрическое сопротивление термометра по зависимости:

$$R_t = R_0(1 + \alpha_m \cdot \Delta t) \quad (2)$$

R_t – сопротивление при изменении температуры,

R_0 – сопротивление при 0°,

α_m – температурный коэффициент сопротивления меди,

Δt – изменение температуры,

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

6) Система регулирования температуры дистиллята на выходе из конденсатора-дегазатора. Для преобразования сигналов термометров сопротивления в унифицированный сигнал постоянного тока используем измерительный преобразователь типа (Ш704). Далее сигнал поступает на блок интегрирования аналогового и импульсного сигнала. Затем сигнал следует на блок с импульсным выходным сигналом, где формируется регулирующий закон. Для регистрации сигнал поступает на блок ограничения и размножения сигналов, где происходит размножение сигналов и передача сигнала на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор. Так же аналоговый токовый сигнал поступает на блок сигнализации и блок ручного управления (БРУ), работающий в двух режимах: автоматическом – ручном. С БРУ управляющий сигнал поступает на пускатель бесконтактный реверсивный, который управляет механизмом электрическим однооборотным, связанным с регулирующим органом, и регулирующий орган изменяет расход теплоносителя (пара) подаваемого в конденсатор-дегазатор, тем самым возвращая температуру в конденсатор-дегазаторе в заданное значение.

7) Система регулирования концентрации аммиака после катионитового фильтра.

Для измерения концентрации используем кондуктометрический концентратомер. Принцип действия основан на электропроводности измеряемой среды. Первичный преобразователь, представляет из себя замкнутый жидкостной контур, с тремя электрическими обмотками. При подаче питания ток, протекающий по обмотке, создает свой магнитный поток и наводит в жидкостной ветке электродвижущая сила (Э.Д.С.). При изменении концентрации измеряемой среды изменяется её электропроводность. Если концентрация увеличивается, то электропроводность возрастает, электрическое сопротивление контуров уменьшается, ток в контуре возрастает. Этот ток наводит в электрической обмотке Э.Д.С., величина которой будет пропорциональна концентрации измеряемой среды. Э.Д.С. поступает на измерительный преобразователь, который усиливает ее и преобразует в унифицированный токовый сигнал от 0 до 5 мА. Далее сигнал идет на блок ограничения и размножения сигналов. Затем для регистрации на вторичный аналоговый трехканальный регистрирующий прибор.

Автоматизация приводит к увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда, сокращению брака и отходов, уменьшению затрат сырья и энергии. Уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий (производство организуется под открытым небом), удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Литература:

1. Бабин А.И. Автоматизация технологических процессов. Элементы и устройства пневмогидроавтоматики / А.И. Бабин, С.П. Санников. – Екатеринбург: Уральский гос. ун-т, 2002. – 275 с.
2. Рульников А.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения./ А.А. Рульников, К.Ю. Евстафьев. – М.: Инфра-М, 2010. – 208 с.
3. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений./ Б.В. Шандров. – М.: Инфра-М, 2007. – 237 с.

УДК 62-521

Анализ системы управления автоматического велотренажера

Корнилова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Страбыкина Екатерина Олеговна, студентка направления

«Управление в технических системах»

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

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

Рассмотрены основные типы датчиков пульса и функции компьютера в системе измерения автоматического велотренажера. Проанализирована система управления

автоматического велотренажера. Проведен обзор основных классов велотренажеров и типов датчиков пульса.

В настоящее время существует более 50 моделей велотренажеров. Главными их производителями являются иностранные фирмы, такие как HouseFit (США), Kettler (Германия), Tunturi (Финляндия), Sportop (Тайвань) и другие.

Любой велотренажер состоит из системы нагрузки, степень которой определяется индивидуальными возможностями человека, системы измерения пульса и компьютера, предназначенного для фиксации времени занятий, определения расхода энергии, текущей скорости и пройденного расстояния.

Важными составляющими системы измерения пульса являются датчики пульса, которые применяются во всех велотренажерах, только несколько видоизменяясь в разных моделях. Существует несколько типов датчиков. Первый из них самый простой и наиболее известный, когда на ухо человека прикрепляется клипса, в одной ее части имеется излучатель (светодиод), в другой – приемник (фотодиод). Пульсация крови меняет светопроницаемость тканей мочки уха, и это регистрирует измеритель. Пульс определяется не моментально, а берется средняя величина за конкретное время, поэтому показания изменяются на дисплее через некоторые промежутки времени. Чаще всего индикатором работы датчика является пульсирующее изображение сердца.

Второй тип датчика – это беспроводные датчики измерения ЭКГ (например, Polar Transmitter). Такие датчики прикрепляются на пояс и передают сигнал ЭКГ на компьютер.

Третий и самый удобный тип датчика – это датчики измерения ЭКГ, встроенные в ручки велотренажера и снимающие показания с ладоней человека. В этом случае достаточно просто держаться за руль.

Компьютер – это информационный центр велотренажера. Он получает все измеряемые величины, пульсовую кривую, скорость вращения педалей. Определенные данные вводятся с консоли (вес, возраст). По особым алгоритмам компьютеры обрабатывают данную информацию и выдают результат, а в некоторых моделях - регулируют момент нагрузки.

Первая и основная функция компьютера велотренажера – это измерение пульса. Вторая функция – измерение потерянных калорий, так как именно это определяет результат «сжигания» жира во время занятий. Но такая величина ориентировочна, потому что определяется по скорости вращения маховика для среднего человека и формуле, которая была выведена с помощью эксперимента.

Время тренировки начинает отсчитываться либо с начала вращения педалей, либо с запуска устройства в зависимости от типа компьютера на велотренажере. Заканчивается отсчет либо после прекращения вращения педалей, либо после отсчета заданного времени соответственно.

Текущая скорость отображается механическим спидометром, как и на недорогих тренажерах, так и на некоторых профессиональных. Обычно отображение на дисплее цифровое или графическое.

Дистанция – расстояние, которое проехали с начала занятия. В некоторых компьютерах после того, как пройдено определенное заданное расстояние, срабатывает звуковая или световая сигнализация. В других компьютерах существует функция отсчета общего расстояния с момента начала использования устройства.

Фитнес оценка показывает степень восстанавливаемости организма. При тренировке

пульс повышается до значения P_1 . После этого компьютер дает тренирующемуся человеку 1 минуту на отдых, после чего замеряет пульс второй раз – это показание P_2 . При сравнении значений пульса P_1 и P_2 он выставляет оценку.

В различных моделях велотренажеров сохранение в процессе тренировки заданного значения частоты сердечных сокращений испытуемого может осуществляться разнообразными способами.

Проведем анализ различных типов систем управления велотренажеров. Управляемый объект представляет собой сердечнососудистую систему, как звено с входами в виде момента сопротивления нагрузки и скорости вращения педалей и выходом в виде частоты сердечных сокращений (ЧСС). При анализе системы управления велотренажера предполагаем, что в процессе тренировки испытуемый способен сознательно следить только за одним параметром. Например, если он следит за показателем скорости вращения педалей, то тогда он не может одновременно следить за ЧСС. Таким образом, сознательный контур с биологической обратной связью максимально будет только один.

На российском рынке существующие модели велотренажеров можно разделить на три группы: группа А – простые модели велотренажеров с ручной регулировкой момента нагрузки; группа Б – модели велотренажеров с постоянной скоростью вращения педалей и автоматической регулировкой момента нагрузки; группа В – модели велотренажеров с произвольной скоростью вращения педалей и автоматической регулировкой момента нагрузки.

В простых моделях велотренажеров момент нагрузки и скорость вращения педалей регулируется сознательно, ЧСС тренировки контролирует сам испытуемый. Предполагаем, что испытуемый желает удерживать ЧСС на значении X . В процессе тренировки он следит за измеренным значением частоты сердечных сокращений и меняет скорость вращения педалей, и регулирует момент нагрузки вручную таким образом, чтобы его ЧСС была близка к программному значению. Такой процесс представляет собой систему с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений.

Достоинствами такого варианта управления являются: простота конструкции и низкая себестоимость; широкий диапазон регулирования нагрузки, так как испытуемый управляет скоростью и моментом нагрузки, диапазон управления мощностью находится фактически от нуля до максимума возможного для данного испытуемого.

Недостатками данного управления являются:

- 1) невозможность слежения за скоростью вращения педалей. При тренировке испытуемый следит за ЧСС, т.е. он не успевает следить одновременно за скоростью, скорость вращения педалей управляется чувством испытуемого;
- 2) результат биоуправления зависит от опыта испытуемого;
- 3) высокий риск перегрузки. Это объясняется тем, что мощность нагрузки полностью регулирует испытуемый, при его невнимательности слежения за ЧСС возможны перегрузки.

В моделях велотренажеров группы Б, имеющих функции автоматического регулирования момента нагрузки при постоянной скорости вращения педалей, для поддержки заданного диапазона ЧСС необходимо сначала задать верхнюю и нижнюю границу частоту сердечных сокращений. При условии, что ЧСС находится вне этого диапазона, велотренажер со временем уменьшает или увеличивает момент нагрузки вне зависимости от значения рассогласования ЧСС испытуемого от заданного значения. При тренировке испытуемый произвольно может выбрать удобную скорость вращения педалей и поддерживать её в течение процесса тренировки. Таким образом, создается следящая

подсистема по скорости.

Достоинствами такого варианта управления являются следующие:

1) комфорт тренировки по сравнению с группой А, так как для испытуемого поддерживать скорость вращения педалей проще, чем поддерживать ЧСС.

2) невысокий риск перегрузки. Это объясняется тем, что от испытуемого зависит только способность поддержания желательной скорости вращения педалей, при его невнимательности следования за скоростью система автоматической регулировки момента нагрузки способна компенсировать изменение скорости за счет изменения момента, чтобы обеспечить предохранение от перегрузки.

Недостатками данного управления являются:

1) узкий диапазон регулирования мощности нагрузки. Так как при одном сеансе скорость вращения педалей практически постоянная, автоматическое регулирование нагрузки осуществляется только за счет изменения момента.

2) необходимость использования магнитной системы торможения для расширения диапазона регулирования моментом нагрузки необходимо, что приводит к повышению себестоимости.

Модели велотренажеров группы В поддерживают заданное значение частоты сердечных сокращений путём регулирования момента нагрузки, зависящего от скорости. Такие велотренажеры отличаются от моделей из группы Б тем, что при тренировке не требуется поддерживать постоянную скорость вращения педалей. Очевидно, что по сравнению с группой Б тренировка на данном типе велотренажеров более удобна, потому что испытуемому не нужно следить за скоростью. В структуре управления данным типом тренажеров отсутствует сознательный контур. Момент нагрузки регулируется двумя контурами: контуром по ЧСС и контуром по скорости. Такое управление сложнее чем в группе Б и оно применяется только в дорогих велотренажерах у ведущих производителей, например, KETTLER Ergometer ZX-1, KX-1 и TUNTURIE860.

Велотренажеры в группе В имеют почти такие же недостатки, как и в группе Б. Так как скорость неуправляема, поэтому диапазон регулирования мощности нагрузки остается таким узким. Это является главным недостатком велотренажеров группы Б и В.

Литература:

1. Лощилов В.П. Принципы анализа и синтеза биотехнических систем. / В.П. Лощилов, С.И. Щукин, В.И. Иванцов. – М.: МВТУ, 1988. – 63 с.
2. Морман Д. Физиология сердечно-сосудистой системы: Пер. с англ. / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПб: Питер, 2000. – 256 с.
3. Москаленко В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко – М.: Высшая школа, 2000. – 163с.

Simulink-модель компенсатора давления

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Пичиневский Александр Петрович, 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.

На основе математической модели компенсатора давления атомной станции разработана имитационная Simulink-модель, позволяющая проводить исследования его параметров.

Современные технологии создания многофункциональных АСУТП электростанций разного типа требует возможности оценки динамических характеристик, оценки надежности и качества работы систем автоматического управления (регулирования). Для этих целей привлекаются всережимные математические модели. Однако разрабатываемые для АЭС полномасштабные тренажеры создаются на стадии ввода энергоблока и на ранних стадиях проектирования в цикле принимаемых решений не используются. В связи с этим разработка математических и имитационных моделей, оценка их статической и динамической точности являются важной задачей проектирования АСУТП АЭС. Актуальность этой идеи заключается в возможности моделирования всевозможных вариантов поведения какой-либо САР, для выявления поведения системы в критических ситуациях, и преждевременном принятии решений об устранении возможных неполадок.

В работе рассмотрена имитационная модель компенсатора давления атомной станции. Компенсатор давления используется в реакторах атомных станций, охлаждаемых водой под давлением, и предназначен для компенсации температурных изменений объема воды, заполняющей контур. Он используется также для создания давления при пуске, для поддержания давления в эксплуатации и ограничения отклонений давления в аварийных режимах.

Исходными данными приняты реальные конструктивные и режимные параметры объекта исследования. Разработка имитационной модели производилась в универсальной среде моделирования Simulink/Matlab.

Параметры компенсатора давления (КД) для реактора ВВЭР-1000 и требуемые для его моделирования величины представлены в таблице 1.

Математическая модель компенсатора давления состоит из следующих уравнений [1,2]:

$$\frac{dV_{\Pi}}{dt} = \sum_{i=1}^m Q_i - Q_T + Q_{KH} + Q_{TP} ; \quad (1)$$

$$Q_{KH} = \frac{1}{(\rho_{\Pi} - \rho_B)} \cdot \left[(V - V_B) \cdot \frac{d\rho_{\Pi}}{dt} - \rho_{\Pi} \cdot \sum_{i=1}^m Q_i - Q_T + Q_{PK} \right] ; \quad (2)$$

$$Q_{TP} = k \cdot (V_B - V_{BKД}) \cdot \frac{dT_{CP}}{dt} + k \cdot V_{BKД} \cdot \frac{dT_{KD}}{dt}; \quad (3)$$

$$\frac{\rho_B}{\rho_{II}} = R(T_{KD} + 273); \quad (4)$$

$$\frac{dH_{KD}}{dt} = \frac{1}{S_{KD}} \cdot \frac{dV_B}{dt}; \quad (5)$$

$$\frac{P_{II}}{V_{II}} = \left(\frac{P_{HAC}}{V_{II}^{HAC}} \right)^\chi = \left(\frac{P_{HAC}}{V_{II}^{HAC}} \right)^{1,27}, \quad (6)$$

где Q_i – расход теплоносителя в i -том циркуляционном контуре, м³/с; Q_T – расход течи из первого контура, м³/с; Q_{KH} – конденсации пара или испарения воды, м³/с; ρ_B – плотность воды, кг/м³; Q_{TP} – расход воды за счет теплового расширения, м³/с; k – коэффициент расширения воды по температуре, T_{CP} – средняя температура теплоносителя первого контура, °С; $V_{BKД}$ – объем воды в КД, м; газовая постоянная кДж/кг·°С; S_{KD} – площадь поперечного сечения КД, м²; T_{KD} – температура компенсатора давления, °С; $Q_{ВПР}$ – расход впрыска через регулятор, м³/с.

Таблица 1 – Параметры компенсатора давления

№	Параметр	Значение
1	Рабочее давление, МПа	15,9
2	Рабочая температура, °С	346
3	Объем теплоносителя первого контура, м ³	374
4	Объем компенсатора давления, м ³	79
5	Объем воды компенсатора давления в номинальном режиме, м ³	55
6	Расход теплоносителя в i -от ЦК ($i=4$), м ³ /с	23,5556
7	Расход течи в первом контуре, м ³ /с	0,0016667
8	Расход через предохранительный клапан (в барботер)	0,069444
9	Площадь поперечного сечение компенсатора давления, м ²	7,065
10	Средняя температура теплоносителя, С	308,6
11	Газовая постоянная, Дж/(моль·К)	8,314

Изменение плотности пара связано с изменением температуры КД:

- при равновесном процессе:

$$\frac{d\rho_{II}}{dt} = \frac{d\rho_{II}}{dT_{KD}} \cdot \frac{dT_{KD}}{dt}, \quad (7)$$

- при неравновесном процессе:

$$\frac{d\rho_{II}}{dt} = \frac{\rho_{II}}{(V - V_B)} \cdot \frac{dV_B}{dt}. \quad (8)$$

На рисунке 1 представлена имитационная модель компенсатора давления в программной среде Simulink.

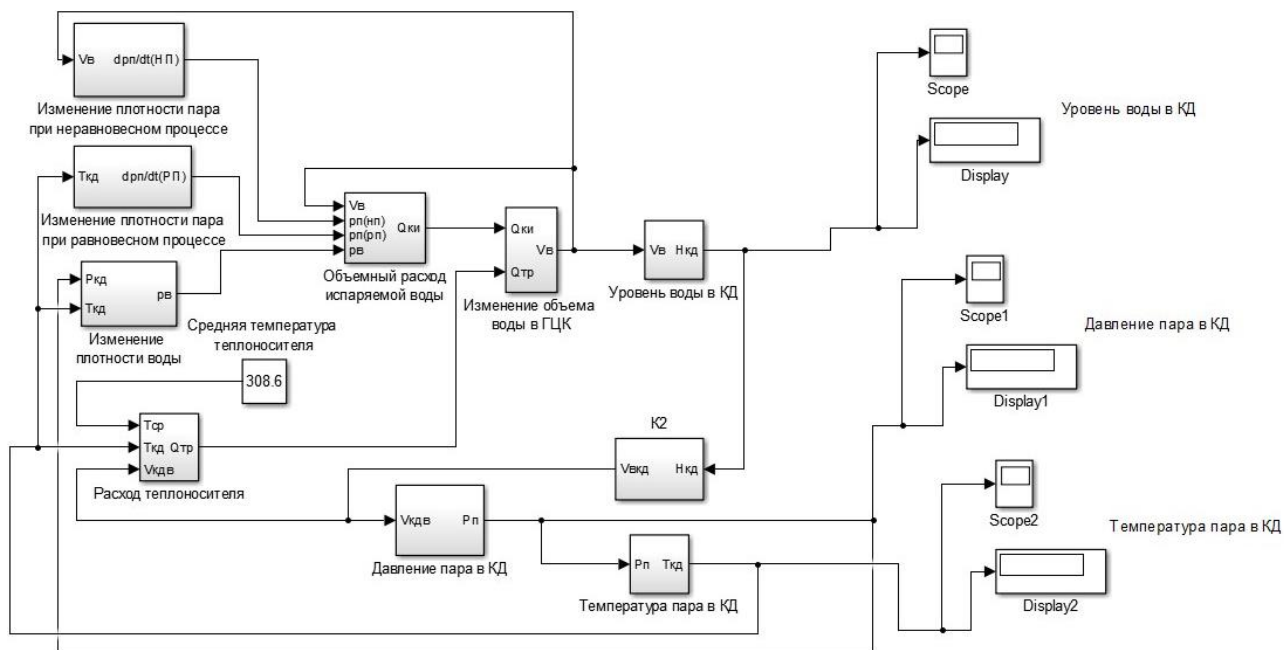


Рис.1. Имитационная модель компенсатора давления

Представленная имитационная модель составлена полимодельным методом, вычислениями неизвестных величин и переходом их значений в следующую подсистему. На рисунках 2 и 3 представлены подсистемы модели компенсатора давления, составленные на основании выражений (2) и (3) соответственно.

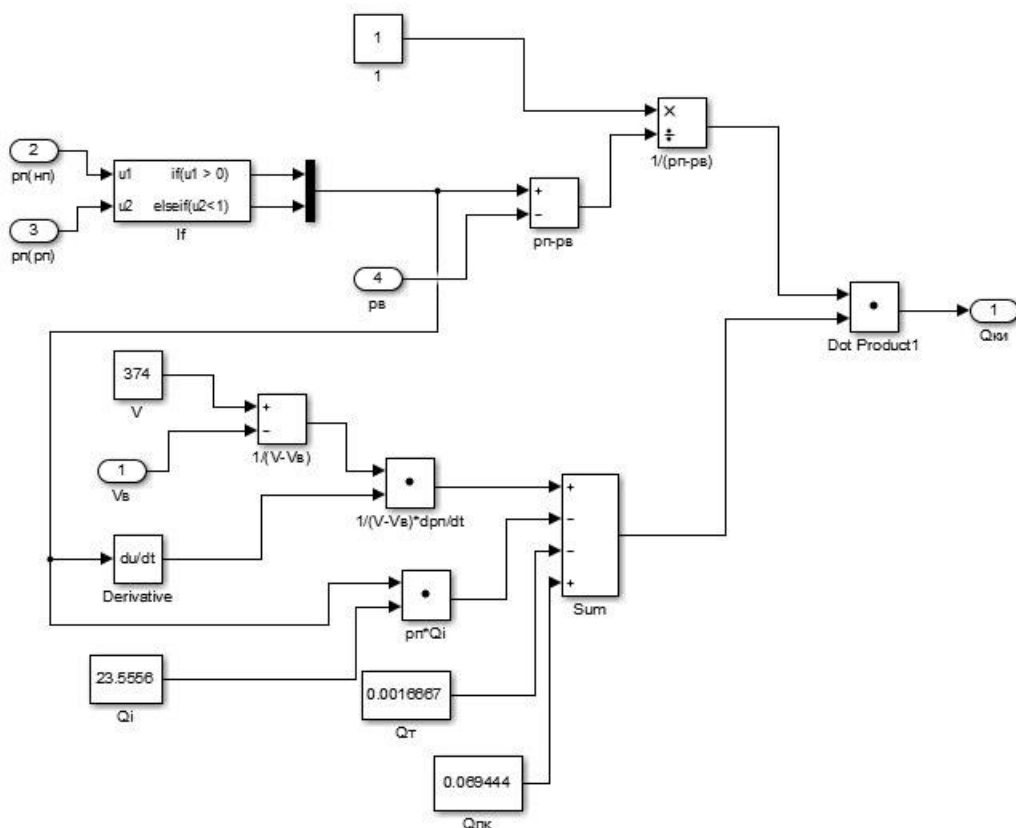


Рис.2. Подсистема вычисления объемного расхода испаряемой воды или конденсируемого пара по формуле (2)

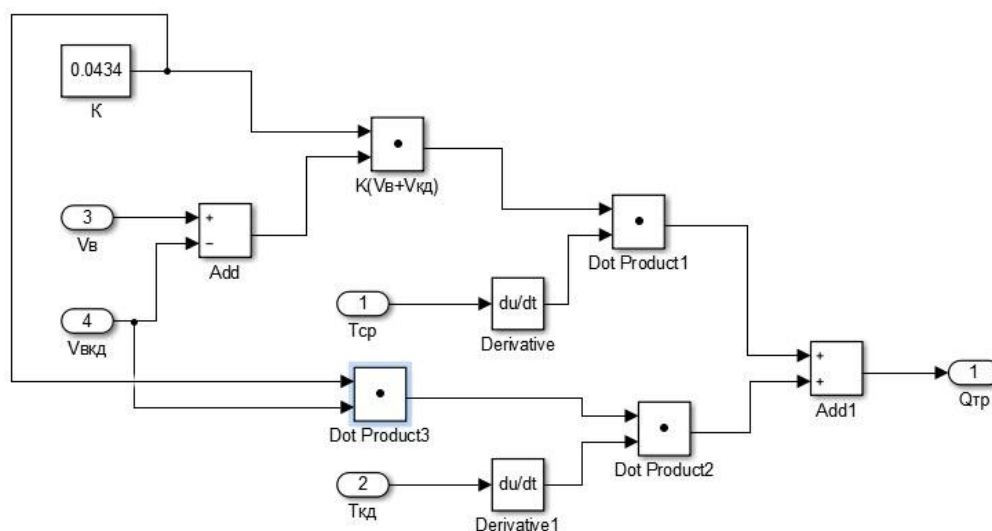


Рис.3. Подсистема вычисления объемного расхода теплоносителя по формуле (3)

В дальнейшем планируется исследование динамических режимов в компенсаторе давления с помощью разработанной модели, а также моделирование системы автоматического регулирования уровня и давления. При использовании данного подхода возможна реализация Simulink-моделей других технологических объектов атомной станции и создание математической модели целого контура энергоблока.

Литература:

1. Демченко В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В. А. Демченко. - Одесса: Астропринт, 2001. - 395 с.
2. Тверской Ю.С. Математическая модель первого контура энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 и оценка ее динамической точности в переменных режимах // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. - №6. – С.47-58.

УДК 517.11

Применение нечеткой логики в системах управления

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Моисеева Юлия Робертовна, студентка направления

«Управление в технических системах»

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

Рассмотрены основные понятия нечеткой логики и ее применения в системах управления в виде нечеткого регулятора. Отражены основные структуры систем управления с нечетким регулятором.

Нечеткая логика – раздел многозначной логики, являющийся обобщением

классической логики и теории нечётких множеств. Понятие нечеткой логики впервые ввел Лотфи Заде в 1965 году для формализации нечетких знаний, которые характеризуются лингвистической неопределенностью. Первоначально нечеткая логика представляла собой только теорию, сегодня она превратилась в полноценную методику управления. Нечеткая логика представляет собой одну из самых перспективных направлений современной теории автоматического управления. В настоящее время разработаны множество программ, которые позволяют реализовывать нечеткие алгоритмы [1].

В основе нечеткой логики лежит теория нечетких множеств. Функция принадлежности элемента, в отличие от классической логики, использует не только значения «ложь» и «истина», но и промежуточные значения между ними. Нечеткая логика выполняет такие операции, как объединение, отрицание, пересечение и т.д.

Основными достоинствами использования нечеткой логики в решении задач автоматизации по сравнению с традиционными подходами теории автоматического управления являются: при функционировании управляющих алгоритмов ошибка решений сводится к минимуму, что способствует увеличению срока службы технологического оборудования; высокая точность по сравнению с традиционными подходами; при использовании нечетких контроллеров повышается быстродействие процессов управления; рассматриваются и объединяются исходные данные разного рода. Однако системы имеют недостаток: невозможность проведения анализа нечетких систем стандартными методиками.

Нечеткая логика широко используется в системе автоматического управления. В настоящее время при решении практических задач широкое применение получили регуляторы с нечеткой логикой. Создание таких регуляторов не требует создания точной математической модели. Достаточно лишь приблизительное знание о соотношении входных и выходных переменных, описывающих процесс.

Нечеткая логика в регуляторах осуществляется в основном двумя путями: для организации подстройки коэффициентов и для построения самого регулятора [2]. Рассмотрим структуру нечеткого пропорционально-интегрального регулятора (рис. 1)

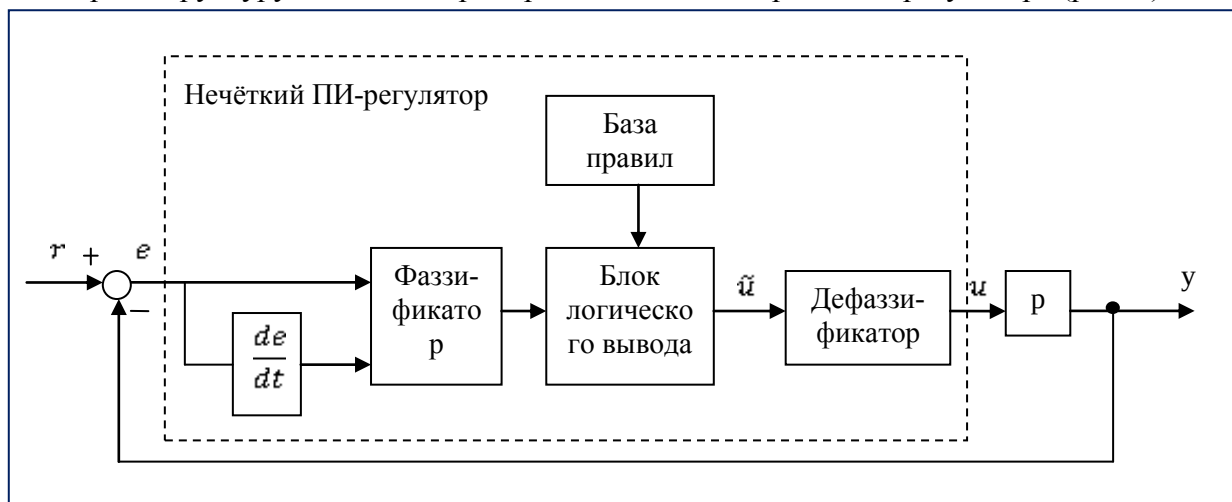


Рис. 1. Структура нечеткого ПИ-регулятора

r – задающее воздействие; e – ошибка регулирования; u – сигнал управления в форме нечеткой логики; u – управляющее воздействие в системе; y – выходная величина;
 P – объект управления

На вход системы регулирования поступает ошибка e , необходимая для вычисления производной по времени de/dt . Ошибка и производная по времени в первую очередь подвергаются преобразованию в нечеткие переменные, а уже потом в виде нечетких переменных применяются в блоке нечеткого логического вывода для получения

управляющего воздействия на объект управления. После выполнения операции дефаззификации (обратное преобразование нечетких множеств в четкое число), полученный сигнал регулирования $\mathcal{U}$ поступает на вход регулятора в виде требуемого управляющего воздействия u . Таким образом, условием для использования методов нечеткой логики, является преобразование четких множеств в нечеткие (операция фаззификация). Общая схема процесса фаззификации представлена на рис. 2.

Переменная разбивается на различные множества: NL, NM, NS, Z, PS, PM, PL, каждая из которых имеет свою функцию принадлежности определенной формы и диапазона. Принадлежности могут иметь любую форму в зависимости от решаемой задачи. В данной случае множества имеют треугольную форму принадлежности (наиболее распространенную) и определенные диапазоны их применения. Количество множеств может быть произвольным, но подчиняется системе обозначений: N – отрицательный, Z – нулевой, P – положительный, S – малый, M – средний, L – большой. Например, NS – отрицательный малый, положительный большой.

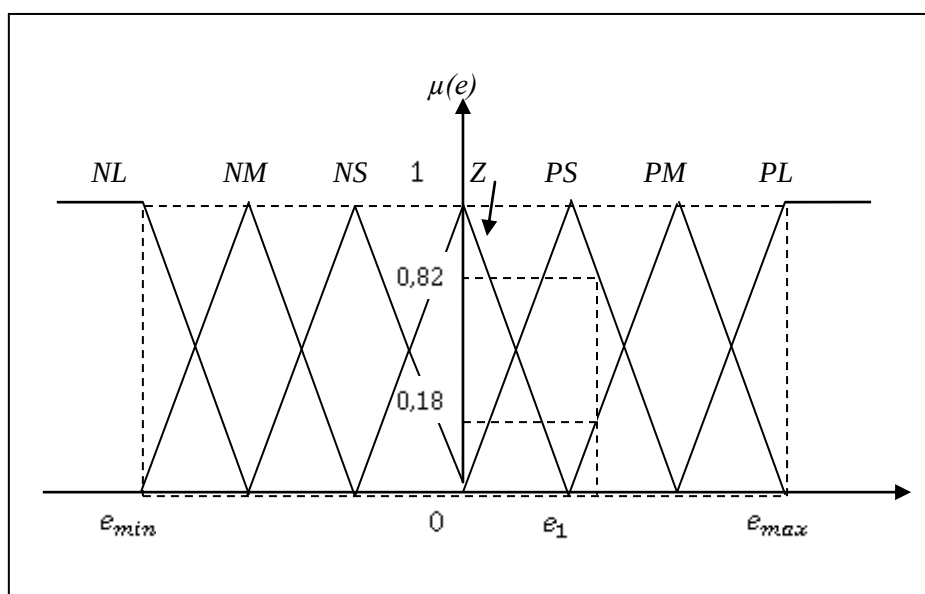


Рис. 2. Получение нечетких переменных

При увеличении числа переменных, количество которых так же может быть произвольным, значительно увеличиваются требования к опыту эксперта, который должен сформулировать правила для всех комбинаций входных переменных.

Предположим, что величина ошибки e на входе нечеткого регулятора достигла значения e_1 . Тогда значение нечеткой переменной попадет в диапазон двух множеств – PS при $\mu(e_1)=0,82$ и PM при $\mu(e_1)=0,18$. Степень принадлежности ошибки e_1 к другим множествам равна нулю. На этом заканчивается процесс фаззификации. Для выполнения функции регулирования над нечеткими переменными должны быть выполнены логические операции, построенные на основании нечетких правил. Совокупность правил используется для формирования нечеткого логического вывода, результатом которого будет определение управляющего воздействия на объект управления. Используя правила работы регулятора, можно найти значение управляющей переменной $\mathcal{U}$ на выходе нечеткого регулятора.

Регуляторы, основанные на правилах нечеткой логики имеют свои плюсы и минусы. К преимуществам регуляторов можно отнести высокую скорость обработки данных и достаточную степень надежности. Недостатками является сложность определения принадлежности данной функции и сложность реализации подобных устройств.

Нечеткий регулятор обрабатывает входное воздействие по положению вместо

линейного. Рассмотрим структуры систем управления некоторым объектом управления (ОУ) с нечетким регулятором (НР).

Система с нечетким регулятором с входами по задающему воздействию и величине ошибки (рис.3). Она сравнивается с системой с линейным П-регулятором.

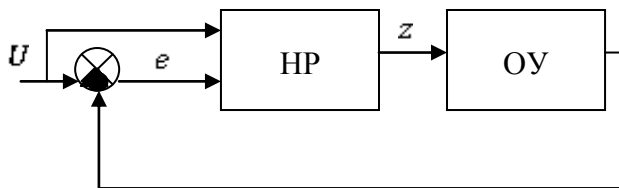


Рис. 3. Структурная схема с нечетким регулятором по воздействию и ошибке

В данной схеме сначала проводится сравнение между задающим воздействием U и величиной ошибки e , а затем на выход z поступает результат нечеткого логического вывода.

Система с нечетким ПИ-регулятором (рис.4). В схеме значение ошибки регулирования e и интеграл от нее подаются на вход нечеткого регулятора.

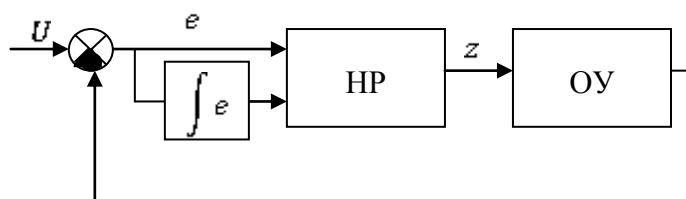


Рис.4. Структурная схема с нечетким ПИ-регулятором

Система с нечетким ПД-регулятором (рис.5). На вход поступает ошибка e и ее производная de . Сравняется с системой с линейным ПД-регулятором.

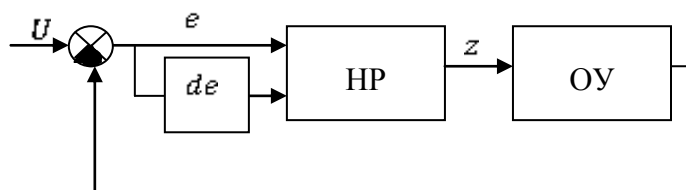


Рис. 5. Структурная схема с нечетким ПД-регулятором

Каждая структура по-своему уникальна, поэтому нужно по-разному подходить к формированию пределов функций принадлежности, форм функций принадлежности и правил нечеткого логического вывода.

Внедрение нечеткой логики в систему автоматического управления будет успешным при умелом сочетании нечеткой логики с ее традиционными методиками. Нечеткая логика не только не заменяет обычную технику управления, но и дополняет ее высокоэффективной методологией реализации стратегий многосвязного управления. Нечеткие регуляторы рассматриваются при реализации различных типов системы автоматического регулирования.

Литература:

1. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети/ В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Годунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер.с англ. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 798 с.

Обзор современных методов теории автоматического управления

Мефедова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Страбыкина Екатерина Олеговна, студентка направления

«Управление в технических системах»

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

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

Отражены отличия классических и современных методов теории автоматического управления. Рассмотрены основные направления современной теории автоматического управления.

Теория автоматического управления (ТАУ) - научная дисциплина, объектом изучения которой являются информационные процессы, которые протекают в системах управления техническими и технологическими объектами.

Сегодня принято условное деление на классические и современные методы ТАУ. К методам классической ТАУ относят методы, преследующие прикладную или инженерную цель. При этом рассматриваются процессы в системе «регулятор-объект управления». Фундамент в данные методы заложили четыре важные работы: Дж. Максвелл "О регуляторах" (1866г), И.А. Вышнеградский "Об общей теории регуляторов" (1876 г), И.А. Вышнеградский "О регуляторах прямого действия"(1877 г), А.М. Ляпунов "Общая задача об устойчивости движения"(1892 г). Основными методами, успешно применяемыми сегодня на практике, являются теория устойчивости и качества процессов в замкнутых динамических системах, методы синтеза систем с обратными связями. Данные методы относятся к линейным системам, которые описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями.

С 1948 года Я.З. Цыпкин стал разрабатывать основу методов дискретных систем, вводя математический аппарат на основе дискретного преобразования Лапласа, подобный операторному методу описания непрерывных систем. Параллельно дискретным системам становилось направление по изучению релейных систем [1].

В начале шестидесятых годов такими учеными, как Л.С. Понтрягин, Р. Беллман, Р. Калман, были разработаны основы новых методов исследования систем управления, которые впоследствии отнесли к современной теории автоматического управления (СТАУ). Нет общепринятого подхода к выделению характерных особенностей современной теории, но мет не менее можно выделить следующее:

- в СТАУ процессы описываются в пространстве состояний;
- для анализа и синтеза используются методы динамического программирования, принцип максимума, функционального анализа;
- применяется управление при неполной априорной информации, то есть адаптивное управление;
- в отличие от классических методов, где используется понятие устойчивости «в малом», СТАУ рассматривает процессы оптимизации «в большом» в реальном времени

непосредственно в процессе управления.

В целом необходимо отметить, что современные методы ТАУ используются в тех случаях, когда для классических методов управление объектами и системами достаточно сложно или практически неразрешимо. Объект при этом как правило плохо определен или слабоструктурирован. Рассмотрим основные современные методы теории автоматического управления.

Адаптивные системы. Основоположником подхода считается А.А. Фельдбаум. Он первым предложил теорию исследования систем в условиях неопределенности, которые возникают вследствие неполного и недостаточно точного их математического описания. В адаптивном управлении одновременно происходит и управление системой и ее исследование, позволяющие уточнить ее описание. В современном адаптивном управлении рассматриваются методы и алгоритмы, которые приспособляются к изменению параметров элементов систем управления и влиянию к внешним возмущениям. Наиболее детально разработаны беспоисковые адаптивные системы управления (БАС), которые применяют и к электромеханическим системам. Среди них выделяют 2 класса: БАС с эталонной моделью в виде динамического звена с желаемой динамикой (адаптивная система с эталонной моделью), БАС с настраиваемой моделью в виде адаптивного наблюдающего устройства (адаптивная модель с настраиваемой моделью).

Робастные системы. Начиная с 1990 года учеными стала развиваться теория робастного управления, некоторые идеи которого рассматривали и намного раньше. Робастные системы (РС) рассматривают методы и алгоритмы повышения устойчивости реальных систем автоматического регулирования (САР) при воздействии возмущающих факторов. Главная проблема заключается в поиске методов (критериев) устойчивости САР как с детерминированными, так и с недетерминированными объектами [2].

Робастность – это небольшое изменение выхода замкнутой системы при малом изменении параметров регулируемого объекта (РО), где необходимо решать задачи анализа и синтеза РО. При робастном управлении детерминированного объекта рассматриваются два вида неопределенностей: структурные и параметрические. Структурные неопределенности в системе возникают из-за присутствия элементов, зависящих от частоты, и оцениваются с помощью критерия робастности.

Цель робастного анализа (определение границы устойчивости) состоит в поиске такой неопределенности, при которой система становится неустойчивой. В ходе анализа решаются две задачи: определение модели неопределенностей, приведение структурной схемы системы к стандартному виду, когда все неопределенности структурно отделяются от номинальной схемы системы. Также известны и методы робастного синтеза, в результате которого проектируются регуляторы для робастных систем.

Экспертные системы управления. Основная идея экспертных систем (ЭС) состоит в том, чтобы заменить специалиста в практической области путем создания сложных программ, используя язык высокого уровня. Экспертные системы появились в 70-е годы при разработке искусственного интеллекта.

Экспертные системы – это системы, которые ориентированы на хранение, обработку и использование знаний. Их цель состоит в том, чтобы принять решения по тем или иным вопросам конкретной предметной области, приближенным по качеству к решениям, принятым человеком-экспертом или коллективом экспертов.

Изначально экспертные системы использовались в качестве советчика в паре с оператором, управляющим технологическим объектом. ЭС могла предложить возможную

стратегию управления объектом в той или иной ситуации либо спрогнозировать поведение объекта в ответ на предполагаемое воздействие. Обычно экспертная система включала в себя базу знаний определенной предметной области, которая заполнялась при первоначальном «обучении» системы коллективом специалистов - экспертов, средства описания и заполнения базы знаний, средства ввода-вывода для работы с оператором. По мере совершенствования ЭС, как на методологическом уровне, так и на уровне технической реализации, решения ЭС перестали уступать решениям экспертов-людей, а скорость принятия этих решений существенно превзошло скорость реакции человека. Возникла закономерная идея автоматизации деятельности таких систем путем включения в их состав специальных дополнительных автоматических блоков ввода информации об объекте и блоков формирования управляющих воздействий на основе принятых решений.

Нечеткое управление. При наличии неполной и нечеткой информации об объектах управления достаточно успешно может принимать правильные решения человек-оператор. Наличие интеллекта человека позволяет оперировать не только с количественными, но и с качественными понятиями, неподдающимися формализации. В связи с этим развивается направление интеллектуальных систем, в рамках которых создаются модели, которые повторяют интеллектуальные действия человека, такие как приобретение и анализ знаний в предметной области. Интеллектуальные системы применяются как в промышленных роботах, различных технологических процессах, так и в бытовой технике.

Одним из направлений интеллектуальных систем является нечеткое управление (fuzzy control). Оно применяется для синтеза нечетких регуляторов, гибридных регуляторов, нечетких поисковых систем автоматической оптимизации, нечетких устройств оценивания и фильтрации. Методы, развиваемые в теории нечеткого управления, опираются на математическую теорию нечетких множеств (основоположник нечеткой логики - Л. Заде) и построенную на ее основе нечеткую логику (fuzzy logic), которая позволяет оперировать неопределенной или нечеткой информацией, не интерпретируемой в количественных терминах. Поэтому при управлении сложными процессами, не имеющими точного количественного математического описания, нечеткие системы по сравнению с традиционными имеют лучшую помехозащищенность, быстродействие и точность за счет более адекватного описания реальной среды, в которой они функционируют.

Нейронное управление (нейроуправление). Под нейроуправлением понимается использование нейронных сетей для выработки управляющих сигналов в системах управления. Нейронные сети нашли широкое применение так как это наилучший из возможных способов аппроксимации и экстраполяции функций, благодаря способности нейронных сетей к обучению и самообучению. Нейроконтроллеры пригодны для управления в условиях существенных неопределенностей. Высокая параллельность нейронных сетей является предпосылкой эффективной реализации аппаратной и программно-аппаратной поддержки нейросетевых контроллеров в контуре управления. Это свойство нейронных сетей позволяет монотонно (а не катастрофически) уменьшать качество работы при увеличении числа вышедших из строя элементов.

В заключении также необходимо отметить такие новые подходы в СТАУ, не отраженные в статье, как синтез систем автоматического управления методами дифференциальной геометрии, теория катастроф, хаос, фракталы; оптимизация многообъектных, многокритериальных систем на основе эффективных компромиссов (игровые подходы в управлении) и другие.

Литература:

1. Поляк Б.Т. Развитие теории автоматического управления // Проблемы управления. – 2009. – № 3.1. – С. 13–18.
2. Хижняков Ю.Н. Современные проблемы теории управления: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 160 с.

УДК 621.39: 04.18

Системный анализ приборов коммерческого учета тепловой энергии по результатам периодической поверки

Немченко Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»;

Зубков Дмитрий Николаевич, магистрант.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия.

Представлены результаты системного анализа данных периодической поверки приборов учета тепловой энергии и теплоносителя горячей воды в 2016 – 2017 гг. в ФБУ "Самарский ЦСМ", предложена методика оценки доли годности приборов для сравнения различных измерительных комплектов приборов учета, даны рекомендации по повышению надежности систем коммерческого учета.

В настоящее время на объектах инфраструктуры городов и ЖКХ в эксплуатации находятся тысячи приборных комплектов коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя, которые должны проходить периодическую метрологическую аттестацию (поверку) [2]. Теплосчетчик признается годным к эксплуатации, если по результатам поверки его метрологические характеристики соответствуют заявленным паспортным данным. Не годные приборы к эксплуатации не допускаются [2], а по их количеству можно судить о качестве отдельных образцов приборной продукции, о необходимом рабочем резерве исправных приборов, а также о надежности и достоверности приборного учета.

Цель работы – системный анализ результатов периодической поверки приборов учета тепловой энергии и теплоносителя горячей воды в 2016–2017 гг. в Государственном региональном центре стандартизации, метрологии и испытаний Самарской области (ФБУ "Самарский ЦСМ"), разработка методики сравнения различных типов приборов учета, а также разработка рекомендаций по повышению надежности систем коммерческого учета.

Состав поверяемых приборов учета. В Методике осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя [1] регламентировано размещение узлов учета тепловой энергии (УУТЭ) на водяных системах теплоснабжения у потребителей.

Технологическая схема теплоснабжения определяет состав и свойства элементов теплосчетчика (тепловычислителя). Основными системами теплоснабжения в г.о. Самара являются: закрытые (зависимые и независимые) системы отопления, открытые (зависимые и независимые) системы отопления и горячего водоснабжения (ГВС), а также «квартирные» - закрытые зависимые системы отопления (нагрузка менее 0,1 Гкал/ч). Количество преобразователей (точек) измерения количества тепловой энергии и массы теплоносителя зависит от технологической схемы. Основные группы теплосчетчиков и тепловычислителей

применяемые в г. о. Самара представлены в табл. 1.

Анализ годности измерительных комплектов. Анализ проводился для однопоточного, двухпоточного, трехпоточного и четырехпоточного измерительных комплектов теплосчетчиков, как наиболее распространенных в г. о. Самара. Состав измерительных комплектов соответствует данным табл. 1.

Таблица 1

Основные группы теплосчетчиков, применяемые в г.о. Самара

№ пп	Группы теплосчетчиков	Схема теплоснабжения	Состав: теплосчетчик/ расходомер/датчик температуры/датчик давления	Основные типы и марки приборов
1	Однопоточные	Квартирная	1/1/2/-	SUPERCFL, HYDROCLIMA, HYDROCAL, DIO, САЯНЫ
2	Двухпоточные	Закрытая	1/2/2/2	«Взлет» TCPB-023, TCPB-024, МТ 200 DS; BKT-5, KM5-4
3	Трехпоточные	Открытая	1/3/3/3	SA 94/3
4	Четырехпоточные	Открытая	1/4/4/4	KM5-6;
5	Многopotочные	Открытая независимая	1/>5/>5/>5	СПТ961, СПТ941, СПТ942, BKT-7

Метрологическое обеспечение поверки. В зависимости от конструкции теплосчетчика применяются по компонентная или по канальная методика поверки. Поверка преобразователей расхода и теплосчетчиков проводилась на автоматизированной поверочной установке расходомеров и счетчиков воды УПРС, которая воспроизводит расход от 0,02 м³/ч до 50 м³/ч [4]. Относительная погрешность установки при поверке массовесовым методом составляет ± 0,05%, а при сличении с эталонным расходомером ± 0,25%. Поверка термометров сопротивления проводилась в жидкостном термостате "ТЕРМОТЕСТ-100", Поверка проводилась методом сличения с эталонным платиновым термометром сопротивления 3-го разряда (предел допускаемой абсолютной погрешности 0,02°C) [3]. Поверка преобразователей давления проводилась на Государственном рабочем эталоне единицы давления 1 разряда (предел допускаемой основной погрешности 0,01%) в диапазоне от минус 0,1 до 10 МПа.

На периодическую поверку поступали приборы, установленные как до 2013 г., так и после. В табл. 2 представлены метрологические требования к характеристикам приборов учета тепловой энергии по Правилам учета – 2013 г. [1, 2]. Как следует из сравнения относительных максимально допустимых погрешностей измерения оборудование ФБУ "Самарский ЦСМ" можно использовать в качестве образцовых средств измерений.

Результаты поверки. Состав и количество тепловычислителей, преобразователей расхода, преобразователей температуры, преобразователей давления, представленных на поверку, а также доли годных и не годных приборов выраженная в процентах представлены в табл. 3 - табл. 6. Средневзвешенные значения доли не годных приборов составили: тепловычислителей - $P_{ТВ} = 0,2287$, преобразователей расхода - $P_P = 0,1848$, преобразователей температуры - $P_T = 0,1096$ и преобразователей избыточного давления - $P_Д = 0,197$.

Таблица 2

Метрологические требования к характеристикам приборов учета тепловой энергии

№ п/п	Относительная максимально допустимая погрешность измерения не более	Расчетная формула	Значение погрешности
1	- тепловой энергии	$E = \pm(E_f + E_t + E_c)$	$\pm 4\%$
2	- вычислителя тепловой энергии	$E_c = \pm(0,5 + \Delta t_{min}/(150 - 70))$	$\pm 0,5375\%$
3	- объема теплоносителя	$E_f = \pm(2 + 0,02 G_{max}/G)$	$\pm 5\%$
4	- пары датчиков температуры в процентах от $\Delta t = t_1 - t_2$	$E_t = \pm(0,5 + 3\Delta t_{min}/(150 - 70))$	$\pm 0,6125\%$
5	- текущего времени		$\pm 0,05\%$
6	Приведенная погрешность измерения давления теплоносителя		$\pm 2\%$

Таблица 3

Доли годных и не годных преобразователей температуры

№ п/п	Результаты поверки	Pt 500	ТСП	КТСПР	КТПТР
1	Всего	48/100%	56/100%	23/100%	240/100%
2	Годные	48/100%	41/73%	22/95%	216/90%
3	Не годные	0/0%	15/27%	1/5%	24/10%

Таблица 4

Доли годных и не годных тепловычислителей

№ п/п	Результаты поверки	«Взлет» ТСПВ-023, ТСПВ-024		КМ5-4	«Взлет» МТ-200DS	СПТ-961, СПТ-941, СПТ-942
1	Всего	124/100%	109/100%	11/100%	12/100%	84/100%
2	Годные	102/82,25%	95/87,15%	5/45,45%	8/66,66%	52/61,90%
3	Не годные	22/17,74%	14/12,84%	6/54,54%	4/33,33%	32/38,09%

Таблица 5

Доли годных и не годных преобразователей расхода

№ п/п	Результаты поверки	Тахометрические ВСТ, ВСКМ, ВМГ, ОСВ	Вихревые ВЭПС	Электромагнитные «Взлет» ЭР, ПРЭМ	Ультразвуковые СУР-97, ПРАМЕР-510, УПР
1	Всего	285/100%	30/100%	220/100%	125/100%
2	Годные	219/77%	24/80%	187/85%	108/86%
3	Не годные	66/23%	6/20%	33/15%	17/14%

Таблица 6

Доля годных и не годных преобразователей избыточного давления

№	Результаты поверки	Метран, Сапфир	ПДТВХ-1-02	Овен-100	ИД	МТ-100	КРТ
1	Всего	44/100%	170/100%	50/100%	120/100%	18/100%	135/100%
2	Годные	30/68%	148/87%	36/72%	103/86%	13/71%	101/75%
3	Не годные	14/32%	22/13%	14/28%	17/14%	5/29%	34/25%

Результаты оценки доли не годных измерительных комплектов

№ п/п	Группы теплосчетчиков	Расчетная формула	Доля не годных комплектов
1	Однопоточные 1/1/2/-	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_F^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2}$	0,4335
2	Двухпоточные 1/2/2/2	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_F^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2}$	0,4712
3	Трехпоточные 1/3/3/3	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_F^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2}$	0,5540
4	Четырехпоточные 1/4/4/4	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 4P_F^2 + 4P_T^2 + 4P_D^2}$	0,6260
<i>Примечание: в расчетах доли не годных измерительных комплектов приняты $P_{ТВ} = 0,2287$, $P_F = 0,1848$, $P_T = 0,1096$, $P_D = 0,197$.</i>			

Расчет доли не годных приборов проводился по расчетным формулам на основе средневзвешенных долей не годных теплосчетчиков, преобразователей расхода, температуры и давления и представлен в табл.7. Результаты расчета позволяют сделать вывод, что доля не годных комплектов повышается с увеличением числа преобразователей, участвующих в учете от 0,4335 до 0,626. Доля негодности приборов закладывается на стадии формирования задания на проектирование при субъективном выборе средств измерений. Решением этой проблемы на стадии проектирования является подбор и комплектация узлов учета тепловой энергии более надежными средствами измерений, выявленными по результатам метрологического анализа конкретных средств измерений.

Литература:

1. Методика осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя. Зарегистр. в Минюсте России 12.09.2014 г. №34040
2. Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя (утв. постановлением Правительства РФ от 18 ноября 2013 г. № 1034)
3. ТЕРМОТЕСТ-100 Руководство по эксплуатации ТКЛШ 2.998.013 РЭ.
4. Установка поверочная расходомеров и счетчиков воды УПРС Руководство по эксплуатации 01032746-04.00.01 РЭ..

УДК 004.045

**Разработка объектно-ориентированной модели информационного ресурса
строительной организации**

Фадеев Игорь Юрьевич, студент направления «Информационные системы и технологии»;

Фролов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

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

Статья посвящена разработке объектно-ориентированной модели информационного ресурса строительной организации. Описывается объектно-ориентированный подход с использованием объектной декомпозиции. Приведены диаграммы вариантов использования, классов и состояний для информационного ресурса строительной организации.

При разработке информационной системы существует два основных подхода – структурный и объектно-ориентированный. Сущность структурного подхода к разработке ИС заключается в ее декомпозиции на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимоувязаны. При разработке системы «снизу-вверх» от отдельных задач ко всей системе целостность теряется, возникают проблемы при информационной стыковке отдельных компонентов.

Объектно-ориентированный подход использует объектную декомпозицию. При этом статическая структура системы описывается в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами. Каждый объект системы обладает своим собственным поведением, моделирующим поведение объекта реального мира. В данной статье будет рассматриваться объектно-ориентированная модель при разработке информационного ресурса.

Диаграмма вариантов использования отражает отношения между актерами и прецедентами, которые участвуют в процессе. Она предназначена для упрощения представления взаимодействия пользователей с системой, не описывает внутреннее устройство системы, но помогает определиться с ее будущими характеристиками. На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования разрабатываемого ресурса строительной организации. На ней указаны три актера: администратор, гость, пользователь. В овалах указаны варианты использования системы для актеров. Связи «Extend» и «Include» показывают дальнейшие действия системы. Связь «Extend» указывает на специальный вариант использования базового варианта, а «Include» расширяет базовый вариант использования.

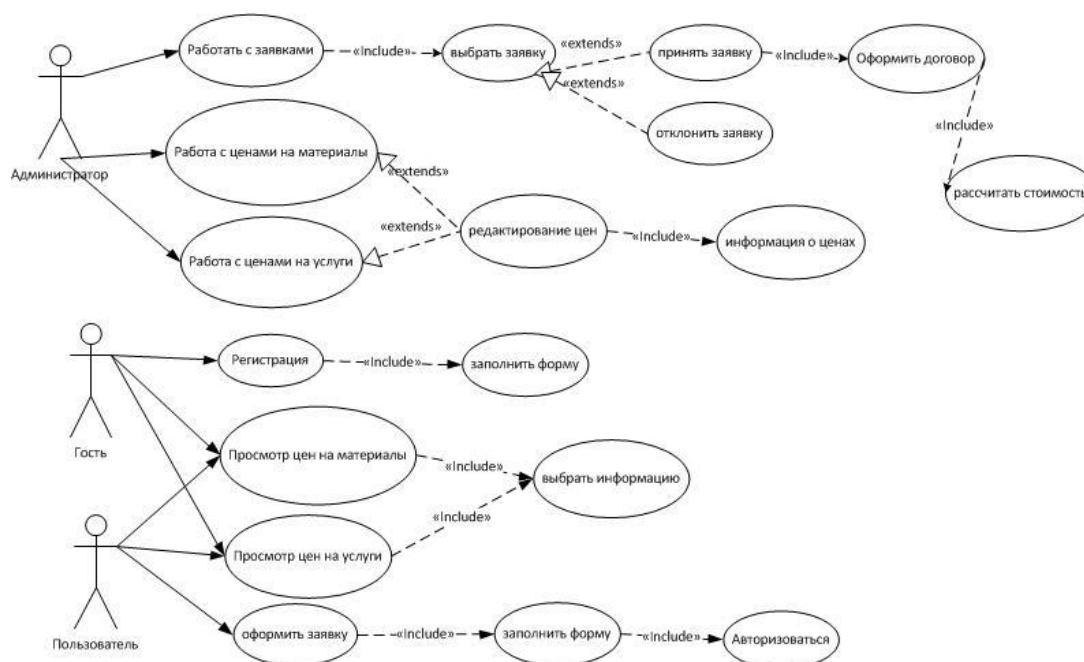


Рис.1. Диаграмма вариантов использования

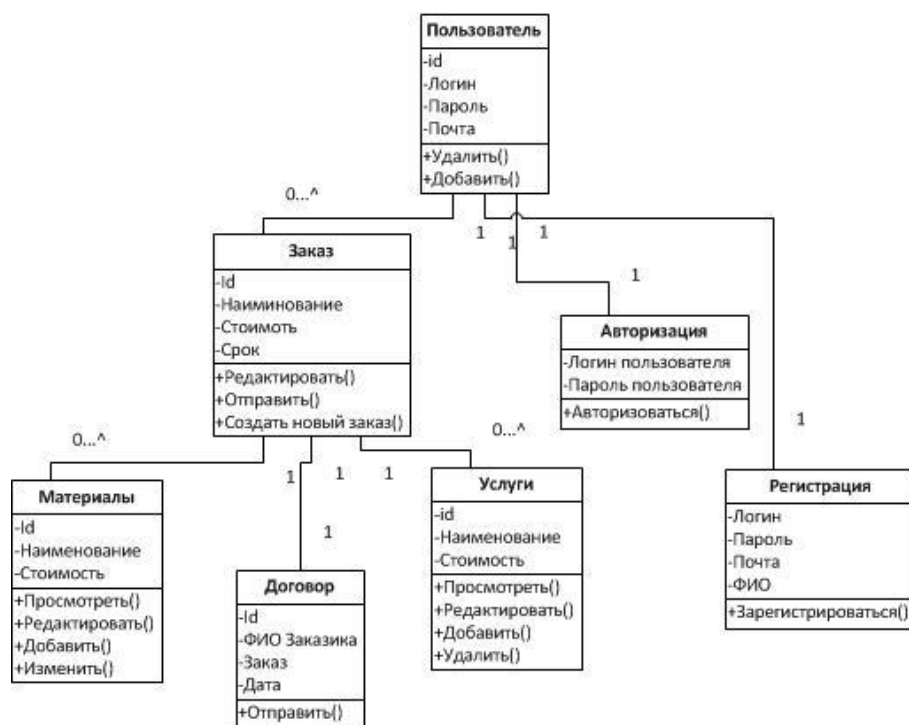


Рис.2. Диаграмма классов

Диаграмма классов показывает классы системы, их атрибуты, методы и связи друг с другом. На рисунке 2 представлена диаграмма классов разрабатываемой системы. На диаграмме присутствуют семь классов: пользователь, заказ, авторизация, регистрация, материалы, договор, услуги. В верхней части написано имя класса, посередине указаны атрибуты, а внизу методы класса. Атрибут класса хранит в себе информацию, которая будет использоваться самим классом. Методы показывают то, что может выполнить данный класс.

Для того чтобы представить спецификацию поведения классов, разработали диаграмму состояний. На рисунке 3 представлена диаграмма состояний для информационной системы. На диаграмме состояний показаны последовательные действия и возможные состояния системы, для того чтобы заказчик смог выполнить заказ услуги или материалов. После того как пользователь загрузил начальную страницу, ему следует авторизоваться, введя свои данные в форму авторизации. После проверки введенных данных пользователь переходит в раздел «Каталог», где просматривает загруженный материал из базы данных услуг или материалов. После определения пользователем конкретной услуги или материала для заказа, необходимо заполнить форму заявки. Введя корректно все данные в форму, будет прислано уведомление о

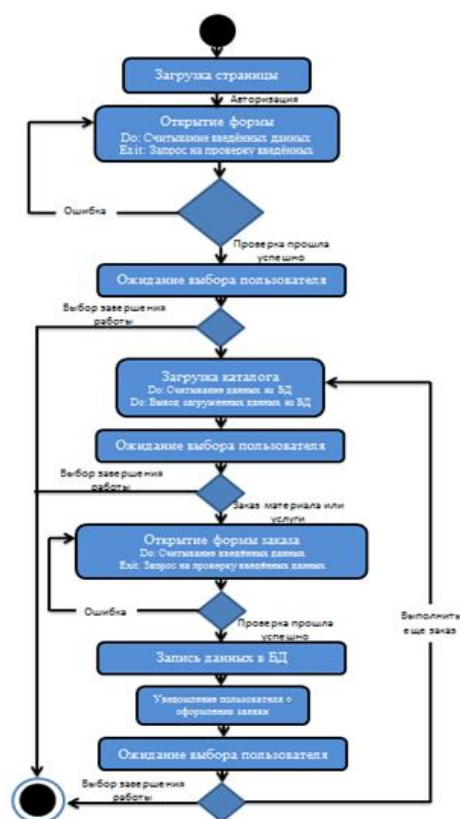


Рис.3. Диаграмма состояний

совершенном заказе.

Следующим этапом разработки идет диаграмма компонентов. Диаграмма компонентов описывает особенности физического представления системы. Диаграмма компонентов позволяет определить архитектуру разрабатываемой системы, установив зависимости между программными компонентами, в роли которых может выступать исходный, бинарный и исполняемый код. Во многих средах разработки модуль или компонент соответствует файлу. На рисунке 4 представлено полное их отображение. Информационная система обладает несколькими компонентами:

- база данных – компонент информационной системы, хранящий информацию, для последующего ее использования;
- компонент регистрации – компонент, отвечающий за регистрацию пользователей в информационной системе;
- компонент авторизации – компонент, отвечающий за авторизацию пользователей в информационной системе;
- компонент вывода каталога – благодаря данному компоненту загружается информация, хранящаяся в базе данных;
- компонент обработки заявок – компонент, помогающие информационной системе обрабатывать заявки;
- компонент уведомления о совершенном заказе – сообщает пользователю, совершившему заказ, о его отправленной заявке;
- интерфейс – компонент, реализующий взаимодействие информационной системы с пользователем.

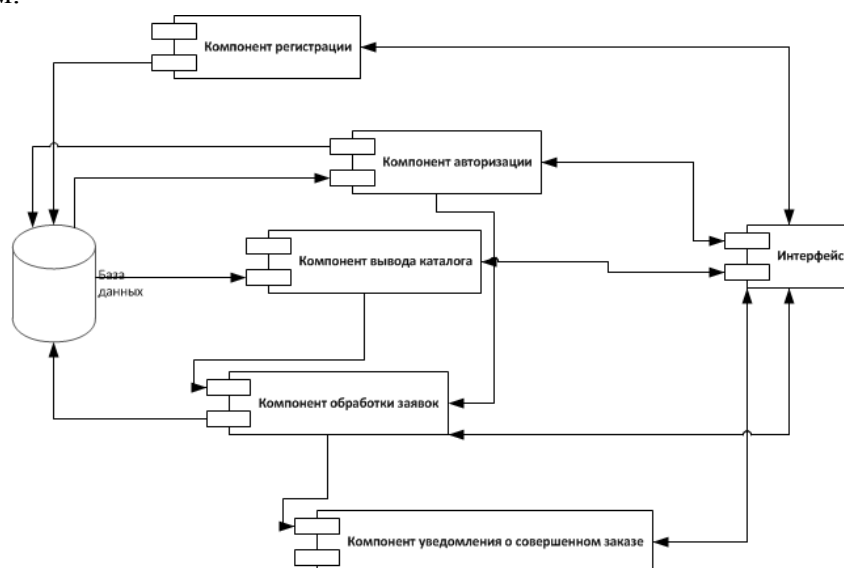


Рис.4. Диаграмма компонентов

Разработанные диаграммы позволят реализовать современный информационный ресурс для строительной организации, учитывающий специфику предметной области.

Литература:

1. Функционально-ориентированные и объектно-ориентированные методологии описания предметной области. [Электронный ресурс]: [справочный листок]. – Методологии моделирования предметной области – ИНТУИТ. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/>

Надежность ТВЭЛ ядерных энергетических установок

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Белякова Наталия Олеговна, студентка направления «Управление в технических системах»;

Амантурлиева Юлия Жангельдевна, студентка направления

«Управление в технических системах»

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

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

Сегодня доля атомной отрасли в энергетике в связи с её многими преимуществами непрерывно возрастает. Однако имеется и потенциальная опасность атомных станций. Надёжность компонентов АЭС при их эксплуатации определяются высокой точностью расчётов на стадии их разработки. В статье рассмотрены основные методы расчета элементов ядерных энергетических установок.

Активное внедрение атомной отрасли в энергетике и непрерывная модернизация составляющих атомных станций требуют высокой точности и надёжности при конструировании элементов АЭС. Безопасная эксплуатация АЭС основывается на применение методов, позволяющих получить точную оценку степени надёжности той или иной составляющей станции. Одним из путей повышения безопасности и надёжности эксплуатации энергоблоков с водо-водяным энергетическим реактором является использование элементов ядерных энергетических установок с повышенными надёжностными характеристикам. Это позволяет осуществить переход с двенадцати месячного топливного цикла на восемнадцатимесячный. Внедрение 18-месячного топливного цикла позволяет предприятиям повысить свои технико-экономические показатели, а именно обеспечить устойчивую и надёжную работу персонала и оборудования энергоблоков атомной станции [1].

Большинство типов оборудования АЭС, а так же их отдельные составные части, при оценке надёжности расчетно - экспериментальным методом могут рассматриваются как сложные системы, состоящие из элементов, характеризующихся своими выходными параметрами и показателями надёжности. Составляющий элемент может быть сам достаточно сложным и содержать составные части, но при анализе сложной системы элемент рассматривается как целое, неделимое на составные части изделие.

Основным конструктивным элементом активной зоны ядерного реактора является тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) – герметичная конструкция, содержащая в себе ядерное топливо в форме таблеток.

Защитная оболочка ТВЭЛа сделана из сплава циркония. Сплав из этого материала слабо поглощает тепловые нейтроны. Между топливным стержнем и оболочкой имеет некоторый зазор, который представляет собой небольшую прослойку из газа, заполненную нейтральным гелием с высокой теплопроводностью. Мощность во внутренних источниках теплоты в твэлах достигает 109 Вт/м^3 , а тепловая напряженность охлаждаемой поверхности –

$1.5 \cdot 10^6$ Вт/м². Чтобы уровень температур был приемлемым для данных материалов, необходимо предоставить эффективное охлаждение. [2]

Для оксида урана, который относится к типу керамического ядерного топлива, температура может иметь очень высокое значение, так как температура плавления UO_2 равняется 2800°C. Но допустимая температура циркониевых оболочек намного ниже – около 400°C. Если эта граница превышена, то при соприкосновении с водой быстро развивается разрушительная коррозия.

При создании ТВЭЛа основными параметрами, требующими высокую точность расчёта, являются температура ядерного топлива и защитной оболочки. Они не должны превышать допустимых значений. Расчет проводится при заданной мощности внутренних источников и заданных условиях охлаждения: температуре воды и коэффициенте теплоотдачи.

Работоспособность тепловыделяющего элемента характеризуют некоторые выходные параметры $x_1, x_2 \dots x_n$, являющиеся случайными функциями времени. Выбор выходного параметра осуществляется исходя из специфики ТВЭЛа в зависимости от модели разгерметизации оболочки. Чаще всего на практике наиболее значимы только одни или два выходных параметра.

К выходным параметрам относятся накопленные неупругие механические деформации E_i материала оболочки и коэффициент повреждаемости a_g . Для данных параметров задаются предельно-допустимые значения $x_{1max}, x_{2max} \dots x_{nmax}$, которые определяют границу области работоспособности ТВЭЛов. В случае выполнения неравенства $x_i(t) \geq x_{imax}, i = \overline{1, n}$ ТВЭЛ считается негерметичным.

Если в качестве выходных параметров выбраны накопленные неупругие механические деформации E_i и коэффициент повреждаемости a_g , то для них задаются разрушающие значения $|\tilde{E}_1|$ и $|\hat{a}_g|$ соответственно.

Выбор расчетной модели осуществляется на основе экспериментального изучения поведения ТВЭЛа в реакторных условиях и в предреакторных испытаниях, имитирующих рабочие условия.

Первоначальными данными при расчетах выступают эмпирические и полуэмпирические зависимости, которые учитывают влияние условий использования на основные физико-технические характеристики материалов твэла. Эти зависимости выбирают исходя из анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований влияния условий эксплуатации на материалы ТВЭЛа. [3]

Таким образом, ключевым фактором, приводящим к возникновению отказа тепловыделяющего элемента, является потеря герметичности его оболочки. Оценить надёжность и рассчитать вероятность отказа ТВЭЛа позволяет построение экспериментальных моделей, для которых создаются различного рода условия. На основе анализа полученных в результате эксперимента данных и применения различных методик расчёта в соответствии с этими параметрами формулируется вывод о степени надёжности и пригодности ТВЭЛа к эксплуатации.

Литература:

1. Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова, М.А. Фролова. Надёжность элементов атомной станции // Будущее атомной энергетики: тезисы докладов XIII Международной научно-технической конференции. - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2017. С.36-37

2. Солодов А.П. Теплопроводность ТВЭЛа. 2URL: http://twf.mpei.ac.ru/solodov/hmt-ebook_2009/HMT_E-Book/E-book/Chapt_7_HeatConduction_in_FuelElements.pdf

3. Надежность оборудования реакторных установок АЭС. Руководящий технический материал, 1988, 196 с.

УДК 004.9

Использование процессного подхода для обоснования необходимости автоматизации бизнес-процессов при организации деятельности медицинского учреждения

Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Клименко Алексей Геннадьевич, 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 анализу бизнес-процессов при организации деятельности медицинского учреждения на основе процессного подхода. С использованием методологии IDEF0 проведена декомпозиция рассматриваемых процессов, выделены основные механизмы и управляющие воздействия, разработаны диаграммы AS-IS. На основе полученных диаграмм выявлены недостатки существующей организации бизнес-процессов и предложен путь решения данной проблемы, позволяющий повысить эффективность использования трудовых ресурсов. Результаты внедрения данного решения, учитывающие использование в качестве механизма программного средства, представлены в виде диаграмм TO-BE.

Система здравоохранения в России с течением времени или возникающих экономических и технологических вызовов на настоящий момент накопила достаточно проблем. По мнению граждан, эта сфера должна стоять на первом месте среди задач, на решение которых государством должны быть нацелены все усилия. Здравоохранение так же, как и любая другая система требует обновления или совершенствования. Одним из путей совершенствования является автоматизация процессов управления, за счет которых повышается качество оказываемой помощи [1].

В научной литературе описано большое количество подходов к управлению различными типами предприятий [2-4]. Для оценки целесообразности внедрения информационных систем на различных этапах деятельности медицинских учреждений, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015, широкое распространение получил процессный подход. В процессном подходе мы в большей степени затрагиваем медицинскую услугу как экономическую категорию. Система менеджмента качества, основанная на стандартах ГОСТ Р ИСО 9000, сегодня в большинстве стран мира является эталоном управления качеством в медицине.

Основные принципы процессного подхода заключаются в том, что все достигнутые результаты проявляются в процессе, движущей силой которого являются потребности и

ожидания потребителя. Любая работа - это процесс, то есть система действий, которые преобразуют ресурсы на входе процесса в конкретный результат; любой продукт, услуга является результатом процесса или последовательности взаимосвязанных процессов, которые поддаются планированию, управлению и улучшению. Основу многих современных методологий анализа бизнес-процессов составили методология SADT, семейство стандартов IDEF. Данный подход может быть использован для оптимизации различных процессных подходов: в которой используются как естественный, так и графический языки.

Основным процессом деятельности медицинского учреждения является предоставление медицинских услуг. Контекстная диаграмма основного процесса представлена на рисунке 1.

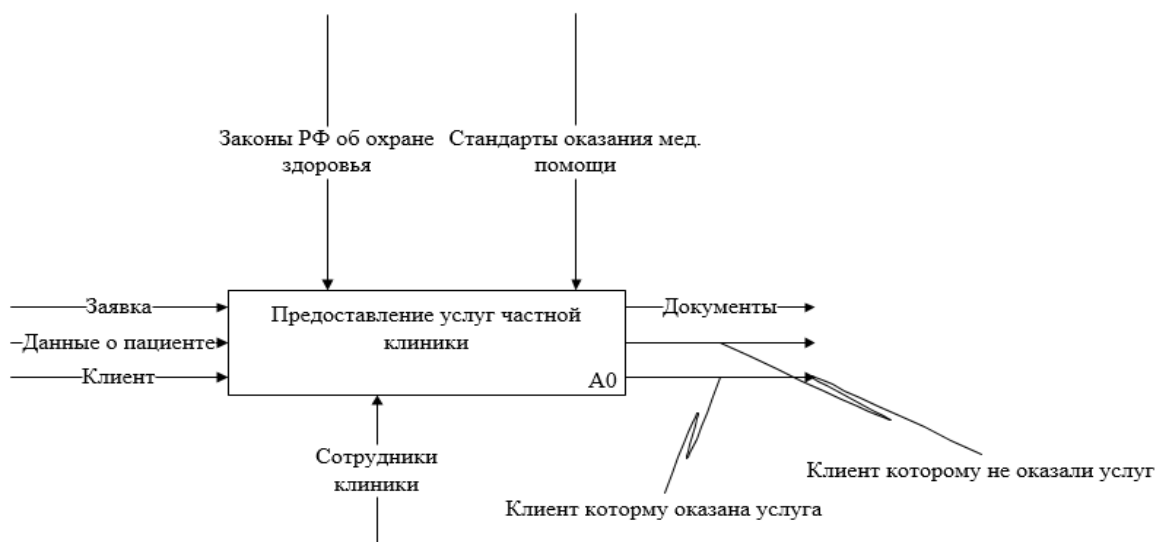


Рис.1. Контекстная диаграмма исследуемого процесса

Выполнение функции регламентируется Законом РФ об охране здоровья, стандартами деятельности учреждений здравоохранения.

В результате декомпозиции основного процесса можно выделить 3 подпроцесса: прием заявки, обследование и лечение (рис. 2)

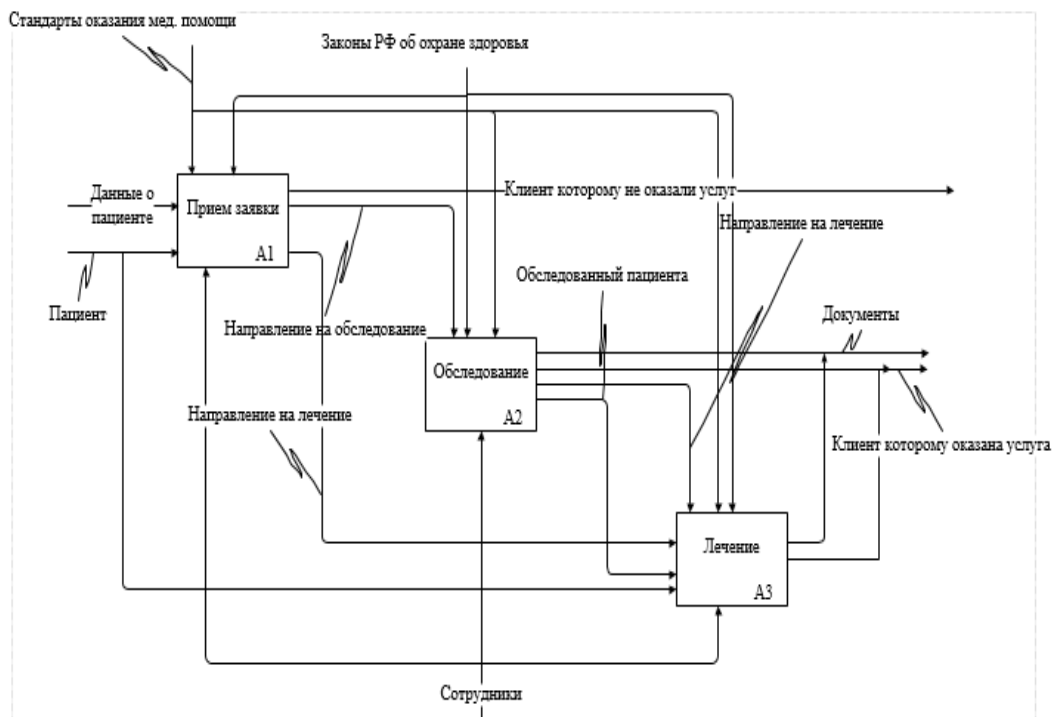


Рис. 2. Декомпозиция первого уровня

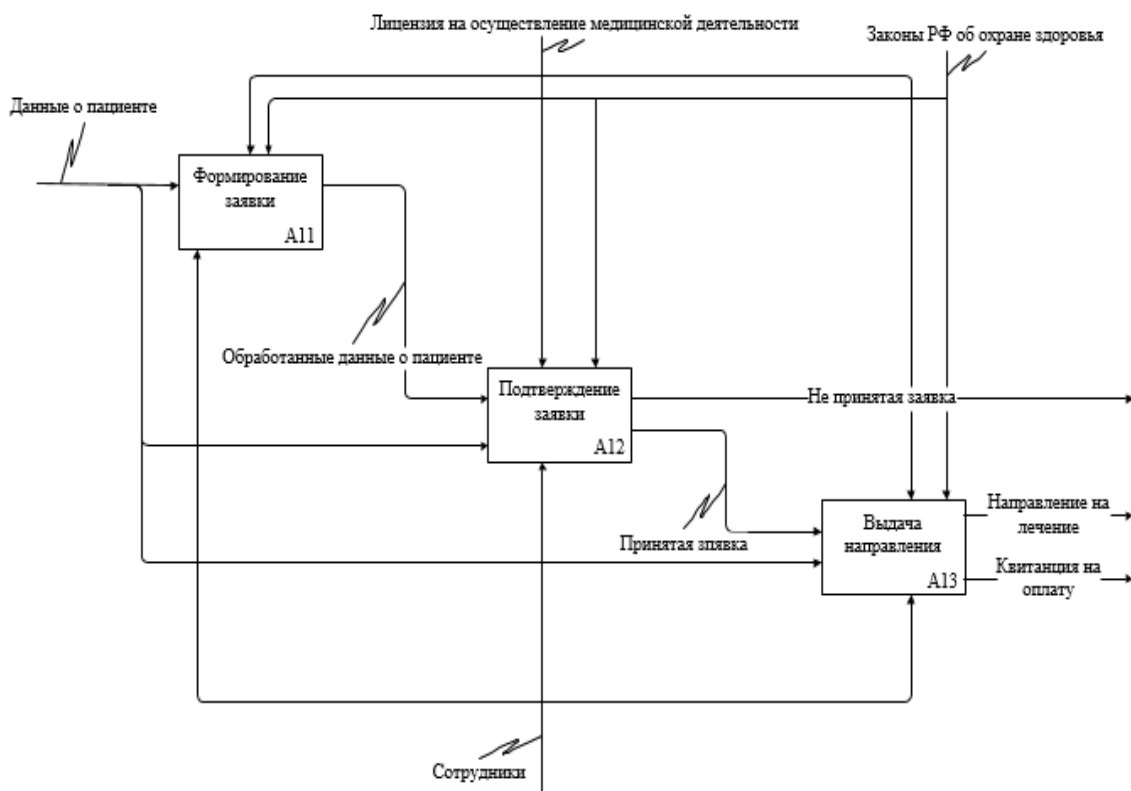


Рис. 3. Декомпозиция второго уровня процесса «Прием заявки»

На основе анализа полученных диаграмм можно сделать вывод о необходимости автоматизации процесса приема заявки за счет разработки сайта клиники, с помощью которого могут быть осуществлены процессы приема заявки, выдачи направления на прием. Разрабатываемый сайт является механизмом для выполняемых процессов. Диаграмма TO-BE, представлена на рисунке 4

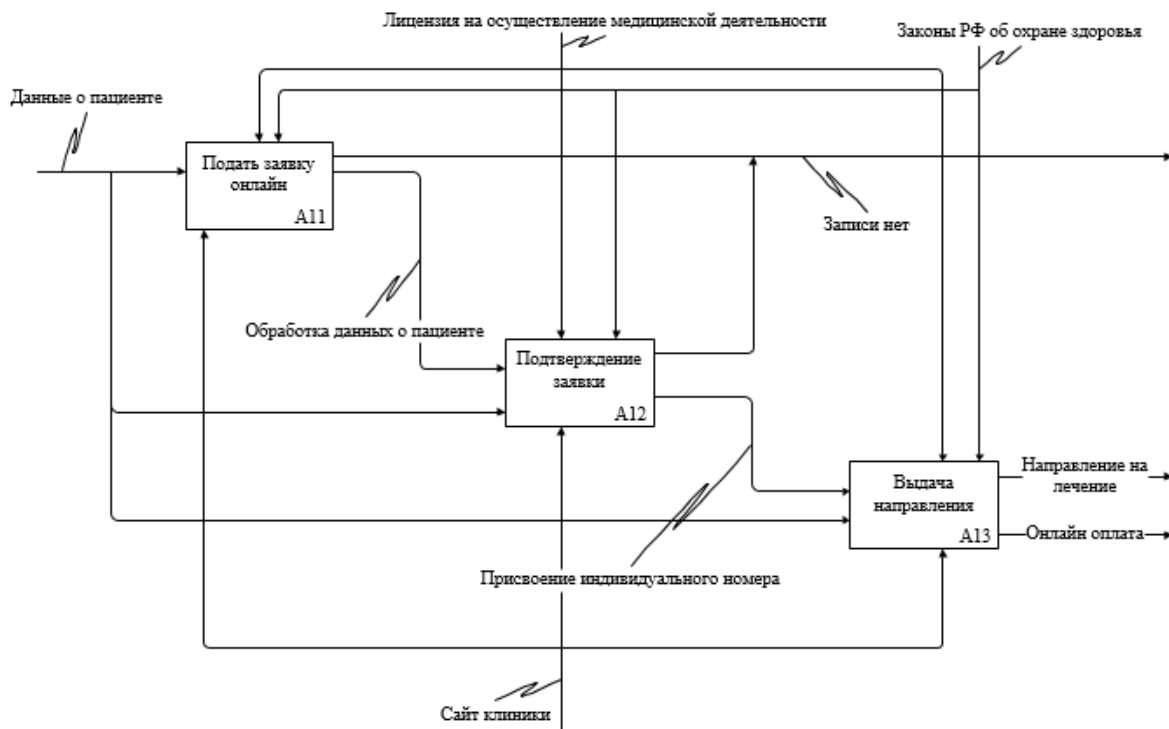


Рис.4. Диаграмма TO-BE.

Таким образом, автоматизация процесса «Прием заявки», позволит повысить эффективность оказания услуг медицинским учреждением.

Литература:

1. Радченко С.В. обзор программных продуктов для медицинского образования М: Информационные технологии в здравоохранении, 2001-N 6.-С.11-13
2. Frolova M.A., Razumova T.A. The use of process approach to base the need of automation of business processes in educational institutions //Information Technologies in Education of the XXI Centur (ITE-XXI): Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Information Technologies in Education of the XXI Century”. – Moscow: American Institute of Physics, 2017
3. Салимова Т.А. Управление качеством М.:ОМЕГА-Л, 2011 г. - 414 с
4. Фролова М.А., Грицюк С.Н. Использование процессного подхода для анализа деятельности управления производственно-технической комплектации предприятий агропромышленного комплекса / М.А.Фролова, С.Н. Грицюк, Международный научно-исследовательский журнал.2015. №5-3 (47).С.197-201
5. Фролова М.А. Использование имитационного моделирования для анализа деятельности предприятий энергетического комплекса / М.А.Фролова, Молодой ученый. 2015. № 14-2 (94.2). -С.24-26.
6. Фролова М.А. Использование процессного подхода для обоснования необходимости автоматизации процессов реализации социальной политики предприятий энергетического профиля / М.А.Фролова // Современные технологии в атомной энергетике: сборник трудов II Всерос. науч.-практ. конф. - М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016.- С. 96-99.

УДК 621.039

Синтез системы импульсной подачи технологических жидкостей на базе ПНПИР

¹Фролова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»

²Максимова Екатерина Александровна, магистрант направления

«Информационные системы и технологии»

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

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва

В статье представлен расчет системы импульсной подачи технологических жидкостей на базе ПНПИР. Проведен синтез дискретного корректирующего устройства, получен закон управления.

Автоматизация производственных процессов является существенным условием повышения производительности труда и улучшения качества производства. Одними из важнейших параметров, которые подвергаются автоматизированному контролю, являются скорость и объём рабочих жидкостей, что приводит к необходимости повсеместного внедрения и совершенствования систем автоматического контроля, регулирования и

управления потоками технологических жидкостей.

С помощью цифрового корректирующего устройства реализуют принятые законы управления. Звено постоянного временного запаздывания e^{-Tp} учитывает время, затрачиваемое микро-ЭВМ на обработку информации. Эффект квантования по времени учитывается введением импульсного элемента (ключа) с дискретностью T_0 .

Эффект квантования по уровню отображается в схеме нелинейным агентом, имеющим релейную характеристику с числом ступеней $= 2^a - 1$, где a - число используемых двоичных разрядов.

Экстраполятор преобразует сигнал в виде решетчатой функции в сигнал прерывной формы. В данной системе экстраполятор используется для запоминания информации в течение времени, равного периоду дискретности T_0 , есть в данном случае экстраполятор представляет собой фиксирующее устройство (экстраполятор нулевого уровня) с передаточной функцией:

$$W_1(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p} \quad (1)$$

Передаточная функция ПНПИР [1] имеет вид аperiодического звена. Значение постоянной времени ПНПИР значительно меньше 1, следовательно, для дальнейших расходов можно принять: $W_2(p)=0.169$.

Передаточная функция усилителя $W_3(p)=38$. Данный усилитель позволяет обеспечить коэффициент усиления, необходимый для работы гидрораспределителя. Передаточная функция электромеханического преобразователя определяется:

$$W_4(p) = \frac{k_{hi}}{T_{\lambda}^2 p^2 + 2\zeta_{\lambda} p + 1} \quad (2)$$

где T_{λ} - постоянная времени якоря; ζ_{λ} - коэффициент относительного демпфирования якоря вместе с управляемым элементом; k_{hi} - коэффициент передачи электромеханического преобразователя. Передаточная функция золотника имеет вид:

$$W_5(p) = \frac{k_z}{T_z p + 1} \quad (3)$$

где T_z - постоянная времени золотника; k_z - коэффициент усиления золотника.

Передаточная функция гидрораспределителя является произведением передаточных функций, определенных по формулам (2) и (3). В числовом выражении передаточная функция гидрораспределителя будет иметь вид:

$$W_6(p) = \frac{0,3086}{(0,0576p^2 + 0,208p + 1)0,4p + 1} \quad (4)$$

Структурная схема системы автоматического управления подачей технологических жидкостей на базе поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов представлена на рисунке 1.

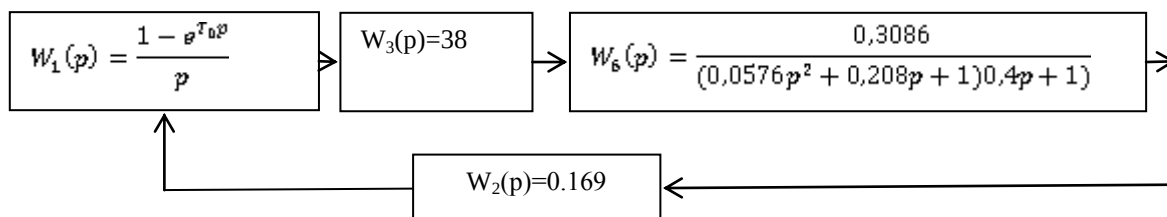


Рис.1. Структурная схема САУ подачи технологических жидкостей

Передаточная функция неизменяемой непрерывной части системы:

$$W_H = W_1(p) W_2(p) W_3(p) W_6(p). \quad (5)$$

Передаточная функция дискретного корректирующего устройства, полученная методом логарифмических псевдочастотных характеристик будет иметь вид:

$$W_{\partial x}(z) = \frac{6123.5 \cdot (0.086 \cdot (z - 1) + T_b(z + 1)) \cdot (0.02(z - 1) + T_b(z + 1)) \cdot (0.086 \cdot (z - 1) + T_b(z + 1))}{(0.0002(z - 1) + T_b(z + 1))^3}$$

Тогда закон управления, реализуемый при помощи цифрового корректирующего устройства, имеет вид:

$$U(kT_0) = \frac{1}{b_0} \{ \alpha_0 E(kT_0) + \alpha_1 E((k-1)T_0) + \alpha_2 E((k-2)T_0) + \alpha_3 E((k-3)T_0) - b_1 U((k-1)T_0) - b_2 U((k-2)T_0) - b_3 U((k-3)T_0) \}$$

где $a_0, a_1, a_2, a_3, b_0, b_1, b_2, b_3$ - расчетные коэффициенты; $E(z)$ - изображение ошибки системы.

Полученный закон управления означает, что микропроцессорное устройство должно сформировать сигнал обратной связи в данный момент времени, используя значение выходного сигнала для трех предшествующих дискретных моментов времени, определяемых тактом работы микропроцессора.

Литература:

1. Фролова М.А. Управление подачей технологических жидкостей в автоматизированном оборудовании на базе поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов: дис.канд.техн.наук. СГТУ, Саратов, 2000.
2. Фролова М.А., Фролов М.В. Математическая модель поляризационного низконапорного преобразователя импульсных расходов. // Современные проблемы физики и технологий /в книге Современные проблемы физики и технологий тезисы докладов VI международной молодежной научной школы-конференции.-Москва: НИЯУ МИФИ. - 2017. – С. 172-174.

УДК 004.056

Аттестация объектов информатизации по требованиям безопасности информации

Хасанов Шамиль Анварович, студент.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Рассмотрена система аттестации объектов информатизации, определено её положение в системе сертификации средств защиты информации и аттестации объектов информатизации. Определены средства защиты информации, подлежащие обязательной сертификации, объекты информатизации, подлежащие обязательной аттестации, состав объекта информатизации. Приведены цели и порядок проведения аттестации, необходимые исходные данные для проведения аттестации, примеры основных и вспомогательных технических средств и систем.

Сертификация средств защиты информации и аттестация объектов информатизации – 2 параллельных процесса в системе сертификации средств защиты информации и аттестации объектов информатизации (рисунок 1). Сертификация подразумевает подтверждение соответствия средств защиты информации требованиям государственных стандартов или иных нормативных документов по защите информации, а аттестация – подтверждение соответствия объектов информатизации. Обязательной сертификации подлежат средства

защиты информации, предназначенные для защиты сведений, составляющих государственную тайну, информации ограниченного доступа, подлежащей защите в соответствии с действующим законодательством, систем управления экологически опасными производствами, объектами, имеющими важное оборонное или экономическое значение и влияющими на безопасность государства, средства общего применения, предназначенные для противодействия техническим разведкам[1]. Обязательной аттестации подлежат объекты информатизации, предназначенные для обработки информации, составляющей государственную тайну, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах, ресурсах, управления экологически опасными объектами, ведения секретных, конфиденциальных переговоров (рисунок 2). В контексте аттестации объектов информатизации, под объектами информатизации понимаются автоматизированные системы различного уровня и назначения, системы связи, отображения и размножения информации вместе с помещениями, в которых они установлены, используемые для передачи и обработки подлежащей защите информации, а также сами помещения, предназначенные для ведения конфиденциальных переговоров [2].

Для защиты информации, обрабатываемой на объектах информатизации, должны использоваться только сертифицированные средства защиты информации. Классы средств защиты информации, которые могут использоваться обеспечения безопасности государственных информационных систем (ГИС) и информационных систем персональных данных (ИСПДн) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Классы СЗИ для ГИС и ИСПДн

Класс защищенности ГИС	Уровень защищенности ПДн	Класс СЗИ	Уровень контроля отсутствия недекларированных возможностей
К1	У31	4	4
К2	У32	5	4
К3	У33, У34	6	4, если для У33 актуальны угрозы 2 типа

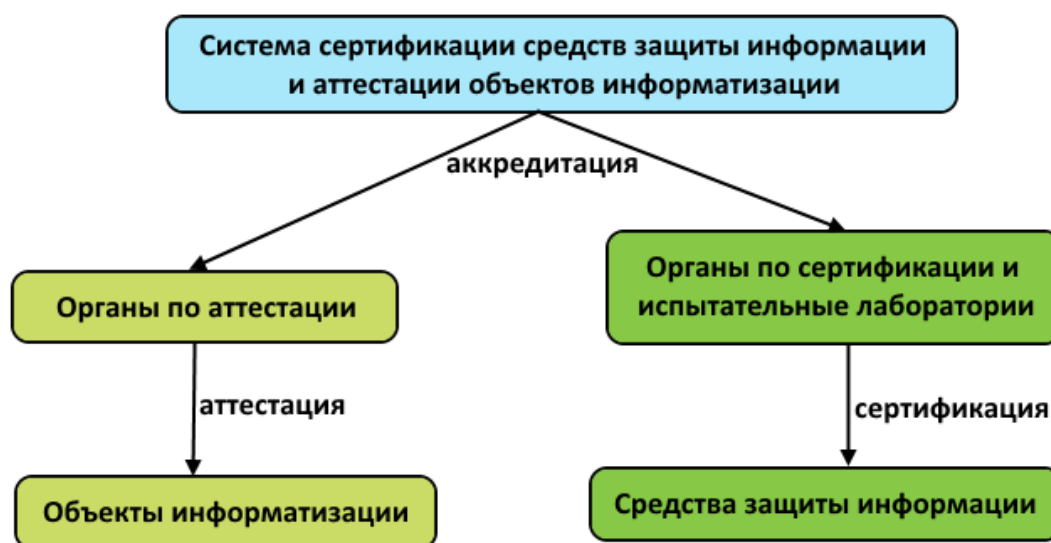


Рис. 1. Система сертификации средств защиты информации и аттестации объектов информатизации



Рис. 2. Аттестация объектов информатизации

В состав объекта информатизации входят основные и вспомогательные технические средства и системы. Основные технические средства и системы (ОТСС) – это технические средства и системы, принимающие непосредственное участие в обработке, хранении и передаче информации ограниченного доступа. Вспомогательные технические средства и системы (ВТСС) – это технические средства и системы, устанавливаемые совместно с ОТСС или в выделенных помещениях, не принимающие участия в передаче, обработке и хранении информации ограниченного доступа. Примеры ОТСС и ВТСС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Примеры ОТСС и ВТСС

ОТСС	ВТСС
Средства вычислительной техники	Телефонные средства и системы
Автоматизированные системы различного уровня и назначения	Средства и системы охранной и пожарной сигнализации
Информационно-вычислительные комплексы, сети и системы	Средства и системы оповещения и сигнализации
Средства и системы связи и передачи данных	Средства и системы кондиционирования
Средства приема, передачи и обработки информации и др.	Средства электронной оргтехники и др.

Порядок проведения аттестации представлен на рисунке 3. Заявитель отправляет заявку на аттестацию. Орган по аттестации рассматривает заявку, проводит мероприятия по предварительному ознакомлению с объектом, разрабатывает программу и методики аттестационных испытаний, согласует программу и методики с заявителем и приступает к проведению аттестационных испытаний. Перечень обязательной документации, которую заявитель должен предоставить аттестационной комиссии приведен в таблице 3. В зависимости от особенностей объекта информатизации состав документов может меняться. По результатам испытаний орган по аттестации разрабатывает отчетную документацию и выдает Аттестат соответствия.

Перечень документов заявителя

№	Документ
1	Технический паспорт
2	Акт классификации
3	Акт категорирования
4	Акт определения уровня защищенности персональных данных при их обработке в информационной системе персональных данных
5	Акт определения класса защищенности государственной информационной системы
6	Протокол специальных исследований
7	Предписание на эксплуатацию
8	Заключение по результатам специальных проверок

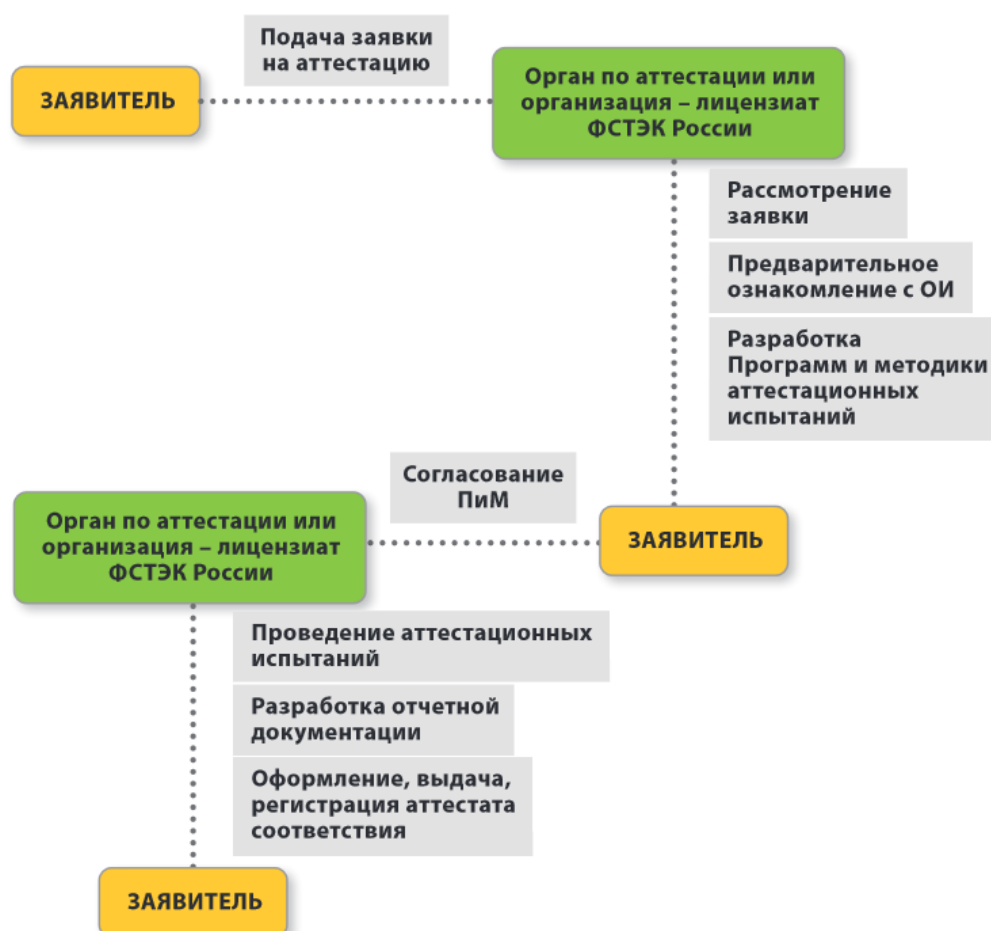


Рис. 3. Порядок проведения аттестации

Литература:

1. Положение о сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации [Электронный ресурс] // ФСТЭК России. URL: <https://fstec.ru/dokumenty-po-sertifikatsii-tzi/119-deyatelnost/tekushchaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-po-sertifikatsii/polozheniya/395-polozhenie-ot-27-oktyabrya-1995-g-n-199> (дата обращения 28.03.2018).

2. Положение по аттестации объектов информатизации по требованиям безопасности информации» [Электронный ресурс] // ФСТЭК России. URL: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/112-polozheniya/375-polozhenie-ot-25-noyabrya-1994-g> (дата обращения 28.03.2018).

Информационная система таргетирования рекламных роликов по гендерному признаку

Шах Александр Васильевич, старший преподаватель;

Шапович Евгений Геннадьевич.

УО «Барановичский государственный университет», г. Барановичи, Республика Беларусь

Indoor-реклама – сравнительно новый вид размещения рекламы в местах с большой проходимостью (торговых и бизнес-центрах, развлекательных центрах, супермаркетах, банках, внутри помещений транспортной инфраструктуры и т. д.). Социологические исследования показывают, что при использовании движущейся динамической рекламы продается в среднем на 83 % больше товара, чем при статичной. Для бизнеса indoor-реклама – достаточно быстро развивающийся сегмент рекламного рынка и многие маркетинговые агентства активно осваивают этот вид рекламных услуг. Однако при многочисленных достоинствах indoor-рекламы, требуется доработка таких показателей, как количество демонстрируемых изображений и возможность быстрой замены видеоряда. Для повышения маркетингового эффекта, авторами предлагается использование механизма таргетирования демонстрируемых рекламных роликов.

Реклама — один из механизмов конкурентирования бизнеса. Ее функция как инструмента маркетинга заключается в формировании спроса на товары или услуги и стимулировании их сбыта. Рекламная деятельность в системе рыночных операций рассматривается как комплекс средств неценового стимулирования сбыта продукции и формирования спроса на нее. При проведении маркетинговых компаний для размещения информации о товарах и услугах в большинстве случаев используются баннеры и растяжки. В этой связи особой востребованностью пользуются светодиодные экраны, которые могут быть установлены как на улице, так и в помещениях.

Рекламные экраны имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными щитами и баннерами. Во-первых, для обслуживания они не требуют целого штата сотрудников. С помощью специальной системы управления можно без труда удалить или добавить рекламный ролик, поменять очередность показа. Во-вторых, динамичные яркие видеоролики привлекают к себе гораздо больше взглядов, чем обычные щиты и баннеры. Однако для большего маркетингового эффекта, авторами предлагается использование механизма таргетирования демонстрируемых рекламных роликов. Таргетированная реклама — это мультимедийные объявления, которые демонстрируются только той части аудитории, которая удовлетворяет определенному набору требований, заданному рекламодателем. Это, с одной стороны, обеспечивает большую эффективность рекламы, а с другой — позволяет уменьшить негативное влияние рекламного эффекта за счет того, что предлагаемые товары и услуги с более высокой вероятностью будут действительно нужны человеку в момент демонстрации объявления.

Целью проекта является разработка информационной системы для таргетирования рекламных роликов. Подобный подход к indoor-рекламе вызывает потребность в разработке алгоритмов обработки и распознавания изображений, в частности поиска в видеопотоке людей, смотрящих на экран, локализации лиц и определения пола человека. Для выполнения поставленной задачи использовалась библиотека OpenCV. Она включает в себя алгоритмы

компьютерного зрения, распознавания изображений и многое другое, работающих в реальном режиме времени. А также данная библиотека может использоваться бесплатно, как в образовательных целях, так и в коммерческих проектах. Чтобы отобразить функционал и работу разрабатываемого программного продукта необходимо построение UML-диаграмм. Рисунок 1 отображает функции взаимодействия администратора с приложением и приложения с базой данных на диаграмме взаимодействия. администратор может добавлять, изменять, удалять видео и категории видео. Так же администратор имеет возможность обучать систему новым категориям и восстановить настройки по умолчанию.

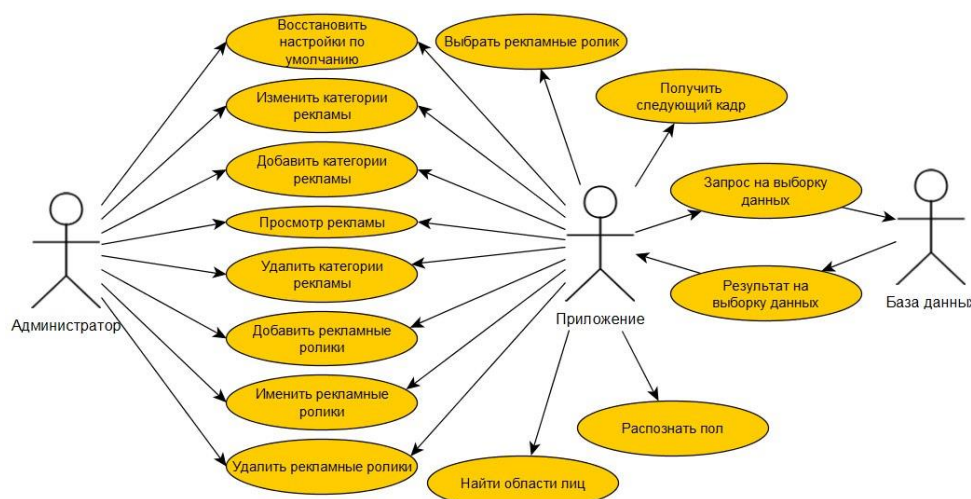


Рис.1. Функции взаимодействия администратора с приложением и приложения с базой данных

Для определения пола использовался алгоритм Фишера, который изучает отличительные черты обоих классов. Данный алгоритм дает линейную проекцию, специфичную для классов, поэтому она лучшим образом подходит для задачи классификации по гендерному признаку. На большой выборке изображений обучаются каскады с заранее указанными искомыми областями на изображениях, где искомым областей нет. В данной работе для обучения использовалось 20000 позитивных и 12500 негативных изображений, процесс обучения занял 2 суток. Для обучения классификатора использовалось 800 мужских и 800 женских изображений. После обучения классификатор был протестирован на выборке, состоящей из 10000 изображений и показал результат 70% удачного определения пола по одному кадру. Поскольку данное приложение для определения пола использует последние 19 удачных кадров то вероятность определения пола увеличивается даже при плохом качестве съемки [2].

Для добавления рекламных роликов необходимо нажать ссылку «Добавить рекламный ролик», выбрать рекламный ролик и категорию к которой он относится. После добавления нескольких видео роликов страница просмотра рекламных роликов примет вид, представленный на рисунке 2

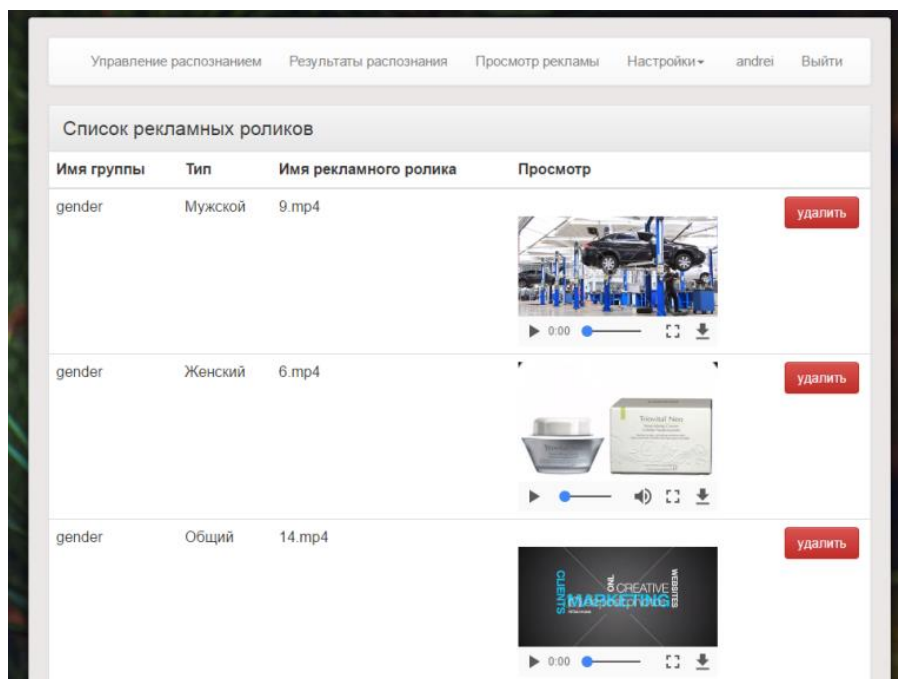


Рис. 2. Страница просмотра рекламных роликов

Далее необходимо нажать клавишу «Управление распознаванием» и вставить URL адрес на любой файл видео или веб камеры. После чего нажать клавишу «Начать распознавание» и перейти на страницу «Результаты распознавания», на которой необходимо выбрать пользователя, запустившего распознавание. После выбора, которого страница примет вид, представленный на рисунке 3.

Когда в зоне действия какого-то элемента информационной системы появляется человек из подходящей целевой аудитории, система его автоматически распознает и показывает рекламу актуальную именно для него.

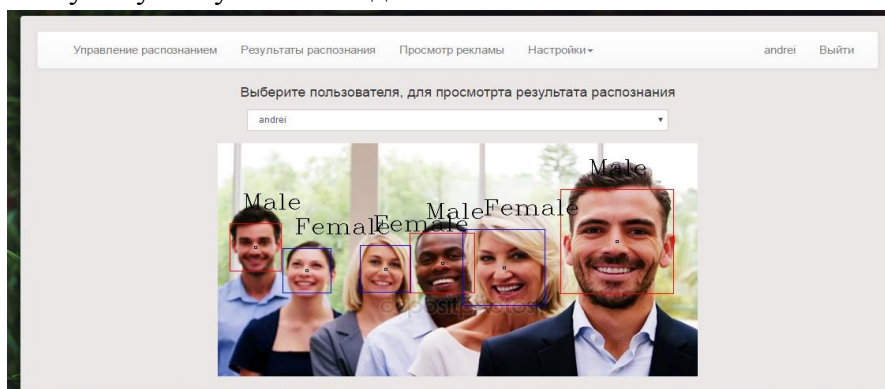


Рис.3. Страница просмотра результата распознавания

Созданная информационная система имеет интуитивно понятный интерфейс, гибкую настройку параметров и позволяет производить демонстрацию рекламных роликов для конкретной целевой аудитории, проводить кампании в определенном месте и в заранее определенное время (когда высока вероятность контакта с наибольшим числом потенциальных потребителей), оптимизировать затраты на рекламу и многое другое. Проанализировав полученные статистические данные, можно вести эффективную маркетинговую аналитику и разрабатывать маркетинговые стратегии. Все это предоставляет магазинам мощные инструменты для увеличения эффективности управления бизнесом [3].

Литература:

1. Калоша А. Л., Шах А. В. Детектирование лиц и ключевых точек лица людей с

применением нейронных сетей // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях [Электронный ресурс] : XX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов (Гомель, 20–22 марта 2017 года) : материалы : в 2 ч. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – с 57.

2. Шах А. В., Калоша А. Л. Таргетирование indoor-рекламы // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XI международной молодежной научно–практической конференции, УО “Полесский государственный университет”, г. Пинск, 7 апреля 2017 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – с. 215 – 217.

3. Шах А.В., Калоша А.Л. Разработка программного продукта для таргетирования рекламных роликов по половому признаку // Техника и технологии: инновации и качество [Текст] : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Техника и технологии: инновации и качество», 19 декабря 2017 г., г. Барановичи, 2017. – с. 139 – 141.

УДК 681.5

Исследование изображений электрокардиограмм с помощью вейвлет-преобразований

Шумарова Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Моисеева Юлия Робертовна, студентка 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 рассмотрена актуальная на сегодняшний день проблема исследования кардиограмм при помощи вейвлет-анализа. Данный метод позволяет производить обработку изображений кардиограмм человека с использованием большого временного интервала, где требуется более четкая информация о низкой частоте, и более короткие области, когда необходима информация о высокой частоте, что повышает надежность выявления изменений структуры сигналов при изменении состояния системы.

В последнее время широко используются методы обработки данных, основанные на вейвлет-преобразовании. Вейвлет-преобразование, обладая хорошей приспособленностью к анализу нестационарных сигналов, стало мощной альтернативой преобразованию Фурье в ряде медицинских приложений. Данный метод используется для распознавания и обнаружения ключевых диагностических признаков, а также для сжатия изображений с минимальными потерями диагностической информации.

Распознавание сердечнососудистых заболеваний с помощью электрокардиографии является одной из самых популярных методик диагностики сердечнососудистых заболеваний в современном мире.

Большинство людей в пожилом возрасте иногда ощущают эктопические желудочковые сокращения сердца, которые при этом не вызывают никакие другие симптомы. Как правило, аномальные сокращения располагаются на крупных (низкочастотных) масштабах, а нормальные структуры - на более мелких (высокочастотных)

масштабах. Временные ряды интервалов между сердечными сокращениями нестационарны и демонстрируют сложное поведение. Особенностью таких сигналов является присутствие «рваных» структур, вид которых на ЭКГ изменяется при наличии сердечных отклонений. Этот метод способствует сжатию изображений практически без потерь диагностической информации.

Вейвлет-преобразование позволяет получить исчерпывающую информацию, находящуюся в частной и временной областях. Эта особенность играют важную роль в выборе аппарата вейвлет-преобразования для анализа ЭКГ, успешно применяемого в анализе частотно-временных характеристик компонентов сигнала. Данный метод позволяет сжимать изображения с минимальными потерями диагностической информации.

На рисунке 1 представлен исходный ЭКГ-сигнал.

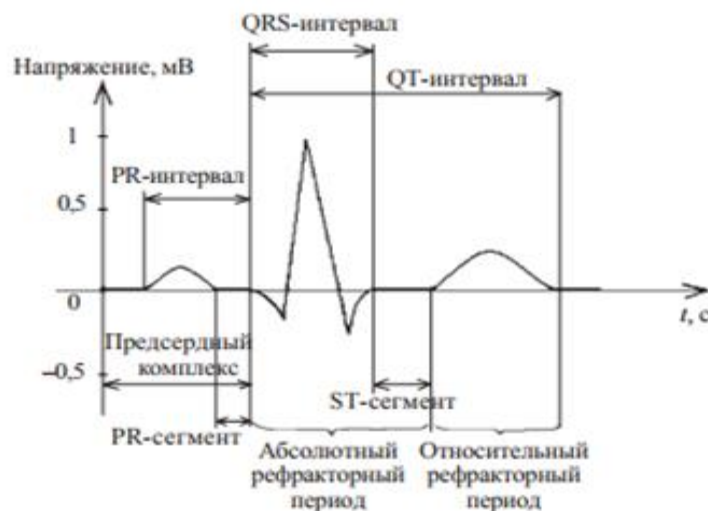


Рис.1. Исходный ЭКГ- сигнал.

Процесс анализа кардиосигнала делится на две стадии (рис. 2):

- 1) стадия предварительной обработки;
- 2) стадия выделения признаков

Первая стадия (стадия предварительной обработки) заключается в удалении шумов (высокочастотных компонентов кардиосигнала). В результате удаления шума происходит сжатие и сглаживание ЭКГ-сигнала.



Рис. 2. Структура обработки ЭКГ-сигнала

Зашумленный сигнал в простейшей модели имеет вид: $s(n) = f(n) + \sigma \cdot e(n)$, где $f(n)$ - полезный сигнал, σ - уровень шума, $e(n)$ - гауссов белый шум, т.е. стационарный шум, для которого математическое ожидание равно нулю, а дисперсия равна единице.

При вейвлет-преобразовании сигнал делится на аппроксимирующие коэффициенты, представляющие сглаженный сигнал и детализирующие коэффициенты, описывающие колебания. При использовании процедуры обнуления эти составляющие могут быть

удалены. В настоящее время процедура пороговой обработки (трешолдинг) является перспективным методом очистки кардиосигнала от шума.

Трешолдинг делится на два вида:

1) жесткий трешолдинг (все коэффициенты, превышающие некоторый порог, остаются, а остальные относятся к шуму, поэтому обнуляются)

$$f(x) = \begin{cases} x, & |x| \geq t \\ 0, & |x| < t \end{cases} \quad (1)$$

где t – некоторый порог

2) мягкий трешолдинг

$$f(x) = \begin{cases} x - t, & x \geq t \\ 0, & |x| < t \\ x + t, & x < -t \end{cases} \quad (2)$$

Чтобы определить пороговые значения можно использовать следующие методы:

1) *SQR – LOG* метод

$$t = \sqrt{2 \left(\frac{(\text{median} \{c(i)\}, i = 1..n)}{0,6745} \right)^2 \ln(n)} \quad (3)$$

где 0,6745 – оценка среднеквадратичного отклонения белого Гауссова шума, $c(i)$ – вейвлет-коэффициенты.

2) метод Берга-Массара

$$t = |c(z)|, \\ z = \arg \min \left[-\sum \{c^2(i), i < k\} + 2\sigma^2 k \left(a + \ln \left(\frac{n}{k} \right) \right) \right] \\ k = 1 \dots n, \quad (4)$$

где σ^2 – дисперсия шума, a – параметр разреженности $a \geq 1$

Величина параметра разреженности определяет степень подавления имеющихся в сигнале шумов, поэтому является главной в методе Берга-Массара.

3) метод Штейна

$$T_m = \arg \min [SUPER], t \geq 0 \\ SUPER(W) = \sigma^2 - \frac{1}{N} \left(2\sigma^2 \cdot \# S \{n : |W(m, n)|\} - \sum_{k=1}^L \min (|W(m, n)|)^2 \right) \quad (5)$$

где $W(m, n)$ – вейвлет-коэффициенты на уровне разложения m ,

L – длина вектора вейвлет-коэффициентов $W(m, n)$ на уровне m ;

σ^2 – дисперсия шума,

$\# S$ – мощность множества S

В стадии выделения признаков из кардиосигнала происходит извлечение требуемой информации (зубы, комплексы и т.д.).

Процедура обнаружения важных координат точек кардиосигнала состоит из нескольких этапов:

1. выделение QRS-комплексов
2. удаление QRS-комплексов
3. выделение Р и Т зубцов

При помощи методов анализа ЭКГ-сигнала на основе вейвлет-преобразований в

системе электрокардиографии происходит «очистка» кардиосигнала от шумов без потери информации. Метод позволяет обнаруживать важные координаты точки кардиосигнала, а также значительно увеличивает точность обнаружения зубцов.

Автоматический анализ результатов ЭКГ позволит наблюдать и выявлять отклонения состояния больных на разных этапах обследования и даст возможность ранней диагностики нарушений работы сердца.

Литература:

1. Дубровин, В. И. Усовершенствование методов анализа экг-сигналов на основе вейвлет-преобразования в системе электрокардиографии высокого разрешения/ В.И.Дубровин, Ю.В. Твердохлеб. - Радиотехника, информатика, управление, №1, 2011.
2. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB.-М.: ДМК Пресс, 2008.
3. Власюк, А.В. Повышение качества изображений с помощью вейвлет-преобразований/ А.О.Казначеева. - Научно-исследовательский психоневрологический институт имени В.М.Бехтерева, 1998.
4. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М.Астафьева. – Успехи физических наук, том 166, 11 — 1996.

УДК 620.19

Обнаружение дефектов при термической обработке заготовок в металлургическом производстве

Шумарова Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и управление в технических системах»;

Колбанов Яков Александрович, студент направления «Управление в технических системах»;

Станкова Алина Александровна, 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 рассмотрена актуальная на сегодняшний день проблема обнаружения дефектов при термической обработке заготовок в металлургическом производстве. Проанализированы особенности методов устранения дефектов металлов. Рассмотрена задача автоматизации сортировки деталей в зависимости от качества, а также возможность обнаружения и идентификации дефектов с помощью вейвлет-преобразования.

В настоящее время термообработка деталей – это неотъемлемая часть производства современного машиностроения, механизмов, приборов, а также инструментов. Результаты термической обработки, несмотря на ее малые затраты (не выше 2-10% полной себестоимости), оказывают огромное влияние на улучшение качества металла и отдельных

изделий.

Ведущей целью термической обработки можно назвать устранение внутренних напряжений детали, повышение качества обработки материала, улучшение механических свойств изделий до тех значений, которые от них требуются и создание специальных свойств. Термическая обработка может быть предварительной и окончательной в зависимости от ее цели и видов.

Для своего полноценного завершения большинства превращений требуется определенный промежуток времени. Следовательно, процесс термообработки металлов можно отнести к трем последовательным операциям:

1. Нагрев металла с установленной скоростью до требуемой температуры
2. Выдержка при данной температуре в течение определенного времени
3. Охлаждение с заданной по процессу скоростью.

От направления изменения свойства определенного стального изделия, применяются различные виды термообработки.

Существуют различные причины дефектов при термической обработке. Некоторые из них обусловлены непосредственно с самим процессом термической обработки. Другие с характером стали, технологией изготовления детали, с ее конструкцией. Так же дефекты возникают при нарушении изменения температурного режима, неправильной загрузки деталей в печь, неправильно выбранной атмосферы.

Дефекты металлических изделий подразделяются на металлургические, литейные и приобретенные при термической обработке (рис.1).

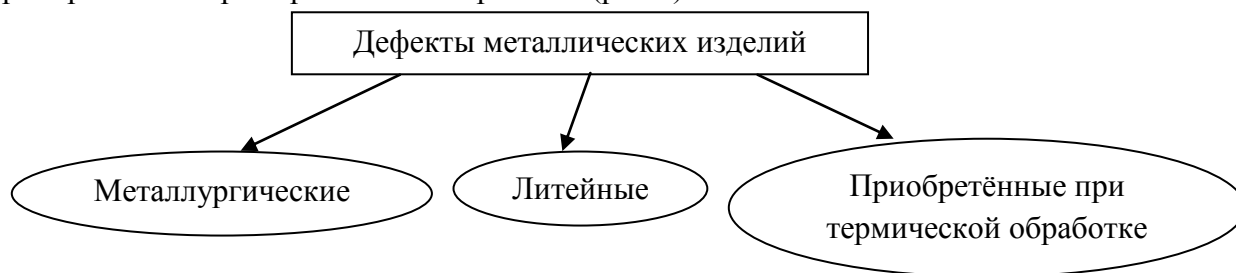


Рис.1. Дефекты металлических изделий.

К металлургическим дефектам относят зональную и дендритную ликвации, флокены, неметаллические включения.

К литейным дефектам относятся холодные и горячие трещины, поры, раковины.

К приобретенным дефектам при термической обработке относятся перегрев, пережог, обезуглероживание.

Зональная и дендритная неоднородность наблюдается при кристаллизации сталей и сплавов в литых изделиях. Сплавы такой структуры строения тяготеют к возникновению волокнистой структуры, карбидной неоднородности, полосчатости. Строчечность и волокнистость определяет различие физических свойств вдоль и поперек направления искажения, изменчивость характеристик изделий при повышенных температурах, пониженную пластичность.

Борьба с зональной ликвацией ведется посредством влияния на процессы кристаллизации при литье, возможен также подбор соответствующих параметров горячей пластической деформации. Неметаллические включения относятся к продуктам реакций, которые происходят в процессе выплавки и раскисления сплавов. Они появляются в слитке из футеровки и шлака.

Основной способ уменьшения неметаллических включений заключается в рафинировании и раскислении расплавов. Использование различных способов переплава для

сталей, способствуют снижению содержания в них фосфора и серы, которые являются главной причиной появления включений.

Флокены – это мелкие трещины, ширина которых может достигать сотых долей миллиметра. Эти дефекты схожи с острыми надрезами, которые снижают механические свойства и стойкость деталей, поэтому нельзя допустить их присутствия в изделиях. При их обнаружении, обычно, бракуется вся плавка. К образованию флокенов склонны подвергаться легированные (хромоникелевые, хромоникельмолибденовые и др.) стали после горячей пластической деформации. В сталях с аустенитной, ледебуритной и ферритной структурой, эти дефекты встречаются редко. Данные дефекты, как правило, встречаются в центральных зонах массивных изделий, следовательно, с увеличением размера детали, увеличивается и число дефектов. Повышенное содержание водорода – основная причина образования флокенов. Повышение давления, вызывающее разрывы и образование трещин, происходит вследствие повышенного содержания водорода. Литейные трещины подразделяются на горячие и холодные. Первые возникают при высоких температурах, с неровной сильно окисленной поверхностью, проходят по границам зерен. Причина образования данного дефекта – концентрация напряжений в отдельных частях отливки. Холодные трещины появляются при охлаждении отливок из-за термических напряжений. Основной причиной появления трещин является различная скорость охлаждения тонких и массивных частей отливок. Регулирование скорости охлаждения или применение изотермических выдержек – способ устранения таких трещин.

К дефектам, приобретенным при термической обработке, относят перегрев, пережог, обезуглероживание. Перегрев приводит к росту зерна, тем самым понижая пластичность и вязкие свойства деталей. Пережог появляется вследствие диффузии кислорода по границам зерен и появления окислов, которые разделяют зерна при высоких температурах сплава, что приводит к падению прочности, пластичность, при этом, почти равна нулю. Пережог – неисправимый брак. Обезуглероживание поверхности стали вызывает кислород, который содержится в продуктах сгорания топлива и является причиной появления такого дефекта. Малое содержания углерода в поверхности стали приводит к понижению ее износостойкости, твердости, прочности. Главный способ борьбы – употребление при нагреве контролируемых атмосфер или соляных ванн.

Основа термической обработки – соблюдение определенной последовательности технологических процессов по нагреванию, выдержке и охлаждению металлов.

Важнейшими преимуществами термообработки являются:

1. Повышение износостойкости, т.е. продление срока деятельности
2. Маленький процент бракованных изделий
3. Экономия средств и ресурсов на производстве

В связи с тем, что современная технология обработки изделий требует повышения скоростей автоматического контроля и включения систем контроля непосредственно в технологическую линию, возникает задача автоматизации сортировки деталей в зависимости от качества, а также обнаружения и идентификации дефектов.

Анализ научно-технической информации показал перспективность использования для автоматизации нахождения дефектов деталей аппарата вейвлет-преобразований как для локализации неоднородностей в сигнале, так и для последующего выделения классификационных признаков для каждого из альтернативных классов распознаваемых дефектов.

При применении вейвлет-преобразований к сигналам дефектов по значениям

коэффициентов разложения можно судить о виде дефекта, так как наборы коэффициентов различаются. Вследствие того, что наиболее часто встречающиеся дефекты поверхностного слоя деталей имеют различную форму, и следовательно, различаются спектры вейвлет-коэффициентов, предоставляется возможность разработать методику автоматического выявления дефектов поверхностного слоя деталей.

Данный подход к анализу прост и понятен, легко реализуется с помощью математического пакета MATLAB и специального приложения Wavelet Toolbox, содержащих большой набор готовых функций и средств графического отображения.

Таким образом, анализ с помощью предложенного приложения позволит автоматически обнаруживать дефекты деталей и анализировать качество поверхности деталей при термической обработке, что позволит управлять и контролировать технологический процесс термической обработки деталей.

Максимально возможная степень автоматизации контроля качества на этапе термической обработки позволяет целенаправленно воздействовать на причины возникновения выявляемых типов неоднородностей, снижает себестоимость контроля качества и охватывает больший объем выборки контролируемых изделий, что повышает эффективность всей системы мониторинга.

Литература:

1. Новокрещенова С.М., Виноград М.И. Технический анализ в металлургии/ С.М. Новокрещенова, М.И. Виноград.- Дефекты стали, 2011.
2. Беляев С.В., Леушин И.О. Основы металлургического и литейного производства/ С.В. Беляев, И.О. Леушин.- Металлургия.- Ростов на Дону: Феникс, 2016.
3. Буряковский Г.А., Мининзон Р.Д. Поверхностные дефекты легированных сталей/ Г.А. Буряковский Г.А., Р.Д.Мининзон.- Поверхностные дефекты легированных сталей, 2002.

УДК 681.5

Методы распознавания изображений

Шумарова Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информатика и управление в технических системах»;

Жуматий Анастасия Витальевна, студентка 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 рассмотрена актуальная на сегодняшний день проблема исследования методов распознавания изображений. Существуют 4 основных метода распознавания изображений: корреляционный, признаковый, корреляционно-признаковый, синтаксический. Распознавание изображений это сложная процедура. Выбор того или иного метода зависит от многих факторов. Одним из примеров распознавания изображений является задача распознавания лиц на основе вейвлет-преобразований

В настоящее время одно из самых интенсивно развиваемых направлений

исследований является распознавание изображений, имеющее давнюю историю и большое практическое применение.

Сначала распознавание изображений использовалось для машинного считывания рукописных цифр. Сейчас же зона его применения значительно расширилась. Распознавание изображений применяется как в производственных процессах (измерение, контроль, сборка, сортировка), так и для распознавания человека, медицинской диагностики, количественной оценкой экспериментальных данных т.д.

Под процессом распознавания изображения понимаются технология, которая получает, обрабатывает и анализирует изображения реального мира, для того, чтобы представить его цифровую и символьную информацию.

Как правило процесс распознавания изображений с помощью компьютера заключается в следующем.

1. Получение информации об изображении при помощи камеры или другим способом и преобразование ее в цифровую информацию. Затем каждый кадр делится на большое число элементов, к которому приписывается цвет и контрастность.

2. Предварительная обработка. Нормализация для сравнения с эталоном, удаление шумов, сегментация (выделение локальной информации, необходимой для распознавания) и т. п.

3. Выделение признаков. Признаки каждого изображения имеют разные уровни. Методы выделения признаков бывают локальными и глобальными. Примером локального метода может служить обнаружение границ, а примером глобального метода являются кластеризация и метод расширения областей.

В общем случае для распознавания изображения применяются четыре метода.

- 1) Корреляционный метод. Этот метод предусматривает принятие решений на основе критерия схожести с эталонами. Данный метод применяют при обнаружении и распознавании изображений в системах слежения, навигации, промышленных роботах. Он считается базовым, а также обладает хорошей помехоустойчивостью, но относительно других методов наиболее трудоемкий.

- 2) Признаковый метод. Данный метод является менее трудоемким и основан на переходе в пространство признаков. Выполняется корреляционная обработка признаков, которые получены от эталона и входного изображения в зависимости от того какая задача представлена. Затем возникает задача объединения и комплексной обработки признаков разнообразной размерности (метрических, статистических, логических, текстурных и т.д.), которые получены различными измерительными системами для решения задачи распознавания.

- 3) Корреляционно-признаковый метод представляет собой обработку признаков статистическими методами. Данные признаки получают следующим образом: сначала применяется метод частных корреляций для различных частей эталонного изображения, а затем в сигнальном пространстве полученные корреляционные коэффициенты рассматриваются как признаки. Самой важной проблемой в признаковых методах является выбор признаков.

Существуют следующие правила выбора признаков:

1. Признаки изображений одного класса различаются только незначительно (за счет влияния шумов и помех);
2. Признаки изображений разных классов должны значительно различаться;
3. Набор признаков должен быть минимальным (от их количества зависит

надежность, сложность, скорость обработки).

4. Синтаксический метод. Данный метод основан на получении структурных и грамматических признаков, когда в изображении выделяются непримитивные элементы. Применяются правила соединения этих элементов, одинаковые для эталона и входного изображения. Анализ полученной таким образом грамматики обеспечивает принятие решений.

Одним из главных примеров исследований по распознаванию изображений является задача распознавания лиц на основе вейвлет преобразований. Задача распознавания лиц, это одна из важных практических задач, которая послужила толчком для развития теории распознавания объектов.

Как правило процесс распознавания лиц состоит из двух этапов:

1. Поиск на изображении области лица
2. Сравнение найденного лица с лицами, которые находятся в базе данных.

Вейвлет-преобразование делит данные или функции на части с различными частотами. Затем каждая часть изучается с разрешением, подходящим масштабу. Этот метод используют для сравнения компонент, которые характеризует цветные изображения, с компонентами, описывающими неизвестные изображения. Коэффициенты вейвлет-преобразования содержат в себе информацию об рассматриваемом процессе и о том, какой из вейвлетов используется.

Исходя из того, какую информацию необходимо получить из процесса, делается выбор анализирующего вейвлета. Если использовать разнообразные вейвелеты, можно более подробно установить и подчеркнуть те или иные свойства рассматриваемого процесса. Это возможно потому, что каждый вейвлет имеет отличительные особенности в частотной и временной областях. Операция распознавания изображений это сложнейшая, иерархичная процедура. Иерархичность объясняется тем, что разного рода задачи обработки в конечном итоге тесно связаны между собой и качество решения одной из них оказывает влияния на выбор метода решения других.

Таким образом выбор метода распознавания зависит от определенных условий предъявления входных изображений, включая характер фона иных изображений, помеховой обстановки. Так же выбор метода распознавания связан с выбором методов предобработки, сегментации, фильтрации. Задача обнаружения лица является одним из самых распространенных примеров в числе задач распознавания изображений. Нередко данная задача является «первым шагом» в процессе решения задачи высочайшего уровня. Примером данных задач могут служить задачи распознавания выражения лица. Эта задача носит важную практическую перспективу и создает большой исследовательский интерес.

Литература:

1. Буй Тхи Тху Чанг, Спицын В.Г. Разложение цифровых изображений с помощью двумерного дискретного вейвлет-преобразования и быстрого преобразования // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 5. – С. 73–76
2. Гиренко А.В., Ляшенко В.В., Машталир В.П., Путятин Е.П. Методы корреляционного обнаружения объектов. Харьков: АО “БизнесИнформ”, 1996. 112 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с
4. Путятин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. М: Машиностроение, 1990. 320 с.

Основные принципы разработки пользовательского интерфейса для автоматизированных систем

Щеголев Сергей Сергеевич, доцент кафедры «Атомная энергетика»;

Мотков Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры
«Информатика и управление в технических системах».

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

*Рассмотрена методика обеспечения контроля колец подшипников, произведённой
автоматизации разработанного алгоритма выявления дефектов в кольцах подшипников.*

Под термином интерфейс подразумевают совокупность технических, программных и методических средств взаимодействия в вычислительной системе пользователей с устройствами и программами, а также устройств между собой. В свою очередь интерфейс пользователя — набор методов взаимодействия компьютерной программы с пользователем. Из определения следует, что пользовательский интерфейс представляет собой не только визуализацию экранов программы, которые видит пользователь. В это понятие также входит набор задач пользователя, решаемых с помощью системы, внутренняя навигация в программе между модулями, взаимодействие и обратная связь с пользователем, средства отображения информации, технология ввода данных, подсистема поддержки принятия решений.

Получение максимально понятного для большинства пользователей интерфейса является главной задачей, стоящей перед разработчиком. Для ее осуществления следует придерживаться ряда принципов и правил.

1. Работа с системой должна осуществляться при наименьших затратах, усилиях со стороны пользователя.

День недели	Специализация	Начало приема	Конец приема	Действие
Пн		Выходной		
Вт	УЗИ	14:00	19:00	20 Включить онлайн запись
Ср		Выходной		
Чт		Выходной		
Пт		Выходной		
Сб	УЗИ	09:00	13:00	20 Включить онлайн запись
Вс		Выходной		

Рис. 1. Автоматизация заполнения полей в зависимости от предварительно вводимой информации

а) Принцип минимального рабочего усилия (рисунок 1). Минимизация усилий пользователя. Подразумевает автоматизацию всех задач, которые можно выполнить без непосредственного привлечения пользователя. Исключение дублирования вводимой информации и применение удобных устройств ввода для поставленной задачи.

б) Принцип минимального объема памяти пользователя (рисунок 2). Исключение или

сведение к минимуму лишней информации, выводимой программой для пользователя. Обеспечение помощи при вводе информации в соответствующие поля, использование понятных пиктограмм.

Рис. 2. Вывод подсказок для заполняемых полей

в) Принцип минимального времени на обучение. Построение диалога с системой для выполнения самых необходимых функций и постепенное обучение в процессе работы.

г) Принцип стандартизации и согласованности элементов интерфейса (рисунок 3). Важно использовать одни и те же элементы управления программой согласованно по одному шаблону. Применять понятные обозначения для одинаковых функций с другими приложениями.

Рис. 3. Использование понятных пользователю обозначений в разрабатываемом приложении

2. Работа с системой должна осуществляться с учетом возможностей, привычек и предпочтений пользователя.

а) Принцип учета уровня знаний пользователя в области программных систем. Возможно использование системы пользователями с различным уровнем технической грамотности. Важно предусмотреть взаимодействие с новичками, либо обеспечить несколько уровней взаимодействия.

б) Принцип учета профессиональных навыков пользователя (рисунок 4). Интерфейс системы должен соответствовать области, в которой работают пользователи, термины и пояснения должны выводиться на профессиональном языке, диалог должен быть приближен к принятому для данного вида деятельности.

Рис. 4. Использование понятных пользователю обозначений в разрабатываемом приложении

в) Принцип учета физических и психических особенностей конкретного пользователя. Данный вариант взаимодействия системы с пользователем возможен крайне редко, например, в "интеллектуальных" системах на основе анализа особенностей и определения типа пользователя.

г) Принцип учета общепринятых ассоциаций, привычек, традиций (рисунок 5). Например, восприятие красного цвета, как цвета опасности. В связи с этим, красный цвет используют при выводе ошибок или предупреждений. Влияние на восприятие оказывает также расположение элементов, например, следуя логике чтения элементов слева направо, опцию "Выход" правильно размещать в правом углу.

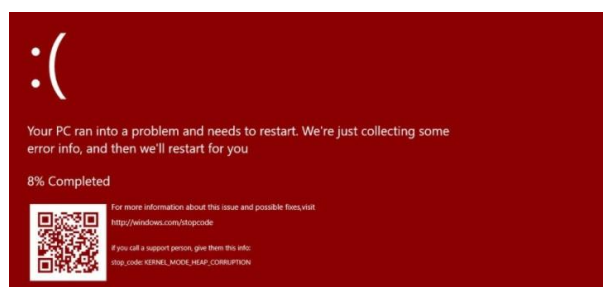


Рис. 5. Вывод информации об ошибке

3. Процесс решения задачи должен быть ясным, понятным пользователю.

а) Принцип отображения текущего состояния процесса (рисунок 6). В каждый момент времени пользователю важно понимать состояние процесса, для этого следует выводить пояснения о текущем статусе пользователя, состоянии процесса и так далее.

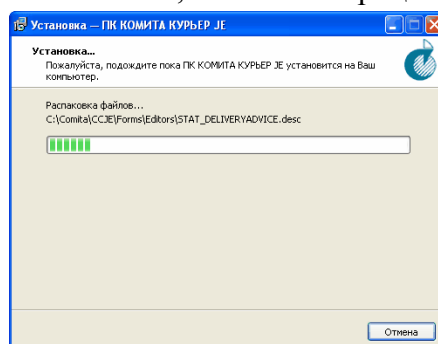


Рис. 6. Строка состояния процесса установки приложения

б) Принцип визуализации (рисунок 7). Заключается в выводе на экран пользователя модели процесса, в которую он может вносить изменения. То есть представление результата в реальном времени.

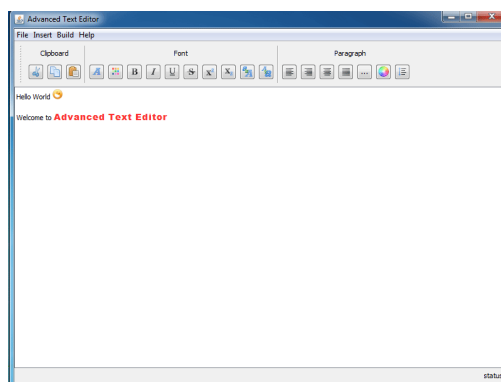


Рис. 7. Окно визуального текстового редактора с возможностью просмотра результата

в) Принцип помощи пользователю (рисунок 8). В каждый момент времени пользователь должен иметь возможность получить подсказку или другую помощь в виде всплывающей информации или перехода в соответствующий раздел поддержки.

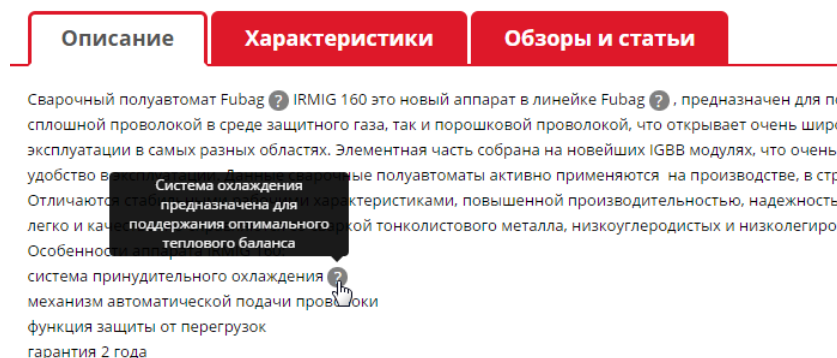


Рис. 8. Вывод всплывающих подсказок

г) Принцип объяснения результатов (рисунок 9). Результаты, полученные в ходе работы с программой, должны быть понятны пользователю, либо дано логическое объяснение выведенного заключения.

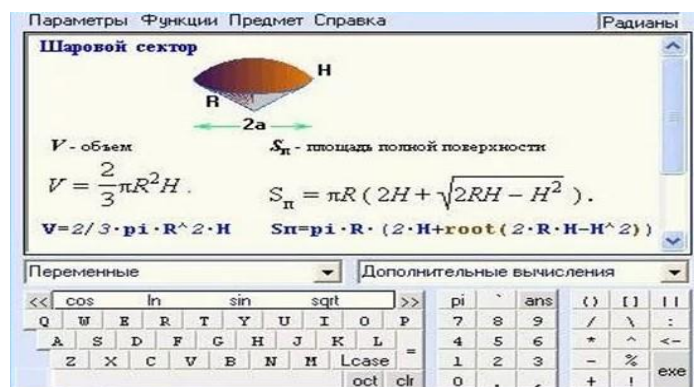


Рис. 9. Подробное описание полученного результата выполнения программы

4. Работа с системой должна обеспечивать максимальную надежность результата.

а) Принцип диагностики ошибок и отказов. В связи с непредсказуемостью поведения пользователя в процессе работы с программой, необходим вывод и фиксация полученных ошибок и предупреждений в процессе работы с программой. Также правильный вывод информации пользователю для исключения неправильного восприятия выявленной проблемы.

б) Принцип контроля доступа (рисунок 10). Необходимость отслеживания доступа разных групп пользователей к модулям программы для избегания несанкционированного доступа к закрытым ее частям, а также группировка пользователей в зависимости от предоставленных им функций.

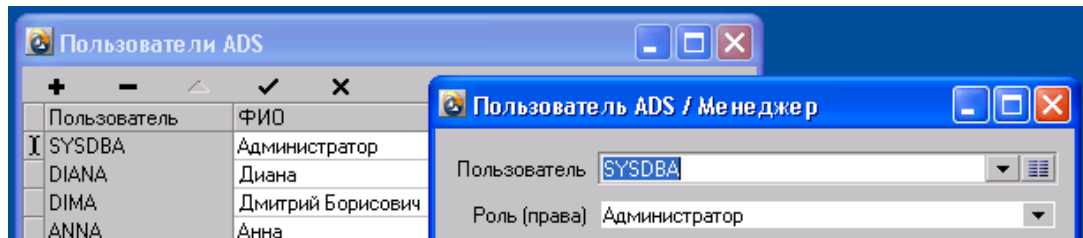


Рис. 10. распределение прав пользователей

5. Процесс решения задачи должен быть управляемым и гибким.

а) Принцип активности пользователя. Предоставление возможности пользователю выполнять ряд команд в зависимости от его предыдущего поведения в программе. Автоматизированная система запоминает поведение конкретного пользователя и выводит для его удобства дополнительные функции для работы.

б) Принцип открытости, изменяемости системы. Автоматизированные системы относятся к классу изменяемых систем в процессе эксплуатации под нужды конкретного пользователя или группы пользователей. Идеальным является вариант открытого исходного кода для внесения изменений в уже существующее ядро программы.

Понятие открытых систем включает в себя:

- переносимость - возможность переноса и масштабирования системы
- интероперабельность - возможность интеграции в стороннюю систему
- расширяемость - возможность добавления внешних компонент

В процессе разработки важно определение основных структурных модулей и функционала каждого из них. Интерфейс не должен быть перегружен лишними функциями и оставаться максимально простым для конечного пользователя. Интерфейс должен быть ориентированным на человека, учитывать тот факт, что все люди обладают разным уровнем

технической грамотности, имеют определенные поведенческие привычки при взаимодействии с программой. Например, увидев знак "X" на кнопке, пользователь будет ожидать закрытие модуля при нажатии на нее. Таким образом, при разработке стоит использовать известные всем элементы правильно, а при добавлении новых делать их интуитивно понятными.

Основной особенностью разработки интерфейса является минимизация всех действий пользователя с целью упрощения выполнения задач в программе и минимизации времени, отводимого на их выполнение. Качество интерфейса прямо пропорционально эффективности взаимодействия пользователя с программой.

Пользователю не важно, какой язык программирования использовался при написании программного продукта или как организовано хранение вводимых данных. Единственное, что он может оценить – качество пользовательского интерфейса и скорость работы приложения.

Литература:

1. Раскин Д. Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. М.: Символ плюс. 2007. 272 с.

СЕКЦИЯ 4. «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Технологии обработки бетонных поверхностей строительных конструкций

Бойчук Сергей Васильевич, ассистент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Коблова Елена Алексеевна, студентка 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.

Аннотация: Описание бетонных покрытий с упрочненным верхним слоем. Применение технологий с внедрением сухой строительной смеси в бетонные покрытия. Области применения смесей для упрочнения бетона.

Бетонные покрытия с упрочненным верхним слоем в современном строительстве широко распространены, выполнить их качественно можно соблюдая несложные технологические работы, которые заключаются во внесении специальной смеси на свежую поверхность. Составы изготавливаются на основе гидравлических вяжущих, к которым добавляются минеральные заполнители. Использовать такие типы смесей возможно для изготовления керамических покрытий, в промышленности для получения упрочненных поверхностей для различных типов зданий и сооружений, таких как станции техобслуживания, производственные цеха и склады.

В промышленности основную долю покрытий занимают именно бетонные, которые после укладки могут быть упрочнены методом топпинга, основой такой методики является именно бетонная стяжка.

Бетонные покрытия с упрочненным верхним слоем создаются по технологии, которая предусматривает применение сухой строительной смеси на основе цемента высокой марки. В смеси с цементом взаимодействуют специальные добавки, которые называются премиксами. Работы производятся методом затирки, с помощью которого создается возможность получить прочную поверхность непосредственно на строительном участке, а не в заводских условиях.

Для упрочнения еще не затвердевшей бетонной поверхности смесь необходимо наносить через шесть часов после того, как завершатся работы по выравниванию поверхности. Для выполнения таких покрытий, применяется бетонная смесь, которая имеет марку не менее М-350, необходимо контролировать, чтобы при выполнении этого технологического процесса вовлеченный воздух по объему должен быть в пределах трех процентов.

После выполненного процесса укладки с уплотнением и разравненной бетонной смеси необходимо выдержать период времени без выполнения каких-либо процессов,

включая работы с воздействиями на поверхность, для возможности набора бетоном прочности. Достигается прочность бетона, при которой появляется возможность находиться на его поверхности человеку, продавливание в уложенный слой от воздействия веса человека должен составлять глубиной до пяти миллиметров. Необходимый период выдерживания бетонной смеси с соблюдением температуры в пределах 20°C по времени может составить от двух до шести часов, этот промежуток времени зависимости от влажности воздуха, скорости воздушных потоков и свойств бетона.

После того, как бетон наберет необходимый порог прочности, производят его предварительную затирку, этот процесс можно автоматизировать и выполнять с помощью бетоноотделочной машины. Такой тип машины снабжен с диском, с помощью которого есть возможность удаления тонкого просушенного верхнего слоя, так называемого «цементного молока», также с помощью машины производится выдавливания несвязанной воды на поверхность бетона.

Для упрочнения обработанной поверхности бетона, сухую смесь можно нанести как вручную, так и при помощи специальных распределительных тележек. При этом необходимо рассчитать расход сухой упрочняющей смеси на принятую площадь бетонной поверхности, который будет зависеть от типа смеси, ее цвета и эксплуатационных нагрузок. С целью равномерного распределения упрочняющей смеси, ее необходимо в процессе нанесения разделить на два этапа, при этом для лучшего и качественного выполнения рекомендуется их выполнять во взаимно перпендикулярных направлениях.

Сухая смесь уложенная на бетон, пропитывается влагой, которую он выделяет, этот процесс легко фиксируется по изменению цвета поверхности на более темный. Как показывает практика, для ускорения процесса смесь дополнительно увлажняют, но это только ухудшает качество, так как это приводит к образованию между упрочняющим слоем и слоем бетона воздушных прослоек, которые могут вызвать отслоение упрочняющего слоя.

После того, как смесь становится в водонасыщенном состоянии и ее поверхность изменится по цвету на более темный, можно производить затирку бетоноотделочной машиной. Затирку следует начинать с поверхностей, которые имеют сопряжение с другими поверхностями, как правило это участки около стен, колонн и дверных проемов. Поверхность последовательно обрабатывается не менее трех этапов, которые выполняются каждый относительно другого в взаимно перпендикулярном направлении внахлест. Таким образом, бетоноотделочная машина в пределах принятого участка для затирки должна выполнять движения по поперечному направлению предшествующему, величина нахлеста на единичном участке для каждого этапа выбирается в зависимости от размеров диска и принимается равным его радиусу, рекомендуемая схема движения машины представлена на рисунке 1. Перемещение машины должно быть спиралеобразным, для предотвращения смещения бетона в одну сторону.

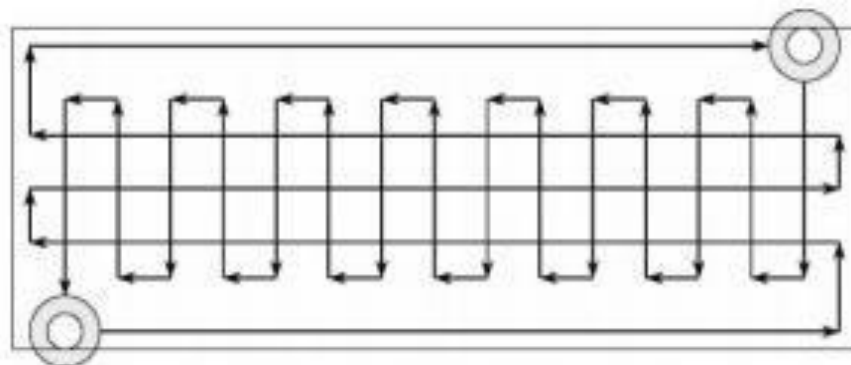


Рис. 1 Схема движения бетоноотделочной машины в пределах участка

Процесс затирки следует производить до получения однородно перемешанной смеси на поверхности, до полного пропитывания смеси цементной влагой и полного соединения смеси с поверхностным слоем бетона.

После завершения первого этапа затирки производят нанесение смеси, часть которой соответствует порядка 35% всего объема укладываемой затирки. Этот этап необходимо производить без временного простоя, так как смесь должна быть пропитана влагой до испарения воды.

Второй этап укладки смеси позволяет выровнять возможное неравномерное нанесение первой части, при этом процесс нанесения так же выполняется в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

После того, как смесь пропитается влагой, что будет видно по потемнению поверхности, сразу же приступают к выполнению следующего этапа затирки диском. Поверхность может быть дополнительно обрабатываться при помощи третьей и четвертой затирок, если необходимо более качественное втирание сухой смеси в поверхность бетона, при этом необходимо учитывать тип бетонной смеси и ее свойства по продолжительности твердения.

После того, как поверхность бетона набирает большую твердость и утрачивает часть своего блеска, можно приступать к выглаживанию поверхности. Выглаживание выполняется бетоноотделочной машиной с лопастями также в взаимно перпендикулярных направлениях.

Лопасті устанавливают с минимальным углом наклона, так как впоследствии с выполнением каждого следующего выглаживания угол наклона лопастей увеличивают. При выполнении этого процесса и условия, что покрытие становится в более сухом и твердом состоянии, необходимо устанавливать большую скорость работы затирочной машины. Интервал между выглаживаниями определяется по состоянию поверхности, которая должна стать матовой и при контакте не оставлять следы. Признаком окончания заглаживания служит образование ровной гладкой практически «зеркальной» поверхности.

Оптимальное время выполнения кюринга составляет от двух до четырех часов после укладки бетона, так как этот промежуток времени обеспечивает не испарение воды с поверхности бетона, что не приводит к образованию усадочных трещин. После окончания процесса выглаживания в качестве рекомендательного характера при необходимости предлагается нанесения незамедлительно лакокрасочных покрытий. Материал наносится на поверхность свежееуложенной смеси тонким равномерным слоем, так в ином случае это может привести к изменению однородности цвета поверхности и появлению пятен из-за высыхания бетона, с помощью распылителя промышленного типа.

В последствии всех процессов поверхность укрывается пленкой, с целью предотвратить загрязнение, окрашивание или повреждение поверхности. При выдерживании поверхности под пленкой в течении семи суток, необходимо контролировать температуру внешней окружающей среды и не допускать ее снижения меньше +5°C, относительная влажность воздуха не сильно должна отличаться от 60%.

Литература:

1. СП 29.13330.2011 Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88.
2. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87.
3. СП 27.13330.2011 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Актуализированная

редакция СНиП 2.03.04-84.

5. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85".

7. ГОСТ 30353-95 Полы. Метод испытания на стойкость к ударным воздействиям.

8. СТО 70386662-003-2006 «Смеси сухие. Для упрочнения верхнего слоя бетонного покрытия «Mastertop».

УДК 699.87

Модель деформирования дисперсно-армированных конструктивных элементов, находящихся в плоском напряженном состоянии и под влиянием радиационной среды

Гарибов Рафаил Баширович, доктор технических наук, профессор

«Промышленное и гражданское строительство»

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

«Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ», г. Балаково

Аннотация. В статье рассматриваются цилиндрические и прямоугольные конструктивные элементы, работающие в радиационной среде, изготовленные из армированного бетона (фибробетона), в условиях плоского напряженного состояния.

Конструктивные элементы, изготовленные по форме цилиндрических, или прямоугольных емкостей, работающих в условиях радиационной среды, часто изготавливаются из армированного бетона (фибробетона). Для цилиндрической емкости, как метода расчетной схемы, используется модель деформирования цилиндрической оболочки (осесимметричной или полубезмоментной). А для прямоугольной емкости основной расчетной схемой при анализе поведения – опирание по контуру. Материалы конструктивных элементов во всех случаях находятся в плоском напряженном состоянии. С учетом воздействия радиационного облучения рассмотрим физические соотношения для плоского напряженного состояния для фибробетона.

Физические соотношения под влияния облучения примем по формуле:

$$\begin{aligned}\sigma_x^{\phi\delta} &= \frac{\psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi)}{(1 - \nu_j^{\phi\delta 2}(e_u, \Phi))} [e_x + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi) \cdot e_y] - [1 + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi)] \cdot \psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi) \cdot \varepsilon_\Phi^{\phi\delta} \\ \sigma_y^{\phi\delta} &= \frac{\psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi)}{(1 - \nu_j^{\phi\delta 2}(e_u, \Phi))} [e_y + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi) \cdot e_x] - [1 + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi)] \cdot \psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi) \cdot \varepsilon_\Phi^{\phi\delta} . \\ \tau_{xy}^{\phi\delta} &= \frac{\psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi)}{2(1 + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi))} e_{xy}\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь $\sigma_x^{\phi\delta}, \sigma_y^{\phi\delta}, \tau_{xy}^{\phi\delta}$ – компоненты тензора напряжений, e_x, e_y, e_{xy} – компоненты тензора деформаций, причем по гипотезе Кирхгоффа-Лява:

$$e_x = \varepsilon_x + \chi_x z; e_y = \varepsilon_y + \chi_y z; e_{xy} = \varepsilon_{xy} + 2\chi_{xy} z; \quad (2)$$

где $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{xy}$ – деформация точек срединной поверхности, $\chi_x, \chi_y, \chi_{xy}$ – кривизны в этих точках, z – координаты рассматриваемых точек, отсчитываемые от срединной поверхности, e_u – интенсивность деформаций точки, определяемая выражением:

$$e_u = \frac{\sqrt{2}}{2(1 + \nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi))} \sqrt{(e_x - e_y)^2 + e_x^2 + e_y^2 + \frac{2}{3}(e_{xy}^2)}, \quad (3)$$

$$\nu_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi) = \frac{1}{2} - \frac{1 - 2\nu_0}{2E_0} \psi_j^{\phi\delta}(e_u, \Phi), \quad (4)$$

$$\psi_j^{\phi\delta} = \frac{\sigma_u^{\phi\delta}(e_u, \Phi)}{e_u}, \quad (5)$$

$\varepsilon_\phi^{\phi\delta}$ – распухание, вызываемой радиационным облучением, определяемое следующим выражением (6):

$$\varepsilon_\phi = \begin{cases} 0, & \Phi < \Phi_{2пор} \\ \delta \cdot \varepsilon_{max} \left[\exp(\nu \cdot (\Phi - \Phi_{2пор})) - 1 \right] / \left[\varepsilon_{max} + \delta \exp(\nu \cdot (\Phi - \Phi_{2пор})) \right], & \Phi \geq \Phi_{2пор} \end{cases} \quad (6)$$

где ε_{max} – максимальное значение радиационных деформаций для бетона данного состава, δ, ν – эмпирические коэффициенты, зависящие от радиационной деформативности заполнителя и энергетического спектра потока нейтронов, ε_{max} – максимальное значение радиационных деформаций для рассматриваемого состава, δ, ν – эмпирические коэффициенты, зависящие от радиационной деформативности заполнителя и энергетического спектра потока нейтронов.

Кинетика его изменения схематично показана на рис. 1.

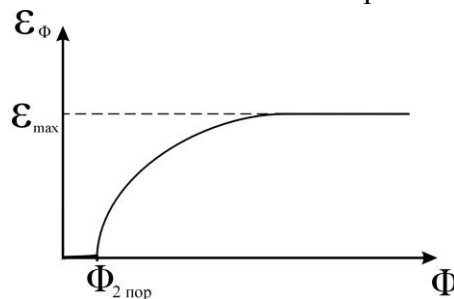


Рис. 1. Кинетическая схема изменения радиационной деформации (распухания)

Здесь ν_0, E_0 – коэффициент поперечной деформации и модуль упругости при малых линейных деформациях.

Используется следующая зависимость секущего модуля от дозы Φ (рис. 2, 3)

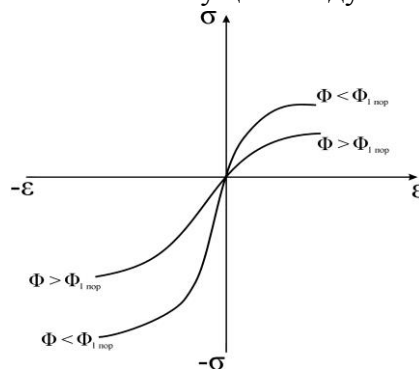


Рис. 2. График диаграммы деформирования бетона в радиационной среде с учетом изменения

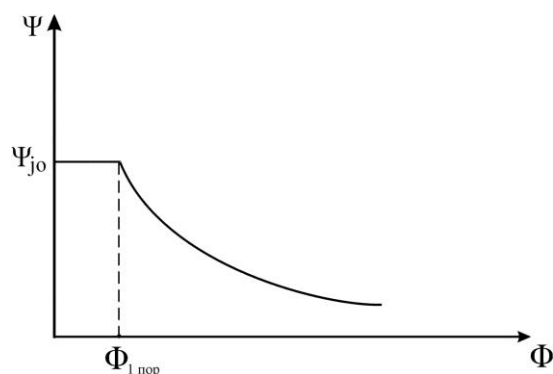


Рис. 3. Изменения в характере секущего модуль Ψ по мере увеличения дозы Φ

$$\psi_j^{\phi\delta} = \begin{cases} (A_j - B_j e_u^2), & \Phi < \Phi_{1пор} \\ (A_j - B_j e_u^2) f(\Phi), & \Phi \geq \Phi_{1пор} \end{cases}, \quad (7)$$

где $f(\Phi) = 1 - \alpha_1 \lg(\beta_1 \Phi)$.

В статье приведены коэффициенты, учитывающие поперечную деформацию и модуль упругости. Эти коэффициенты рассматриваются при малых линейных деформациях армированных конструкций.

Данная зависимость может использоваться еще в случаях, когда влияние радиационной среды приводит к изменению кривой деформирования – $\sigma_u^{\phi\delta}(e_u, \Phi)$. Когда влияние радиации приводит к изменению обобщенной кривой деформирования, зависимость может использоваться в следующем виде:

$$\psi_j^{\phi\delta} = \begin{cases} (A_j - B_j e_u^2), & \Phi < \Phi_{1пор} \\ (A_j(\Phi) - B_j(\Phi) e_u^2), & \Phi \geq \Phi_{1пор} \end{cases}, \quad (8)$$

где $A_j(\Phi) = A_{j0}(1 - \alpha_{j1}(\lg \beta_{j1} \cdot \Phi))$, $B_j(\Phi) = B_{j0}(1 - \alpha_{j1}(\lg \beta_{j1} \cdot \Phi))$.

В формулах (1), (3), (6), (8) принято считать, что любая точка конструкции находится в растянутом виде ($j=1$) если $\sigma_0 \geq 0$, и в сжатом виде ($j=2$), если $\sigma_0 < 0$.

Здесь σ_0 – среднее напряжение, определяемое следующим выражением:

$$\sigma_0^{\phi\delta} = (\sigma_x^{\phi\delta} + \sigma_y^{\phi\delta}) / 3. \quad (9)$$

Таким образом, в данном примере рассмотрен дисперсно-армированный материал (фибробетон). Для описания поведения при облучении в условия плоского напряженного состояния построены модели. Разработанная методика позволяет идентифицировать модели деформирования фибробетона.

Литература:

1. Гарибов Р.Б., Овчинников И.Г. Деформирование армированных пластинчатых элементов конструкций, подвергающихся радиационному облучению // Труды XXI международной конференции по теории оболочек и пластин. Саратов 14 – 16 ноября 2005 г. Саратов. СГТУ. 2005. С. 64-74.
2. Гарибов Р.Б., Матора А.В. Моделирование поведения армированных элементов конструкций с учетом влияния радиационного облучения // Вестник Самарского гос. Техн. Ун-та. Серия Физ-мат науки № 38 – 2005. С. 35-41.
3. Гарибов Р.Б. Учет влияния радиационных сред на армированные железобетонные оболочки // Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства. III

международная научно-практическая конференция. М. 6-7 апреля 2005 г. С. 274-278.

4. Гарибов Р.Б., Матора А.В. Влияние различных схем воздействия радиационных сред и нагрузок на армированные пластинчатые элементы конструкций// Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства. III международная научно-практическая конференция. М. 6-7 апреля 2005 г. С. 279-283.

5. Гарибов Р.Б., Согоцян Л.С. Напряженно-деформированное состояние пластинчатых элементов в условиях радиационного облучения// Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства. III международная научно-практическая конференция. М. 6-7 апреля 2005 г. С. 284-286.

6. Кабанин В.В., Гарибов Р.Б. Прочность и долговечность толстостенной цилиндрической оболочки в условиях радиационного облучения// Оценка риска и безопасность строительных конструкций. Первая международная научно-практическая конференция. Воронеж, 2006.

7. Гарибов Р.Б. К вопросу влияния различных схем воздействия радиационных сред и нагрузок на армированные пластинчатые элементы конструкций / Р.Б. Гарибов // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 13 (4), 2017. – С. 53-57.

8. Гарибов Р.Б., Овчинников И.Г. Моделирование осесимметричного деформирования дискретно армированной оболочки в условиях радиационного облучения / Р.Б. Гарибов, И.Г. Овчинников // Цифровые средства производства инженерного анализа: Сб. материалов Первой всерос. конф. с междунар. участием [Электронный ресурс]. – Электрон. дан.– Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2017. – С. 49-57.

УДК 69.001.5

К вопросам поиска альтернативных энергетик: биотопливо

Гарибов Рафаил Баширович, доктор технических наук, профессор

«Промышленное и гражданское строительство»

Акимова Элеонора Константиновна, студентка 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

Аннотация. В данной статье биотопливо рассматривается как альтернативный источник энергии. Особое внимание обращается на разделение биотоплива на виды и применение каждого из них в современности. В итоге автором делается вывод о степени развития этого направления в настоящее время.

В последнее десятилетие двадцатого века перед человечеством остро встал вопрос разработки и исследования новых альтернативных источников энергии. Эта задача возникла из-за приближающегося топливного энергетического кризиса и возросшего загрязнения окружающей среды. Требуется найти замену нефти и газу, которой станут новые альтернативные источники энергии. Вместе с развитием солнечной, ветряной, водородной энергетик появляется еще одно направление- применение биотоплива.[1]

Биотопливо – это топливо, полученное путем обработки биомассы.

Растительное и животное сырье, а также органические остатки производства и отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных могут быть использованы в качестве биомассы. Чаще всего применяются растения и отходы древесины.

Различают три вида биотоплива:

- Твердое (древесина, топливные гранулы и брикеты)
- Жидкое (биоэтанол, биобутанол, биометанол, биодизель)
- Газообразное (биогаз, биоводород)

Твердое биотопливо

Самое древнее топливо, которое использует человек - это дрова. Энергетические леса, которые состоят из быстропроизрастающих пород (тополь, эвкалипт и др.), выращивают для производства дров или биомассы в данный момент во всем мире. Балансовая древесина, которая не подходит по качеству для производства пиломатериалов, в основном идет на дрова и биомассу в России.

Топливные гранулы и брикеты — прессованные изделия из древесных отходов (опилок, щепы, коры, тонкомерной и некондиционной древесины, порубочные остатки при лесозаготовках), соломы, отходов сельского хозяйства (лузги подсолнечника, ореховой скорлупы, навоза, куриного помета) и другой биомассы. Древесные топливные гранулы, имеющие вид цилиндрических или сферических гранул диаметром от восьми до двадцати трех миллиметров и длиной от десяти до тридцати миллиметров, носят название пеллеты. На данный момент в России изготовление топливных гранул и брикетов экономически целесообразно только при больших масштабах.[2]

Жидкое топливо

Оно начинает приобретать популярность по причине своей экологичности и безопасности. Такое топливо производится путем обработки различного растительного сырья.

Жидкое топливо делится на следующие виды:

- Биоэтанол
- Биобутанол
- Биометанол
- Биодизель
- Биоэтанол

Занимает главенствующее положение в перечне жидких биотоплив. Область его использования — обычные автомобили, также в последнее время он применяется как биотопливо для домашних каминов. Сравнивая обычный бензин и биоэтанол в смеси с бензином, можно обнаружить целый ряд достоинств этой смеси как топлива: улучшение работы двигателя машины, увеличение его мощности, отсутствие перегрева двигателя, сажи, нагара и дыма.

Биоэтанол — отличная решение для тех, у кого есть камины. Так как в процессе горения не образуется дым, сажа и выделяется малое количество углекислого газа, биоэтанол применяется для отопления каминов даже в многоквартирных домах. Кроме того потери тепла, которые обычно имеют место при эксплуатации обычных каминов с наличием дымоходной трубы, полностью отсутствуют.

Производится по технологии спиртового брожения из сырья, которое содержит крахмал или сахар: кукуруза, зерновые, сахарный тростник, сахарная свекла. Экономически целесообразным является получение этанола из сырья, которое содержит целлюлозу.

Биобутанол

В сравнении с биоэтанолом биобутанол является более предпочтительным для двигателей как топливо, так как он лучше смешивается с бензином. Кроме того биобутанол может быть применен и как отдельное топливо. Для его получения используют традиционные культуры: сахарный тростник, кукурузу, пшеницу, сахарную свеклу. На данный момент обладает меньшей популярностью, чем биоэтанол.

Биометанол

Способ изготовления биометанола пока несовершенен, поэтому необходимо внедрять еще многие инновационные разработки. Планируется получение его путем биохимического преобразования морского фитопланктона, культивируемого в специальных водоемах. Однако массовое производство пока не налажено. Области использования биометанола такие же, как и у обычного метанола. Это производство ряда веществ (формальдегида, метилметакрилата, метиламинов, уксусной кислоты и др.), в качестве растворителя и антифриза.

Биодизель

Может быть применен в автомобильных двигателях как самостоятельное топливо, так и в смеси с привычным дизельным топливом. Он не производит отрицательного воздействия на окружающую среду, кроме того он продлевает срок службы серийных двигателей за счет того, что малое количество серы улучшает его смазочные способности. Биодизель производится как из растений (хлопок, соя, рапс), так и из жирных масел (пальмовое, рапсовое, кокосовое), водорослей.[3]

Газообразное топливо

Различают два основных вида газообразного топлива:

- Биога
- Биоводород

Биогаз

Продукт брожения органических отходов, в качестве которых могут использоваться фекальные остатки, сточные воды, бытовые отходы, отходы забойных производств, навоз, помет, а также силос и водоросли. Является смесью метана и углекислого газа. Кроме того органические удобрения являются еще одним продуктом переработки бытовых отходов при получении биогаза.[4]

Полученный биогаз может заменить обычный природный газ. Возможно использование в качестве биотоплива, выработка из него электроэнергии.

Биоводород

Может быть получен из биомассы следующими путями:

- Термохимическим
- Биохимическим
- Биотехнологическим

Биоводород применяется при производстве водородных топливных элементов на транспорте и в энергетике. Широкого применения на данный момент не имеет.[5]

Несмотря на богатство и разнообразие полезных ископаемых и лесных ресурсов, в области биотоплива Россия находится не на лидирующих позициях. Наиболее острым в этой области для России стоит вопрос о замене угля и мазута на древесное топливо в сфере теплоснабжения. [6]

Россия входит в тройку стран экспортеров топливных пеллет на европейском рынке. Всего около 20 % произведённых биотоплив потребляется в России.

В настоящее время биотопливо является перспективным и экономически целесообразным направлением, которое требует многочисленных исследований и разработок. [7]

Литература:

1. Егорова Т. А. Основы биотехнологии, 2003г.
2. Зуева О., Калайда М., Чичиров А. Биотопливо и бионанотехнологии, 2014г.
3. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: как возобновляемые источники энергии изменят наш мир, 2015г.
4. Альтернативные источники энергии [электронный ресурс <https://sites.google.com/site/alternativnyeistocnikienergii/biotoplivo>, дата обращения 05.03.2018]
5. Биотопливо. Виды и типы экологического топлива. [электронный ресурс <http://batsol.ru/vidy-i-tipy-biotopliva.html> дата обращения 05.03.2018]
6. Биотопливо [электронный ресурс <http://investments.academic.ru/733/> дата обращения 05.03.2018]
8. Биотопливо – новая старая отрасль в энергетике [электронный ресурс <http://novostienergetiki.ru/biotoplivo-novaya-staraya-otrasl-v-energetike/> дата обращения 05.03.2018]

УДК 699.87

Особенности расчета железобетонных конструкций, поврежденных коррозией

Гарибов Рафаил Баширович, доктор технических наук, профессор

«Промышленное и гражданское строительство»

Малофеев Ю.А., студент группы направления

«Промышленное и гражданское строительство»

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

Аннотация. Рассмотренные вопросы позволяют с учетом нелинейности деформирования, ползучести, коррозионных повреждений, энергетических потерь, необратимости деформаций вычислить жесткость, решить задачи прочности, деформативности, устойчивости, статически неопределимых систем, контактные задачи, задачи энергетической оптимизации железобетонных конструкций промышленных сооружений и зданий.

Строительные материалы, являющиеся составляющими компонентами железобетона, воспринимая внешние нагрузки и воздействия агрессивной среды размещения, в общем, характерны нелинейной и неравновесной связью между напряжениями, деформациями и временем энергетической и коррозионной диссипацией силового сопротивления.

Возможны три варианта последовательности приложения внешней нагрузки и воздействия агрессивной среды:

1. Внешняя нагрузка (собственный вес, технологические и климатические догрузки)

действуют первоначально, а воздействие агрессивной среды начинается после стабилизации напряженно-деформирования конструкций.

2. Внешняя нагрузка и агрессивная среда начинает действовать одновременно.

3. Конструкция подвергается воздействию агрессивной среды до приложения внешней нагрузки.

Вариант 1 является основным, вариант 2 - исключительным, вариант 3 - соответствует случаю коррозионных повреждений до монтажа сборных конструкций.

В статье исследуются особенности изменения силового сопротивления элементов железобетонных конструкций применительно к первому варианту (при дополнительном условии неизменяемости во времени внешней нагрузки и характеристик агрессивной среды).

Продвижение коррозионных повреждений бетона в глубину сечения конструкций зависит от его проницаемости, которое в свою очередь, определяется его структурой. Структура бетона меняется с изменением уровня действующих напряжений; в частности, при сжатии вначале примерно до $0,5R_{дл}$, поры и трещины обжимаются, проницаемость уменьшается, а затем с повышением уровня сжимающих напряжений ($0,5R < \sigma < R_{дл}$) трещины увеличиваются, объединяются с порами, превращаются в магистральные – проницаемость увеличивается. Соответственно, меняется кинетика продвижения фронта коррозионных повреждений. При малых уровнях напряжений продукты коррозии заполняют поры и часть трещин - колыматируют бетон; продвижение фронта коррозионных повреждений тормозится, затухает во времени и, в конце концов, прекращается-наступает стабилизация структуры коррозионного продвижения. Описанный тип коррозионного процесса может называться колыматационным. Дальнейшее повышение уровня обжатия бетона сопровождается объединением отдельных пор и трещин в магистральные, продукты коррозии вымываются, происходит фильтрация коррозионной среды, при которой скорость её продвижения стабилизируется, но само продвижение повреждений не прекращается. Такой тип процесса назовем фильтрационным. И, наконец, при высоких уровнях сжатия структурные связи бетона последовательно разрушаются, происходит лавинное увеличение скорости и глубины повреждений; бетон крошится, такой тип коррозионного процесса назван лавинным.

В работе [3] предложено общее уравнение кинетики продвижения коррозионного фронта:

$$\frac{d\Delta\delta}{dt} = -\alpha(\Delta\delta)^m; \text{ где } \Delta\delta = 1 - \frac{\delta}{\delta_{фк}} \quad (1)$$

где δ - глубина продвижения фронта повреждения к моменту времени t , (времени наблюдения t_0 - начало наблюдения), которое при $m \geq 1$ описывает колыматационный процесс; при $1 \geq m \geq 0$ описывает фильтрационный процесс; при $m < 0$ описывает лавинный процесс.

Для железобетонных конструкций длительной эксплуатации зданий и сооружений характерен колыматационный тип кинематики развития повреждений. В практических оценках и расчетах, как правило, учитывается наименее благоприятное значение $m=1$, для которого решение [1] имеет вид:

$$\delta(t) = [1 - \Delta\delta(t_0, t_0) e^{-\alpha(t-t_0)}] \delta_{фк} \quad (2)$$

в (1) и (2) α - параметр скорости и $\delta_{фк}$ - некоторая фиксируемая глубина (должны быть установлены экспериментально и зависят от сочетания номинаций бетона и коррозионной среды, влажности и температуры).

А-грань образца, контактирующая с агрессивной средой, повреждена частично ($x^* = p + \delta$):

Б-грань образца, контактирующая с агрессивной средой, повреждена полностью – имеется слой полного разрушения z^* ($x^* = p + \delta + z^*$);

δ -часть глубины, поврежденная частично (т.н. переходный слой),

p -часть глубины, сохранившей исходные характеристики силового сопротивления,

x^* -общая высота образца ($x^* = p + \delta + z^*$),

Q-условное обозначение характеристик силового сопротивления,

K^* -функция сохранения исходных характеристик силового сопротивления (коэффициент сохранения),

K_1^* -доля сохранения силового сопротивления на частично поврежденной грани.

Слой разрушенного бетона z^* может быть рассчитан с помощью таблицы 1.

Таблица 1.

Скорость образования z^*	
Степень агрессивности среды	Скорость для мн/год
Слабая	до 0,4
Средняя	от 0,4 до 1,2
Сильная	>1,2

Одновременно с коррозионными повреждениями бетона происходят аналогичные повреждения стальной арматуры. Эти повреждения уменьшают рабочее сечение арматурных стержней и снижают характеристики силового сопротивления арматурных сталей (табл.2).

Известно, что мгновенные деформации и деформации ползучести бетона имеют разные количественные показатели нелинейности. При решении большинства задач это предопределяет труднопреодолимые осложнения при расчетах.

Совокупно полученные результаты позволяют с учетом нелинейности деформирования, ползучести, коррозионных повреждений, энергетических потерь, необратимости деформаций вычислить жесткость, решить задачи прочности, деформативности, устойчивости, статически неопределимых систем, контактные задачи, задачи энергетической оптимизации железобетонных конструкций промышленных сооружений и зданий.

Таблица 2.

№ п/п	Степень воздействия агрессивной среды на арматурную сталь			
	Степень агрессивной среды	ГОСТ-13819-62	Скорость равномерной коррозии мм/год	Снижение прочности %
	1	2	3	4
1	Неагрессивная	1-3	0,001	0
2	Слабая	4-5	0,01-0,05	до 5
3	Средняя	6-7	0,05-0,5	до 9
4	Сильная	>7	>0,5	>10

Литература:

1. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона, Изд-во Харьковского госуниверситета, Харьков, 1968, стр.320.

2. Бондаренко В.М., Колчунов Вл. И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона, изд. АСВ, Москва 2004, стр.470.
3. Бондаренко В.М. Феноменология кинетики повреждений бетона железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивной среде, Бетон и железобетон №2, Москва, 2008.
4. Бондаренко В.М. Элементы диссипативной теории силового сопротивления железобетона. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, №2, Москва, 2014, стр.45-47.
5. Гарибов Р.Б. Сопротивление железобетонных элементов конструкций при воздействии агрессивных сред, СГТУ, Саратов, 2003, с. 220
6. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций, Москва, Наука, 1960.

УДК 691.32

Влияние фибры на свойства конструкций, выполненных из дисперсноармированного бетона

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

Зотов Л.Д., студент 1 курса 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

Аннотация: Статья посвящена новой технологии армирования с помощью волокон фибры. Рассмотрены суть технологии и влияние различных видов фибры на эксплуатационные параметры строительных конструкций.

Развитие современного строительного рынка предъявляет новые требования к качеству строительных материалов. Возрастающий спрос на объекты строительства ограничен сезонностью выполняемых работ и, как следствие, растущими объемами незавершённого производства. Устранению данного недостатка способствуют технологии улучшения технико-эксплуатационных характеристик бетона. Многочисленные процессы, связанные с заливкой бетона, благодаря применению микрофибры значительно ускорились и упростились, повысилась надёжность и долговечность зданий и сооружений.

Во избежании усадки и появления трещин при затвердевании, колебаний температур и ползучести бетон армируют. Однако такой способ трудоёмок, не даёт должного эффекта. Применение же фибры позволяет снизить количество арматуры в конструкции, сократить производственные расходы. [3] Фибра представляет собой дисперсные волокна, равномерно и разнонаправленно распределённых по всей массе песчано-цементного раствора. [4] Различают различные виды фибры, однако принцип их действия одинаков. Функции арматуры выполняют волокна. Распределяясь по всему объёму, они обеспечивают равномерное распределение нагрузок.

При замене арматуры на фибру толщина стяжки значительно уменьшается, но сохраняется ее несущая способность. [4] Также применение фибродобавок позволяет улучшить ряд характеристик бетона: увеличить прочность на растяжение, стойкость к деформациям, устойчивость к образованию трещин, повысить модуль упругости, ударную вязкость, улучшить гидратацию цемента, обеспечить пожаропрочность и температурную стойкость конструкции. [4] Проявление в большей или меньшей степени перечисленных свойств, а также химической устойчивости фибробетона при реакциях зависит от типа используемой фибры. Различают стальную, стеклянную, базальтовую и пропиленовую фибры. (см.рис.1)

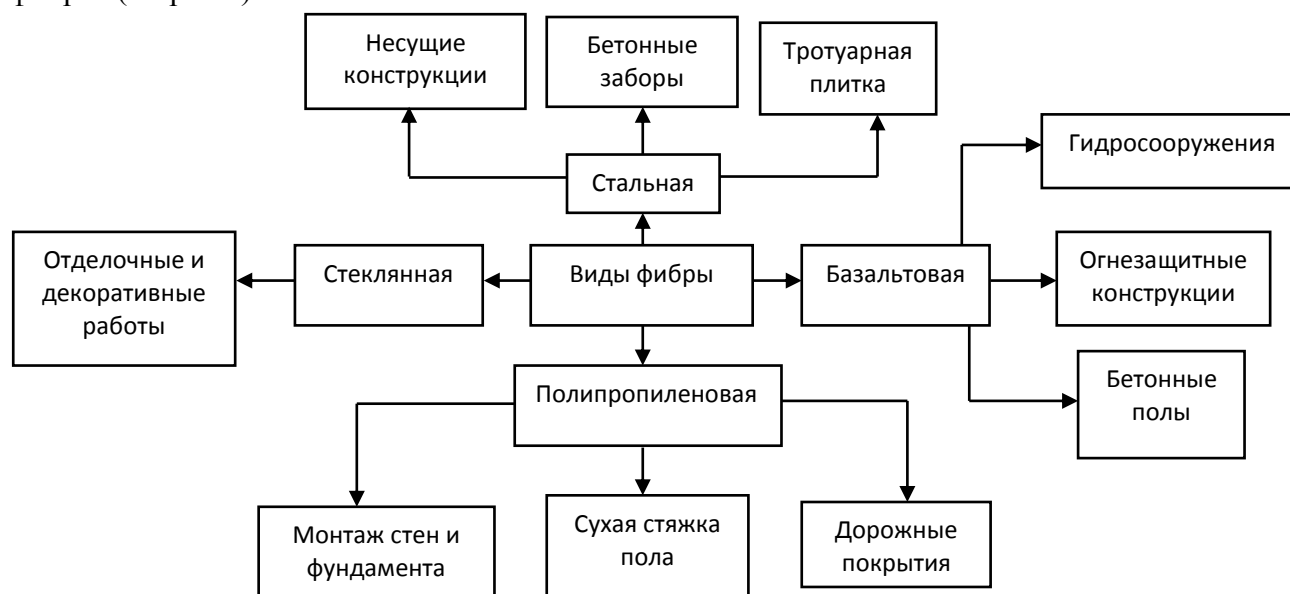


Рис.1 Виды фибры для армирования бетонных конструкций

Использование стальной фибры находит широкое применение в строительстве из-за простоты технологии и доступности. Она предназначена для улучшения качественных характеристик бетона в несущих конструкциях. Данный материал выполняет силовую роль и обеспечивает надежность плиты. Металлическая фибра образует единое целое с раствором в процессе перемешивания, получаемого ручным или механическим способом. Сталефибробетонные конструкции обладают высоким сопротивлением динамическим и статическим нагрузкам, обретают качества трещиностойкости, износоустойчивости. Увеличивается вибрационная выносливость, обусловленная равномерным распространением нагрузки, в результате чего предотвращается разрушение бетона. При дополнительной укладке арматурных прутьев в процессе заливки фундамента препятствуется образование мелких трещин. Стальная фибра имеет повышенную устойчивость к коррозии. находит своё применение при устройстве промышленных и бесшовных полов, в сваях, подвесных панелях, подвальных стенах, при обустройстве фундаментов, сборных конструкций, уличных и опорных панелей. [3]

Стеклянная фибра является хрупкой по сравнению с другими видами, поэтому используется только для отделочных и декоративных работ. Её волокна быстро становятся хрупкими и не способны выдержать большую нагрузку в бетонных конструкциях. Однако стекловолокна, обработанные специальной пропиткой, становятся щелочно-стойкими. Благодаря этому в процессе перемешивания раствора не происходит растворения фибры. Она распадается на отдельные волокна, которые в дальнейшем становятся незаметными в изделии. Стекловолокно имеет высокие предел прочности и модуль упругости. [5]

Базальтовая фибра обладает невысокой стоимостью, отличается высокими

механическими характеристиками. Она является экологически чистым материалом, долговечна, виброустойчива, не поддаётся воздействию плесени. По сравнению с металлической этот вид фибры более лёгкий и не подвержен катодному эффекту. Применяется в диапазоне температур от -260°C до $+750^{\circ}\text{C}$, в чём отражено использование данного материала в противопожарных преградах при обеспечении высокотемпературной изоляции. По сравнению с стекловолокном базальтовая фибра обладает большей химической стойкостью в кислотных, щелочных средах и морской воде. В связи с этим связано её широкое применение в бетонных растворах при строительстве морских сооружений. Изделия с добавкой базальтового волокна лёгкие, прочные, не подвержены коррозии, ими заменяются металлические конструкции и детали. В дорожных покрытиях базальтовые волокна предохраняют армированный бетон от негативного действия антиобледеняющих солей, агрессивных веществ. Повышается шероховатость покрытия, остаточная прочность и устойчивость к процессам, связанных с замораживанием и оттаиванием. [1] Базальтовые волокна - эффективный материал для использования в устройстве промышленных полов. Их применение позволяеткратно уменьшить истираемость поверхности. [2]

Предотвращение пластической усадки и оседания бетонной стяжки эффективно достигается при использовании полипропиленовой фибры. При укладке такой стяжки устойчивость к образованию пластических трещин обеспечивается на трёх стадиях. На первой возрастает способность бетона к деформациям без разрушения, далее фибра соединяет края трещин, снижая риск разлома. Наконец, фибра даёт эффективный контроль гидратации, снижает внутренние нагрузки. Внесённые полипропиленовыми волокнами пузырьки воздуха становятся местом для протекания процессов замерзания и оттаивания воды, обеспечивая морозостойкость бетона и устойчивость к его промерзанию. Обладая большой сопротивляемостью удару и раскалыванию, данный вид фибры предохраняет разрушение краёв соединений в сборных железобетонных конструкциях и бетонных плитах перекрытия. [3]

Таким образом, применение фибры является альтернативным вариантом армирования. Добавление соответствующих волокон непосредственно в бетон сокращает длительность производственного цикла, одновременно улучшая его эксплуатационные параметры. В зависимости от вида фибры, состав её волокон предопределяет целевое назначение при применении материала на практике.

Литература:

1. ГОСТ 31309-2005 Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия.
2. ГОСТ 32085-2013 Волокна химические (синтетические). Требования безопасности.
3. ГОСТ 3282-74 Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия (с Изменениями N 1-5).
4. Фибра для бетона: свойства, применение [электронный ресурс: <http://strport.ru>, дата обращения 03.04.2018]
5. ГОСТ 14613-83 Фибра. Технические условия.

Исследования свойств контактной зоны фибробетонных конструкций

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»

Акимова Элеонора Константиновна, студентка 4 курса направления
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

Аннотация. В данной статье анализируются свойства контактной зоны бетонных конструкций, армированных фибрами. Рассматривается структура фибробетона и влияние фибры на сцепление между фиброй и бетоном. Приведены виды фибробетона и его свойства.

Одной из важных задач при разработке современных конструкций является обеспечение совместной работы материалов, из которых они выполняются. Проблема взаимодействия материалов возникает при производстве и эксплуатации конструкций из композитов, в которых возникают различные дефекты, в том числе расслоение. Расслоение конструкций, характерно для контактной зоны. Контактная зона - дефектные участки, по которым происходит разрушение бетона. Исследования контактной зоны фибробетона [1], показало большое количество оголенных поверхностей заполнителя в месте излома (рис.1).

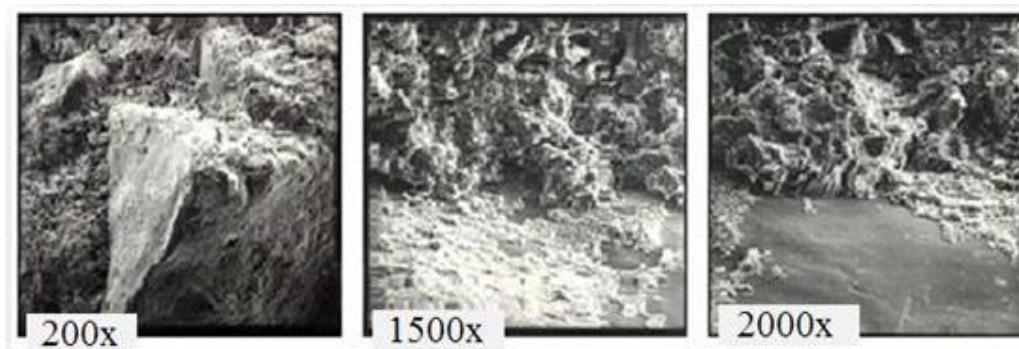


Рис.1. Общий вид строения и отдельные участки контактной зоны традиционно изготовленного бетона

Формирование фибробетонной матрицы при хорошем сцеплении цементного камня с заполнителями и их высокой прочности будет происходить вследствие ее разгрузки, и прочность бетона будет увеличивается. В работу будут включены жесткие и прочные заполнители бетона до исчерпания прочностных возможностей одной из фаз - матрицы или заполнителя, что обуславливает высокое сцепление, в этом случае обеспечивается упрочнение бетона из-за разгруженности матрицы и высокой прочности заполнителей. Таким образом, реализуется эффект «армирования» бетона заполнителем [2].

При низком сцеплении цементного камня с заполнителями может произойти разрушение при небольшой нагрузке, в таком случае не реализуется ни высокая прочность заполнителей, ни разгруженность матрицы. Прочность бетона становится меньше, чем прочность матрицы.

Поэтому определяющим фактором прочности бетона является качество сцепления цементного камня с заполнителем.

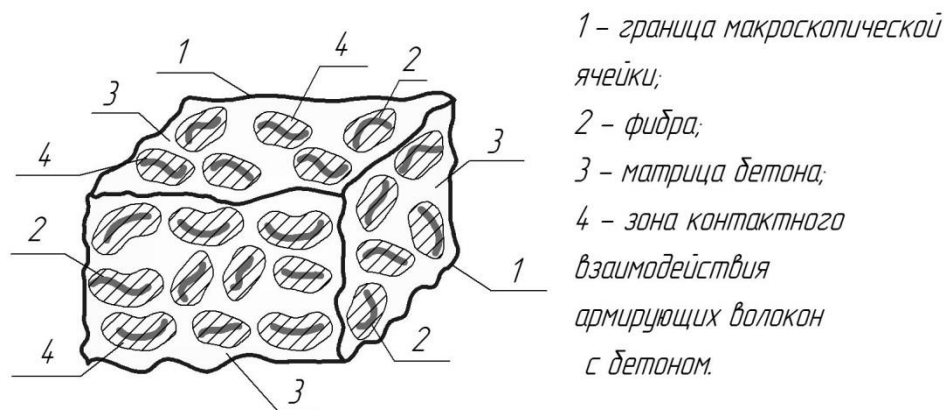


Рис.2. Структура фибробетона

Наибольшее распространение для армирования бетонов получила фибра двух видов:

- Металлическая фибра. Производится из стали, может иметь различную конфигурацию и размеры.

- Неметаллическая фибра. Производится из волокон различных материалов: стекло, полиэтилен, полипропилен, полиамид, акрил, хлопок, вискоза, нейлон, полиэфир, базальт, асбест, карбон, углерод. На данный момент самыми востребованными являются фиброволокна из металла и стекла, однако также обретает популярность фибра из полипропилена. Из-за достаточно высокой стоимости базальтовое и углеродное волокно применяется редко. При добавлении волокон хлопка вискозы и нейлона в бетон, который армирован стальной фиброй, можно создать материалы, имеющие различные свойства.

Для формирования хорошего контактного слоя наиболее часто используется стальная фибра. При сравнении структуры бетонной матрицы в сталефибробетоне со структурой «обычного» бетона выявляется, что у первого относительно небольшое количество крупных пор и капилляров, а также мелкие замкнутые поры и большая однородность. При этом, микротвердость контактных зон вблизи заполнителя практически в два раза меньше, чем микротвердость аналогичных контактных зон межфазного слоя вблизи поверхности фибр. Повышение физико-механических характеристик материала происходит за счет образования вокруг фибр контактных зон, которые имеют высокую микротвердость, а также их достаточно близкое расположение. Прочностные и деформативные характеристики фибросталебетонов повышаются с увеличением насыщения фибрами и, следовательно, числа контактных зон [2]

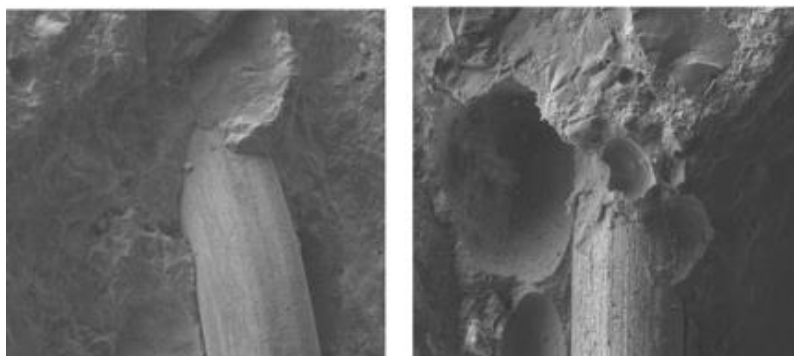


Рис.3. Микроструктура контактной зоны цементный камень-фибра

В разрезе конструкция из фибробетона, армированного стальными фибрами выглядит однородным материалом, который пронизан во всех направлениях тончайшими волокнами, от вида которых зависят свойства бетона[2]



Рис.4. Фибробетон в разрезе

Стальная фибра для армирования бетонов позволяет повысить прочность бетона к усилиям растяжения и разрыва, уменьшить усадку материала, а также возможность возникновения трещин. При этом возрастают характеристики бетона, такие как морозостойкость, жаропрочность и водонепроницаемость [3]. Стальная фибра бывает нескольких видов (рис. 5):

- стальная волновая. Этот вид волокна придает высокую прочность, устойчивость, надежность, кроме того поглощает вибрации. Для улучшения сцепления с раствором применяется латунированная разновидность фибры.
- стальная анкерная. Добавление фибры в виде анкеров увеличивает сопротивление внешним нагрузкам.



Рис. 5. Виды стальных фибр

- стальная анкерного типа из листового проката. Отличие от простой анкерной — метод резки. Этот тип нарезают из листа высокопрочной стали.

Исследования контактной зоны фибробетона показывают, что в качестве арматуры для него эффективнее использовать стальную фибру. При этом свойства фибросталебетона имеют хорошие эксплуатационные качества, и является перспективным для строительной отрасли в целом.

Литература

1. Формирование контактной зоны плотных бетонов [электронный ресурс: https://studopedia.ru/2_122078_betonov.html - дата обращения 25.02.2018]
2. . Лесовик Р.В. Ключев С.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках Курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012 . №3. С. 41-47
- 3 Парцевский В.В. Расслоение в полимерных композитах. Обзор // Известия российской академии наук. Механика твердого тела. 2003. № 5. С.62-95

Теоретические исследования армирования фиброторкретбетона

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»

Путро Владимир Валерьевич, студент 4 курса специальности
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

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

Аннотация: В статье приведены примеры применение сталефибробетона в зарубежной практике строительства. Описаны его свойства и структура композитного материала.

Основными критериями выбора конструкционного бетона являются выбор состава и способа изготовления. Одним из известных конструкционных бетонов в мировой практике является торкретбетон [2]. При этом его армирование выполняется как традиционным способом, так и с использованием различных фибр. Практика применения фиброторкретбетона показала, что в качестве дисперсной арматуры в основном используются стальные волокна. При обычных температурах возможно применением волокон из углеродистой стали для фиброторкретбетона, а при высоких температурах и для приготовления огнеупорного бетона используются волокна из нержавеющей стали. Изготовление фибры осуществляется, тремя способами: путем разрезания холоднотянутой проволоки; путем продольного резания тонкого стального листа; путем захвата волокон из ванны с расплавленным металлом (процесс экстракции расплавом).

Стекланную фибру крайне редко используют для армирования фиброторкретбетона. Так как с технологической точки зрения стеклянная фибра при ударе о поверхность нанесения испытывает хрупкое разрушение, технология нанесения торкретбетона предполагает его укладку под высоким давлением. Аналогично затруднено использование полимерных волокон, так как во время полета струи фиброторкретбетона под действием аэродинамических сил волокна будут стремиться принять шарообразную форму и их рабочая длина не позволит воспринимать растягивающие усилия в бетоне. Кроме того, полимерные волокна подвержены старению и со временем теряют свои упругие свойства, что снижает несущую способность и долговечность конструкций. При этом стальные волокна имеют практически одинаковый с бетоном коэффициент линейного температурного расширения, хорошую стойкость коррозии в бетоне.

Исследования физико-механических характеристик стальной и полимерной фибр показали, что модули упругости стальной, стеклянной и полимерной фибр составляют $2 \cdot 10^5$ МПа, $7 \cdot 10^4$ МПа, $1,4 - 8 \cdot 10^3$ МПа, т.е. наиболее эффективным для армирования торкретбетона будет стальная фибра.[4]

Включение стальных волокон в смесь торкретбетона позволяет улучшить свойства основного конструкционного материала. Отмечено существенное улучшение таких свойств, как прочность, ударопрочность, прочность при сдвиге, сопротивление изгибу,

износостойкость, повышение предела выносливости. Зафиксированы улучшения в характере разрушения; повреждения происходят только при больших деформациях, при этом материал после образования трещин способен выдерживать значительную нагрузку [2]

Фиброторкретбетон большое применение получил при строительстве криволинейных поверхностей за рубежом.

Широкое применение сталефиброторкретбетон получил для облицовки шахт и туннелей, укрепления каменных откосов, в строительстве плотин, для ремонта изношенных поверхностей и арок, в огнестойких покрытиях, для возведения тонкостенных бетонных куполов.

Наибольшее применение сталефиброторкретбетон получил за рубежом. Известен опыт строительства из сталефиброторкретбетона плотины Литтл Гуз вдоль реки Снейк, шт. Вашингтон [3]. Он же применялся для укрепления разрушенной части откоса над железной дорогой "Camas Prairie Railroad". В объем работ было включено масштабирование, установка анкерных болтов и укладка слоя торкретбетона толщиной не менее 63 мм. Общая площадь поверхности составила 5800 м², длина участка - 460 м, высота варьировалась от 5 до 14 м.

В больших объемах фиброторкретбетон использовался на нефтеперерабатывающем заводе г. Брофйордена, расположенного на западном побережье Швеции [3]. Горная поверхность площадью около 4500 м² была укреплена с помощью сухой смеси, в составе которой было предусмотрено 0,7% фибры (0,4×0,25 мм) по объему. Укрепление осуществлялось послойно: первый слой простого цемента толщиной 0,5 - 1 см, затем слой сталефиброторкретцемента толщиной 3 см, верхний слой простого цемента толщиной 0,5 - 1 см.

Сталефиброторкретбетон использовался для облицовки прохода разведочной штольни длиной 12 метров, расположенной на правой границе плотины Рири шт. Айдахо. Размер фибры в смеси составил 0,4×19 мм [3]

Аварийный туннель трубопровода подачи холодной воды АЭС г. Ринглас (Швеция) был облицован сталефиброторкретбетоном с использованием оборудования для нанесения бетона мокрым способом. Для этого использовались анкерные болты вместо проволоочной сетки.



Рис. 1. Часть укрепленной поверхности горной породы на нефтеперерабатывающем заводе города Брофйорден, Швеция



Рис. 2. Облицовка аварийного туннеля по добыче водоугольного топлива атомной электростанции «Ринглас» в Швеции

В Японии использовали сталефибробетон для укрепления, по крайней мере, трех автодорожных тоннелей. В тоннеле Мияношита бетон применялся для ремонта бетонной отделки, поврежденной в результате давления породы. В тоннеле Итайя слой толщиной 100

мм был необходим для ремонта первоначальной его облицовки, которая была положена 50 лет назад и разрушилась в условиях обледенения. В тоннелях вблизи Хакодате и Хоккайдо он использовался впервые. Во всех трех случаях бетон наносился мокрым способом с использованием поршневого насоса [3].

Вышеперечисленные работы, выполненные с помощью фиброторкретбетона показали, что положительное влияние дисперсного армирования на структуру бетона и его физико-механические характеристики определяются по следующим факторам:

- на стадии структурообразования: перераспределение напряжений при пластической усадке от наиболее опасных зон на весь объем бетона;
- при нагружение: торможение роста трещин; снижение концентрации напряжений в окрестности макродефектов, выравниванием напряжений в структуре бетона и их перераспределения между составляющими бетона.

Природа статического и динамического упрочнения бетона при дисперсном армировании может быть представлена схемами (рис. 3-5)

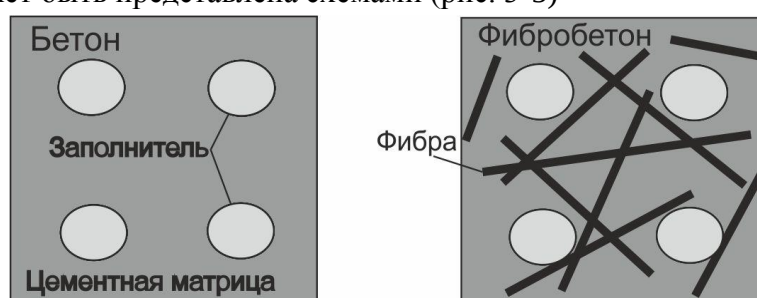


Рис. 3 Исходное состояние композиционной структуры бетона

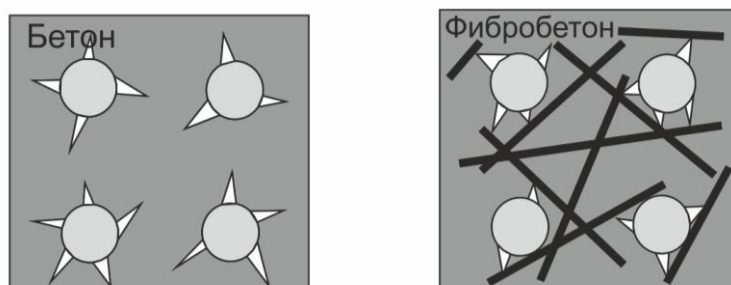


Рис. 4. развитие напряжений и дефектов на разделе "цементный камень – заполнитель" от усадки в цементной матрице и блокировка их действием фибры

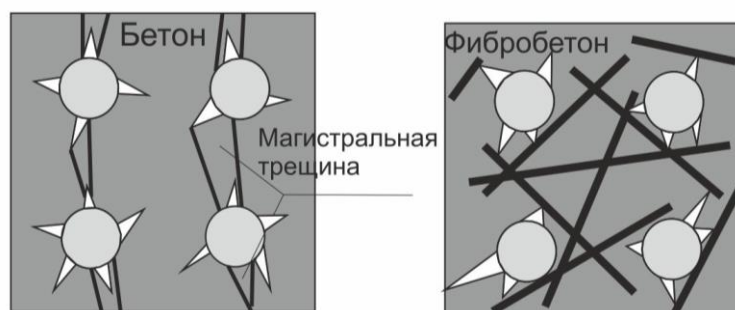


Рис. 5 Реакция структуры бетона на приложение статической и динамической нагрузки

При этом эффективность дисперсного армирования цементного камня и бетона при нагружении зависит от трех параметров дисперсного армирования: прочности сцепления фибры с бетоном, длины фибры (или отношение длины фибры к ее диаметру), объемной концентрации фибры [2].

Таким образом, зарубежный опыт применения фиброторкретбетона на основе стальной фибры, а также приведенные выше исследования говорят о перспективности такого

бетона для строительства несущих конструкций зданий и сооружений. При этом опыт применения фиброторкретбетона в отечественной практике очень мал по сравнению с зарубежным. Поэтому необходимо провести дополнительные исследования для возможности его внедрения в строительную практику России.

Литература:

1. СТО 16216892-001-2008. Методические рекомендации по применению торкрет-бетона
2. Талантова, К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / К.В. Талантова. - Барнаул, 2009. - 32 с. 65.
3. ТУ 5745-001-16216892-06. Торкрет-бетон. Технические условия. – М., 2006.
4. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсноармированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография. – М. :Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
5. Рабинович Ф.Н. Применение фиброармированных бетонов в конструкциях промзданий // Фибробетон и его применение в строительстве: Труды НИИЖБ.– М., 1979. – С. 27-38.

УДК 581. 524.31

Динамика флоры и растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС

¹Грищенко Кристина Григорьевна, кандидат биологических наук;

²Седова Оксана Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Ботаники и экологии»;

²Воронин Максим Юрьевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Морфологии и экологии животных»

¹ Филиал ЦЛАТИ по Саратовской области ФГБУ «ЦЛАТИ по ПФО», Саратов;

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г.
Чернышевского, Саратов

Аннотация: В статье приводятся результаты мониторинговых исследований водной флоры и растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС. Выявлено, что флористическое и фитоценотическое разнообразие за период исследований резко снизилось. Доминирующим видом, определяющим облик растительного покрова водоема во все годы исследований, является тростник южный. Произшедшие изменения, очевидно, обусловлены эффективностью биомелиоративных мероприятий, предпринятых для борьбы с зарастанием водоема-охладителя.

Высшая водная растительность является одним из важнейших компонентов естественных и искусственных водных экосистем. Вместе с тем, чрезмерное зарастание макрофитами хозяйственно-важных водных объектов, таких как водоем-охладитель Балаковской АЭС, является одной из основных причин образования биопомех в ее работе,

что может привести к возникновению чрезвычайной ситуации в системе водоснабжения. В этой связи в 2009–2017 гг. проводились мониторинговые исследования состава и структуры флоры и растительности водоема-охладителя (ВО) Балаковской АЭС (БАЭС) [1, 6].

Учетные площадки располагались в тепловодной зоне (отводящий канал) (№№ 1–3), в холодноводной зоне (приводящий канал) ВО БАЭС (№№ 4–6) (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения площадок на акватории водоема-охладителя БАЭС (№№ 1–6)

Изучение флоры и растительности осуществлялось, руководствуясь общепринятой методикой гидробиотанических исследований [4, 5]. Учитывались сосудистые растения, находящиеся непосредственно в воде и зоне периодического затопления. В работе использована доминантная система высших синтаксонов. Названия видов приводятся по сводке С.К. Черепанова [7].

Изученная флора представлена 16 видами, относящимися к 13 семействам, двум классам (Magnoliopsida и Liliopsida) и отделу Magnoliophyta.

Видовое разнообразие водной флоры ВО за период исследований уменьшилось с 34 (2009 г.) до 12 видов (2012 г.) и несколько возросло в 2017 г. до 16 видов (рис. 2), при этом снижение видового разнообразия произошло за счет практически полного выпадения видов гидрофитов и обеднения гелофитной составляющей флоры.

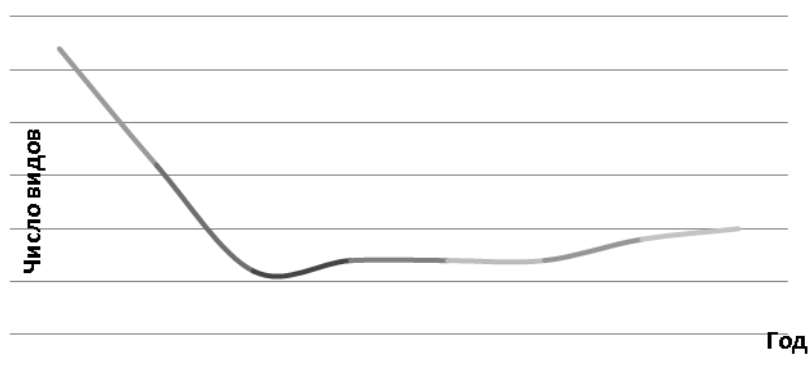


Рис. 2. Изменение видового разнообразия водной флоры ВО БАЭС

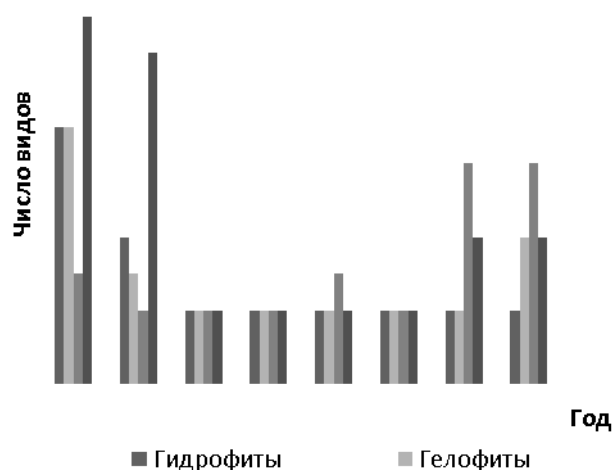


Рис. 3. Изменение экологической структуры флоры ВО БАЭС

Гидрофиты в 2017 г. представлены двумя видами (*Myriophyllum spicatum* и *Lemna minor*), в то время как в 2009 г. – семью (*Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *P. lucens*, *Najas major*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Spirodela polyrrhiza*). Из гелофитов в 2017 г. отмечены только *Phragmites australis* и *Typha laxmannii*, а в 2009 г. – семь видов. Число гигрогелофитов в годы исследований практически не меняется, увеличивается к 2017 г. за счет обнаружения новых видов – *Acorus calamus* и *Iris pseudacorus* (рис. 3).

Ценотический состав высшей водной растительности в ВО в 2009 г. был представлен восемью ассоциациями, относящимися к семи формациям, а в 2017г. – только четырьмя ассоциациями трех формаций. Классификационная схема растительности ВО БАЭС в 2017 г может быть представлена следующим образом:

Тип растительности Водная растительность – Aquiphytosa

А. Группа классов настоящая водная растительность – Aquiphytosa genuina

I. Класс формаций настоящая водная (гидрофитная) растительность – Aquiphytosa genuina

1 Группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов – Aguiherbosa genuina submersa radicans

1.1 Формация урути колосистой – *Myriophylleta spicati*.

Асс.: 1) *Myriophylletum spicatum*.

Б. Группа классов прибрежно-водная растительность – *Aquiherbosa vadosa*

II. Класс формаций. Воздушно-водная (гелофитная) растительность – *Aquiherbosa helophyta*

1 Группа формаций высокотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta procera*

1.1 Формация тростника южного – *Phragmiteta australis*

Асс.: 1) *Phragmites australis*; 2) *Phragmites australis* + *Typha laxmannii*.

1.2 Формация рога Лаксмана – *Typheta laxmannii*.

Асс.: 1) *Typha laxmannii* + *Calamagrostis epigeios*.

Во все годы исследования в ВО доминируют и являются фоновыми сообщества тростника обыкновенного, формирующие прерывистый пояс шириной от 1 – 5 до 50 – 250 м. В тепловодной зоне ВО ширина пояса гелофитов в среднем составляет 40 – 60 м, местами достигает 150 – 200 м. В холодноводной зоне прерывистый пояс гелофитов в основном занимает 5 – 7 м прибрежной полосы, местами ширина его достигает 50 м. На значительном протяжении берега приводящего канала ВО у с. Новониколаевка прибрежно-водная растительность отсутствует. Сообщества приурочены к глубинам от уреза воды или выше

уреза и до 0,5 – 1 м (иногда 2,5 м). Флористический состав сообществ крайне беден, помимо доминанта *Phragmites australis* были отмечены единичные представители других видов прибрежных растений. Преобладание фитоценозов тростника характерно и для других искусственных водоемов Саратовской области [2, 3]. Прочие гелофиты и гигрогелофиты такие как, рогоз Лаксмана (*Typha laxmanii*) и клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus*) встречаются локально, значительных по площади сообществ не образуют.

В 2009 г. среди гидрофитной растительности преобладали разреженные фитоценозы наяды большой (*Najas major*), урути колосистой (*Myriophyllum spicatum*), рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus*), которые образовывали пояс, располагающийся за поясом *Phragmites australis*. Почти на всех точках встречались одиночные экземпляры *Myriophyllum spicatum*. В 2011 г. отмечались незначительные по площади разреженные фитоценозы *Potamogeton pectinatus* и *Myriophyllum spicatum*, а также отдельные экземпляры *Ceratophyllum demersum*. В 2012 г. *Potamogeton pectinatus* и *Ceratophyllum demersum* обнаружены не были, на некоторых точках отмечалась *Myriophyllum spicatum*, произрастающая в поясе *Phragmites australis*, а также единичные экземпляры *Najas major*. В 2013–2017 гг. гидрофиты ВО были представлены только *Myriophyllum spicatum*, которая в тепловодной зоне формирует второй ярус в фитоценозах тростника.

Заращение акватории ВО Балаковской АЭС в 2003 г. составляло – до 10% (от общей площади водоема), в 2004 – 5–7, в 2005 – 5, в 2006 г. – 1%. Площадь заращения водоема-охладителя в 2009–2017 гг. незначительно варьирует и в среднем составляет 5%, то есть изученный водоем характеризуется небольшой степенью заращения.

Произошедшие изменения, касающиеся крайнего обеднения флоры, упрощения структуры сообществ, сокращения площадей заращения, очевидно, обусловлены эффективностью мелиоративных мероприятий [1].

Литература:

1. Грищенко К.Г., Седова О.В., Воронин М.Ю., ИONOва Е.А., Рязанов С.В. Современное состояние высшей водной растительности водоема-охладителя Балаковской АЭС под воздействием растительоядных рыб // Известия саратовского университета. Новая серия. Серия: химия. Биология. Экология. 2016. Т. 16. № 2. С. 231-236.
2. Закурдаева М. В., Бекренева Е. С., Седова О. В., Болдырев В. А. Гидрофильная флора и растительность малых техногенных водоемов города Саратова // Известия Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер.: Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12., № 3. С. 64–71.
3. Закурдаева М. В., Седова О. В., Шишкина Е. С. Флора и растительность малых искусственных водоемов города Саратова // Вестник КрасГАУ. 2013. № 4. С. 63–69.
4. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР: Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
5. Матвеев В.И., Соловьева В.В., Саксонов С.В. Экология водных растений: Учебное пособие. Изд. 2-е, доп. и перераб. Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2005. 282 с.
6. Танайлова Е.А., Грищенко К.Г., Воронин М.Ю. Состояние высшей водной растительности и фотосинтетических пигментов тростника южного (*Phragmites australis*) водоема-охладителя Балаковской АЭС // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14. № 2. С. 101-105.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.

Методы оценки устойчивости корпуса крупноразмерных резервуаров

Землянский А.А., доктор технических наук, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Дубнов С.А., 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 существующий нормативной базе [1,2] заложена нелинейная теория оболочек, согласно которой критическое напряжение σ_{cr1} для замкнутых цилиндрических оболочек, в частности корпусов резервуаров, равномерно сжатых параллельно образующим (рис. 1) определяется

$$\sigma_{cr1} = \psi R_y \text{ при } 0 < R/t < 300, \quad (1)$$

где $\psi = 0,97 - (0,00025 + 0,95 R_y / E)(R/t)$

R – радиус оболочки;

R_y – расчетное сопротивление стали по пределу текучести;

В остальных случаях

$$\sigma_{cr1} = cEt / R, \quad (2)$$

где t – толщина оболочки;

E – модуль упругости стали;

c – эмпирический коэффициент.

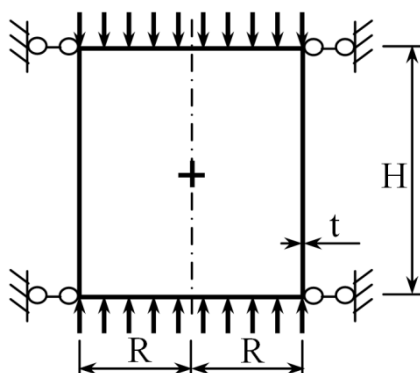


Рис. 1. Расчетная схема короткой цилиндрической оболочки

Для корпусов стальных цилиндрических резервуаров в зависимости от их вместимости отношение радиуса корпуса к его минимальной толщине составляет (данные

для	$V = 100 \dots 1000 \text{ м}^3$	$473 \leq R/t \leq 1043;$
оте	$V = 2000 \dots 5000 \text{ м}^3$	$1518 \leq R/t \leq 1743;$
чест	$V = 10\,000 \dots 30\,000 \text{ м}^3$	$2138 \leq R/t \leq 2280;$
вен	$V \geq 50\,000 \text{ м}^3$	$3035 \leq R/t \leq 4694.$
ных		
резе		
рвуаров из рулонных заготовок):		

Поэтому при расчете корпуса стального резервуара на устойчивость при определении

критического напряжения σ_{cr1} пользуются обычно формулой (2). Значение коэффициента c здесь определяется согласно рекомендациям нормативной базы [1,2]. Однако в указанной нормативной литературе значения коэффициента c приводятся только для корпусов резервуаров малой и средней вместимости, в частности РВС100 - РВС30 000 при $400 \leq R/t \leq 2500$:

– в СНиП II-23-81* [2] в таблице 1 приводятся значения коэффициента c в зависимости от отношения их радиуса к толщине пояса;

– в ПБ 03-381-00 коэффициент c рекомендуется вычислять по формулам

$$c = 0,04 + 40t_{\min}/R \text{ при } 400 \leq R/t \leq 1220; \quad (3)$$

$$c = 0,085 - R/(10^5 t_{\min}) \text{ при } 1220 \leq R/t \leq 2500. \quad (4)$$

Таблица 1

Зависимость c от отношения R/t

R/t	100	200	300	400	600	800	1000	1500	2500
c	0,22	0,18	0,16	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06

При этом для крупных и уникальных резервуаров при $R/t \leq 2500$ в нормативной документации какие-либо рекомендации по определению значений коэффициента c просто отсутствуют. Поэтому при разработке новой конструкции резервуара объемом 50 000 м³ из рулонных заготовок с применением стали высокой прочности 16Г2АФ ($R/t = 3035 > 2500$) были проведены исследования по определению значения коэффициента c [3]. В исследованиях института ЦНИИПСК [4] предлагалось принять для указанного резервуара $c = 0,055$.

В последних исследованиях Института нефти и газа им. Губкина [3] для резервуара объемом свыше 50000 м³ предлагалось значение коэффициента c определять по формуле

$$c = 0,23094 - 2,37996 \cdot (R/t) \cdot 10^{-4} + 1,33693 \cdot (R/t)^2 \cdot 10^{-7} - 2,51572 \cdot (R/t)^3 \cdot 10^{-11}. \quad (5)$$

Сравнение значений коэффициента c по различным данным (рис. 2) показало следующее:

– рекомендации по определению величины коэффициента c по СНиП II-23-81* и ПБ 03-605-03 практически идентичны;

– значения коэффициента c , вычисленные по полиному (5), завышены по сравнению с рекомендациями СНиП II-23-2000 на 23,6...28,5%.

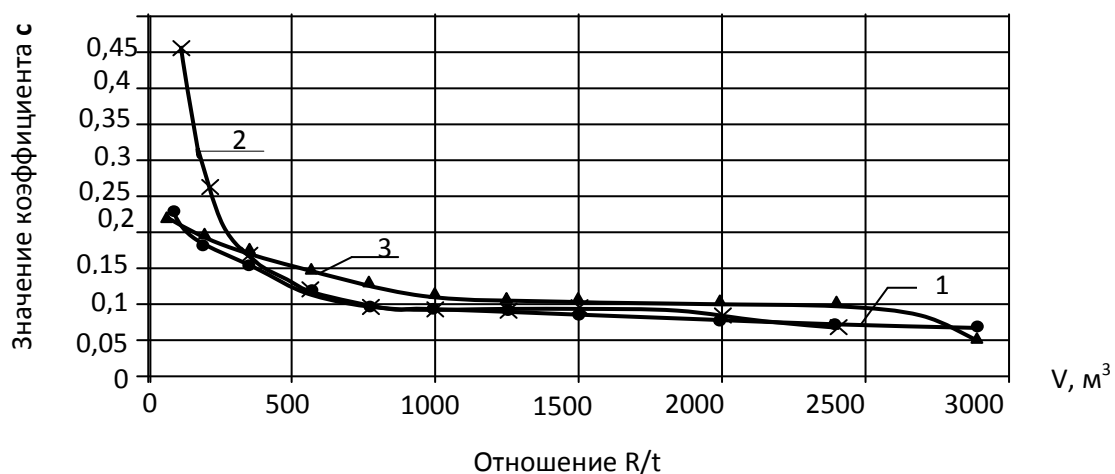


Рис. 2. Зависимость коэффициента c от отношения R/t : 1 – СНиП II-23-2000; 2 – ПБ 03-605-03; 3 – полином

Таким образом, при расчете на устойчивость корпусов резервуаров объемом до 30 000 м³ включительно ($R/t < 2500$) можно использовать рекомендации по определению значения коэффициента c как по СНиП II-23-81* (табл. 1), так и по ПБ 03-381-00 (формулы (3) и (4)).

Учитывая тот факт, что ПБ 03-605-03 являются первым нормативным документом разработанным в России для проектирования вертикальных стальных резервуаров, то за основу вышеприведенных расчетов следует принимать рекомендации именно этих норм. Кроме отмеченного, для расчета тонкостенных оболочек на устойчивость по формуле (2) рекомендуется без ограничения отношения R/t использовать выражение, полученное Лу-Цзу-дао

$$c = 0,18 \left[1 - 0,0347 / (R/t)^{0,4} \right] \quad (6)$$

и С.А. Алексеевым

$$c = 2,35 \sqrt{(t/R)} \quad (7)$$

Сравнение значений c при $R/t \leq 2500$, вычисленных по формулам (6), (7), со значениями приведенных в [1] показало, согласно информации, представленной на рис. 3 и в табл.1., что выражение, полученное Лу-Цзу-дао (6), дает практически идентичные значения лишь на коротком промежутке $600 \leq R/t \leq 1220$, последнее представлено кривыми 1 и 2 (рис. 3).

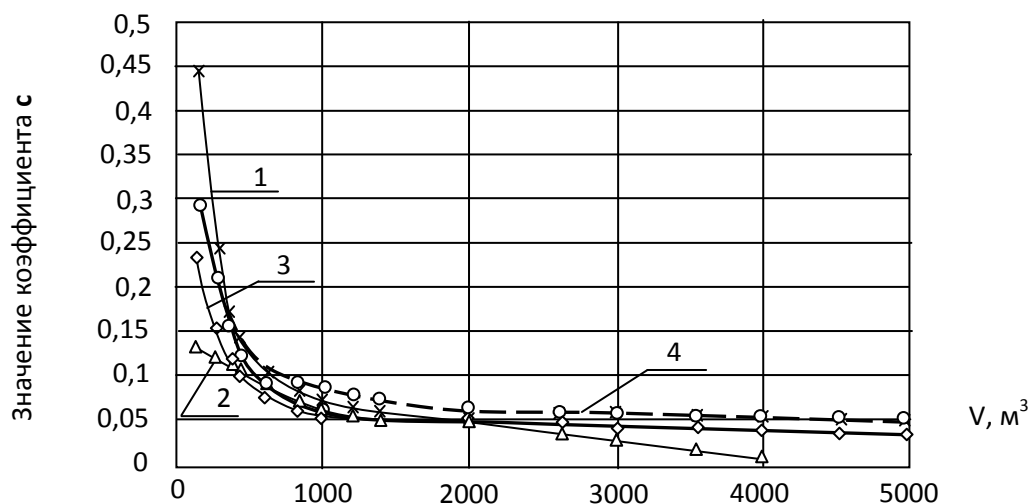


Рис. 3. Значения коэффициента c для оболочек при $400 \leq R/t \leq 5000$: 1 – по ПБ 03-605-03; 2 – по формуле Лу-Цзу-дао; 3 – по формуле С.А. Алексеева; 4 – по предлагаемому выражению

При $R/t > 1220$ различие существенно возрастает и при $R/t = 2500$ достигает 39% (приближение снизу), причем, применимость выражения (6) ограничена, так как при $R/t > 4000$ значения c становятся недействительными и отрицательными.

Выражение (7), полученное С.А. Алексеевым, дает явно заниженные значения коэффициента c (рис.2, кривые 1,3). При этом различие в значениях на всем промежутке $400 \leq R/t \leq 2500$ составляет 20...30% (приближение снизу). Поэтому практическое применение данного выражения несколько ограничено. Учитывая полное отсутствие в нормативной базе каких-либо рекомендаций по оценке устойчивости и соответственно по определению коэффициента c для крупных и уникальных резервуаров, для определения коэффициента c нами было предложено следующее предложение:

$$c = 2,19 (t/R)^{0,47} \quad \text{при} \quad 400 \leq R/t \leq 5000 \quad (8)$$

В целом выполненный численный эксперимент показал, что ошибка во всем рабочем диапазоне определения коэффициента ϵ при практическом использовании выражения (8), и сравнение их с данными, представленными в СНиП II-23-81* и ПБ-03-605-03 не превышает 6%, что свидетельствует об очень высоком уровне достоверности предложенного выражения и возможности использования его для эффективной оценки устойчивости корпусов не только малых и средних, но и крупных и уникальных резервуаров большого объема.

Литература:

1. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. ПБ 03-381-00. – М.: Госгортехнадзор России, 2000. – 134 с.
2. СНиП II-23-81* Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, – 2004. – 96 с.
3. Березин В.Л. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов / В.Л. Березин, В.Е. Шутов. – М.: Недра, 1973. – 200 с.
4. Беленя Е.И. Металлические конструкции / Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий, Г.С. Веденников. – 3-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, – 1991. – 687 с.

УДК 691.328.006

Результаты натурного испытания железобетонной плиты марки 2ПГ12-ЗАПв

Землянский А.А., доктор технических наук, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Попова Ю.А., Дубнов С.А., Глухов А.Е. студенты 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.

Аннотация: В работе представлены обширные результаты полевого обследования и испытания железобетонной, ребристой, преднапряженной плиты с использованием приборов неразрушающей дефектоскопии и магнитометрических методов определения фактического уровня напряженного состояния рабочей арматуры.

В 90-х годах прошлого столетия в капитальном строительстве России имело место достаточно частое использование старых плит покрытия и перекрытия для нового строительства, что требует на практике обязательного тщательного обследования и предварительного испытания указанных плит в полевых условиях. Современные методы обследования и испытания несущих строительных конструкций, бывших в эксплуатации и предназначенных для повторного использования при строительстве других ответственных строительных объектов, имеют очень много особенностей, которые, по нашему мнению, следует в обязательном порядке учитывать при разработке детальной программы обследования и испытания указанных конструкций на практике в полевых условиях. Именно этому, достаточно сложному и непростому вопросу, посвящена рассматриваемая работа.

В нашем случае, по результатам архивных данных установлено, что партия железобетонных ребристых плит размером 3х12 для покрытия одноэтажных производственных зданий серии 1.465.1-15 [5] и марки – 2ПГ12-3Пв была использована в 1991-1993 годах при строительстве крупного завода по переработке кожаных изделий на территории Химзавода г. Балаково. Однако, после 1993 года, данное строительство было приостановлено и возведенные корпуса стали разбираться, а несущие железобетонные колонны, фермы и плиты покрытия повторно использоваться при строительстве различных объектов в г. Балаково. Именно поэтому, авторам данной работы поступило официальное задание в 2016 г. выполнить комплексное обследование и испытание, в частности, большеразмерных плит покрытия на предмет дальнейшего безаварийного использования при строительстве других промышленных объектов в г. Балаково.

Одновременно авторами были установлены фактические условия хранения изделий стройиндустрии до их обследования и испытания. При этом, выявлено, что, после разбора недостроенных корпусов, плиты покрытия складировались на открытой площадке без использования дополнительных средств защиты от атмосферных осадков и сезонного перепада температуры, а часть плит при хранении имела непроектное опирание. В результате у многих плит в середине рабочего ребра жесткости имеются трещины, раскрытие которых несколько увеличивается в акватории сжатой зоны плиты. В целом, указанные плиты хранились на открытой площадке и не использовались по назначению более 22 лет.

Для оценки уровня остаточного ресурса рассматриваемых плит, на первом этапе данной работы авторами была разработана детальная программа обследования и испытания указанных плит, в которой был отражен: объем и состав визуального обследования плит; состав и объем инструментального обследования плит; методика и последовательность испытания плит; перечень, применяемого оборудования и приборов неразрушающего контроля качества, используемого материала в обследуемых плитах; методика обработки полученных результатов, а также методика оценки годности плит для дальнейшего использования в новом строительстве.

На втором этапе была изучена вся проектная и априорная документация, имеющаяся на обследуемые плиты. В результате установлено, что дата изготовления плит и номер партии – неизвестны. На плитах отсутствует какая-либо маркировка, что свидетельствует о некондиционности рассматриваемых плит. Более детальное изучение конструкции плит позволило установить, что данная партия плит относится к Серии 1.465.1-15 [5], а конструктивные особенности обследуемых плит относятся к марке – 2ПГ12-3Пв.

На третьем этапе были установлены условия хранения плит до испытания. При этом выявлено, что плиты складировались на открытой площадке без использования дополнительных средств защиты от атмосферных осадков и сезонного перепада окружающей температуры. Часть плит при хранении имела непроектное опирание, в результате в обследуемой и испытываемой плите в середине рабочего ребра жесткости имеется трещина, раскрытие которой увеличивается в акватории сжатой зоны плиты. В целом указанные плиты хранились на открытой площадке в указанном виде более 22 лет.

На четвертом этапе в ходе визуального освидетельствования плит выявлено, что по геометрическим размерам, качеству бетонной поверхности и внешнему виду все плиты соответствуют требованиям ГОСТ 28042-2013. При этом отклонения по длине плиты не превышают ± 10 мм, по высоте ± 5 мм, по толщине полки ± 3 мм, по ширине плиты ± 6 мм. Имеются усадочные трещины, ширина раскрытия которых не превышает 0,1 мм. В отобранной для испытания плите имеется трещина, раскрывающаяся в сжатой зоне до 0,2

мм, но при испытании плиты в проектном положении последняя – закрылась. Одновременно в ходе визуального обследования плит установлено, что все выявленные дефекты: незначительные трещины, небольшие изъяны поверхности (сколы, раковины, каверны и незначительное расслоение бетона в сжатой зоне) полностью соответствуют ограничительным требованиям ГОСТ 28042-2013. Одновременно при визуальном обследовании плит выявлено, что на бетоне отсутствуют пятна ржавчины, зоны выщелачивания, сульфатации и карбонизации бетона, какие-либо отклонения и отличия диаметров и шага продольной и поперечной арматуры от требований проектной документации, и в частности серии 1.465.1-15 [5]. Концы преднапряженной арматуры выходят за пределы торцевой части плит не более 10 мм с покрытием битумной мастикой для защиты от коррозии.

На пятом этапе было выполнено инструментальное обследование плит, при котором были использованы цифровые, поверенные электронные приборы неразрушающей дефектоскопии и ряд механических методов неразрушающего контроля. В частности, для ультразвукового определения прочности бетона плиты использовался прибор марки «Пульсар 1.0», для склерометрического определения прочности бетона применялся прибор марки «Оникс 2.5», для определения толщины защитного слоя, диаметра и шага рабочей и конструктивной арматуры плиты использовался прибор марки ИПА МГ-4 и «Поиск 2.3», для определения влажности бетона использовался влагомер марки МГ-4. В ходе неразрушающего контроля состояния плиты и оценки прочности бетона, толщины защитного слоя, влажности бетона, диаметра и шага рабочей и конструктивной арматуры было выявлено, что все указанные параметры полностью соответствуют требованиям проектной документации на плиты и требованиям серии 1.465.1-15 [5]. При этом класс бетона по прочности на сжатие обследованных плит соответствует В30. Фактические прочностные характеристики бетона на день проведения испытания плиты равны ($R_{сж} = 35-40$ МПа.) Вид армирования и класс арматурной стали для рабочей арматуры принят – арматурой в количестве 4-х стержней (по 2 стержня в ребре) диаметром 25 мм класса АIIIв. Фактические прочностные характеристики арматуры определены косвенно по твердости стали и соответствуют классу АIIIв. По априорной информации выявлено, что по категории трещиностойкости, обследуемые плиты относятся ко 2-й категории.

На шестом этапе были выполнены все подготовительные мероприятия и проведено само испытание одной из отбракованных плит в полном соответствии с требованиями ГОСТ 8829-94 [4]. При этом принятая схема испытания полностью соответствовала требованиям нормативной документации. Масса плиты равна 7300 кг. На плите имелся слой утеплителя в виде керамзита толщиной 10-12 см (1500 кг) и слой цементно-песчаной стяжки толщиной 2-2.5 см. (1500 кг). Масса загрузочных элементов состояла из типовых бетонных фундаментных блоков марки ФБС 24-3-6т массой 970 кг.

Контрольные значения нагрузок, указанных в проектной документации были приняты следующими:

- по прочности	$P_{контр} = 6,70$ КПа, при $c = 1,2$;
	$P_{контр} = 7,70$ КПа, при $c = 1,4$;
	$P_{контр} = 9,20$ КПа, при $c = 1,6$;
- по жесткости	$P_{ж} = 2,60$ КПа;
- по образованию трещин	$P_{1тр} = 2,30$ КПа;
- по ширине раскрытия трещин	$P_{2тр} = 3,70$ КПа.

Контрольные значения прогибов и ширины раскрытия трещин, полученные при испытании плиты, не должны были превышать: $f_{\text{контр}}=20$ мм, $\alpha_{\text{контр}}=0,25$ мм.

Испытание плиты выполнялась за счет статического нагружения плиты бетонными фундаментными блоками. При этом нагружение осуществлялось по ступеням, величина которых составляла 1/10 от базового значения максимальной нагрузки. Измерение прогибов в середине плиты выполнялась с помощью двух прогибомеров Максимова, установленных в середине плиты, строго по рабочим сторонам (с точностью 0,1 мм.). Расчетная схема нагружения плиты фундаментными блоками в ходе испытания представлены на рис. 1

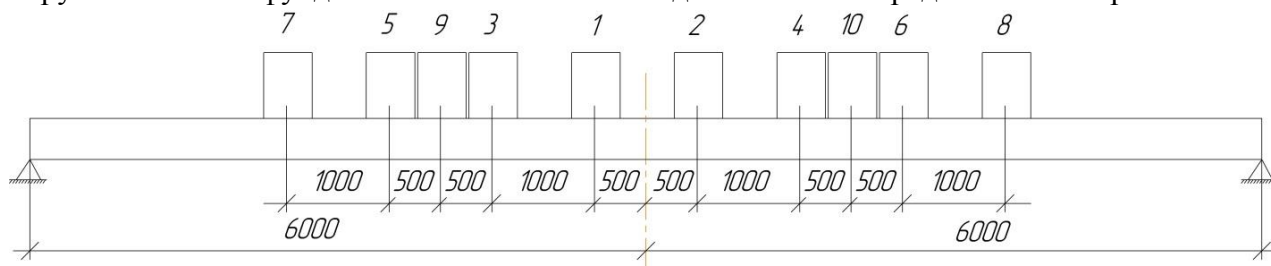


Рис. 1. Расчетная схема испытания плиты марки 2ПГ12-3Шв

Процедура испытания плиты и определения прогибов плиты с оценкой ширины раскрытия трещин и деформации преднапряженной рабочей арматуры в зоне анкеровки представлены на рис. 2 и рис.3 и систематизированы по всем ступеням загрузки плиты, в таблице 1.



Рис. 2. Последовательность загрузки плиты



Рис. 3. Схема измерения прогибов плиты в ходе испытания

Таблица 1

Количество блоков нагрузки	В пересчете на экв.нагрузку, кг/кв.м	Показание прогибомера №1	Прогиб по ребру №1, мм	Показание прогибомера №2	Прогиб по ребру №2, мм	Средний прогиб, мм
0		0,053	0	0,092	0	0
1	110.2	0,198	1,45	0,347	2,55	1,35
2	137.2	0,497	4,44	0,621	5,29	4,87
3	164.2	0,838	7,85	0,924	8,32	8,09
4	191.2	1,179	11,26	1,226	11,34	11,30
5	218.2	1,454	14,01	1,453	13,61	13,81
6	242,2	1,725	16,72	1,700	16,08	16,40
7	272.2	1,930	18,77	1,878	17,86	18,32
8	299.2	2,149	20,96	2,085	19,90	20,43
9	326.2	2,525	24,72	2,402	23,10	23,91
10	353.2	2,870	28,17	2,725	26,33	27,25
10, после 30 мин. выдержки	353.2	3,057	30,04	2,885	27,93	28,99

Детальный анализ результатов полученных в ходе испытания плиты позволил установить, что нагрузка, соответствующая началу образования первой волосяной трещины в нижней растянутой части середины ребра жесткость плиты равна 3.26 КПа, что значительно больше, чем регламентировано требованиями серии 1.465.1-15 [5], в частности по проектной документации, первая волосяная трещина должна была появиться при нагрузке $P_{1тр} = 2,30$ КПа. При этом, при нагружении плиты до $P_{2тр} = 3,70$ КПа, указанная трещина не достигла предельной ширины, равной $a_{контр} = 0,25$ мм, а составила всего 0.20 мм. Прогиб при соответствующей контрольной нагрузке по жесткости $P_{ж} = 2,60$ КПа, составил всего 18.32 мм, что также значительно ниже, чем допускаемый прогиб, равный в рассматриваемом случае $f_{контр} = 20$ мм. Наконец, смещение концов рабочей арматуры в торце плиты составило 0.01 мм, что ниже предельно допускаемого значения равного 0,10 мм. Измерение указанного параметра осуществлялось с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0.001 мм.

Кроме отмеченного, при испытании плиты авторами был использован магнитометрический метод определения напряженно-деформированного состояния рабочей арматуры плиты (разработанной А.А.Землянским), который позволил в первом приближении установить уровень напряжения в рабочей арматуре, который составил в рассматриваемом случае не более 400 МПа при нагрузке $P_{2тр} = 3,53$ КПа, что полностью подтверждает высокий уровень эксплуатационной надежности испытываемой плиты.

Полный анализ результатов полученных в ходе детального освидетельствования и полевого испытания плиты позволил установить, что испытанная плита проходит как по первому, так и по второму предельному состоянию и даже имеет некоторый запас прочности несмотря на то, что рассматриваемые плиты хранились под открытым небом в течение 22 лет. При этом прочность бетона не снизилась, а наоборот несколько увеличилась. Характеристики арматуры, включая элемент совместной работы арматуры и бетона также не претерпели каких-либо ощутимых негативных изменений, что объясняется, вероятно, только тем, что плиты хранились не в агрессивной среде, а в благоприятных для бетона условиях.

Учитывая все отмеченное, в рассматриваемом случае, можно признать, что техническое состояние плит является абсолютно – **работоспособным**, согласно требованиям ГОСТ 8829-94 [4] и ГОСТ 31937-2011 [2], а также РД ЭО 0462-03 [3], кроме того, полученные положительные результаты испытания можно распространить на все плиты рассматриваемой партии.

Литература:

1. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой России. Москва 2011.
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. Москва. ОАО «Концерн Росэнергоатом» 2015.
4. ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытания нагружением, правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Москва. Изд. МНТКС 1994.
5. Серия 1.465.1-15 Плиты железобетонные ребристые размером 3х12 для покрытия одноэтажных промышленных предприятий. Москва. Госстрой СССР. 1990
6. ГОСТ 17624-87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности бетона. Москва Госстрой СССР. 1988.
7. ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Москва. Госстрой СССР. 1988
8. ГОСТ 22904-93 Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. Москва. Госстрой России 1993.
9. Землянский А.А. Патент № 2295118 С1 Магнитоупругий датчик. Москва. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2007.

УДК 691.32

Применение стеклопластиковой арматуры в современном строительстве

Магеррамова Инна Александровна, ассистент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Дубнов Семен Андреевич, 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.

Аннотация: Описание материала стеклопластика. Цель применения стеклопластика в строительстве. Разновидности и их сравнение. Применение стеклопластиковой арматуры.

В настоящее время все более увеличивается число технически сложных объектов

строительства. Определяющими критериями развития современного общества являются энергосбережение и защита окружающей среды. В этих условиях традиционные строительные материалы уже не могут соответствовать всем требованиям, которые к ним предъявляются. В связи с этим на протяжении последних десятилетий учёными и инженерами по всему миру разрабатываются современные материалы, способные удовлетворять возрастающим потребностям строительной отрасли. Одним из таких материалов являются стеклопластики.

«Стеклопластики – это группа композиционных полимерных материалов. Изготавливаются они из наполнителя – стеклянных волокон или тканей. Для связывания наполнителя обычно используют ненасыщенные полиэфирные, формальдегидные и эпоксидные полимеры». [1] Все эти соединения обладают высокой адгезией и высокой смачивающей способностью, что приводит к быстрому твердению материала, исключая выделение летучих химических продуктов.

Существует три разновидности стеклопластиков:

- стеклопластики с ориентированными волокнами. Они имеют большую прочность, легкостью и химическую стойкость. Их производят из листов стеклошпона, представляющих собой полотна однонаправленных нитей, которые обволакиваются (но не пропитываются) и склеиваются спиртовыми растворами различных полимеров, что способствует сохранению высоких механических свойств. Диаметр стекловолокон составляет 5-15 мкм.

- стеклопластики из рубленного стеклянного волокна делают в виде плоских или волокнистых листов на обладающим светопрозрачностью полиэфирном связующем.

- стеклотекстолиты (на основе стеклянной ткани), производят при высоком давлении и температуре путём прессования либо пастообразной массы, либо полотнищ стеклянной ткани, предварительно пропитанной термореактивным полимером.

Стеклопластики в форме листов используют для ограждений балконов, лестниц прозрачных перегородок и навесов; для устройства кровель как гидроизоляционный материал, например в виде стеклорубероида. Также их применяют как наружный слой в трехслойных стеновых панелях. Из стеклопластиков формуют дверные и оконные блоки, санитарно-технические изделия; изготавливают трубы и резервуары. Однако наиболее часто технология стеклопластиков применяется при изготовлении стеклопластиковой арматуры (АСП).

Арматура изготавливается выше перечисленными методами. При этом качество наполнителя и связывающих полимеров сильно влияет на качество конечного изделия, что позволяет достигать различных физико-механических свойств арматуры.

Стеклопластиковая арматура обладает набором свойств, значительно отличающих ее от традиционной стальной арматуры. Одно из её основных преимуществ – очень высокая прочность, что неоднократно подтверждалось опытным и практическим способами. Предел прочности при растяжении у АСП может достигать 900 МПа, что в несколько раз выше чем у стальной арматуры класса А-III. Низкий удельный вес (в 9-12 ниже стальной), и возможность хранения в бухтах значительно облегчают перевозку стеклопластиковой арматуры.

АСП арматура имеет низкую теплопроводность и является диэлектриком, что позволяет значительно расширить область её применения. Однако основным достоинством АСП является коррозионная стойкость. «Процесс снижения прочности в условиях агрессивной среды у стеклопластиковой арматуры происходит значительно менее активно, чем у стальной». [3] Применение АСП вместе со специальными коррозионными бетонами помогает сохранять конструкции в течение длительного времени и обеспечивать требуемый срок

эксплуатации. Все основные преимущества стеклопластиковой арматуры представлены на рисунке 1.

В тоже время стеклопластиковая арматура имеет ряд существенных недостатков:

- низкий модуль упругости, что ограничивает применение данной арматуры в конструкциях перекрытиях;
- неудобства по креплению арматуры в виду отсутствия возможности сварки, единственный способ соединения – перевязка вязальной проволокой;
- невозможность придания стержню изогнутой формы;
- низкая теплостойкость. АСП теряет несущие свойства при 150°. Нагрев стержней до 600 °С разрушает вяжущее, при том, что стальная арматура при такой же температуре способна сохранять свои характеристики.

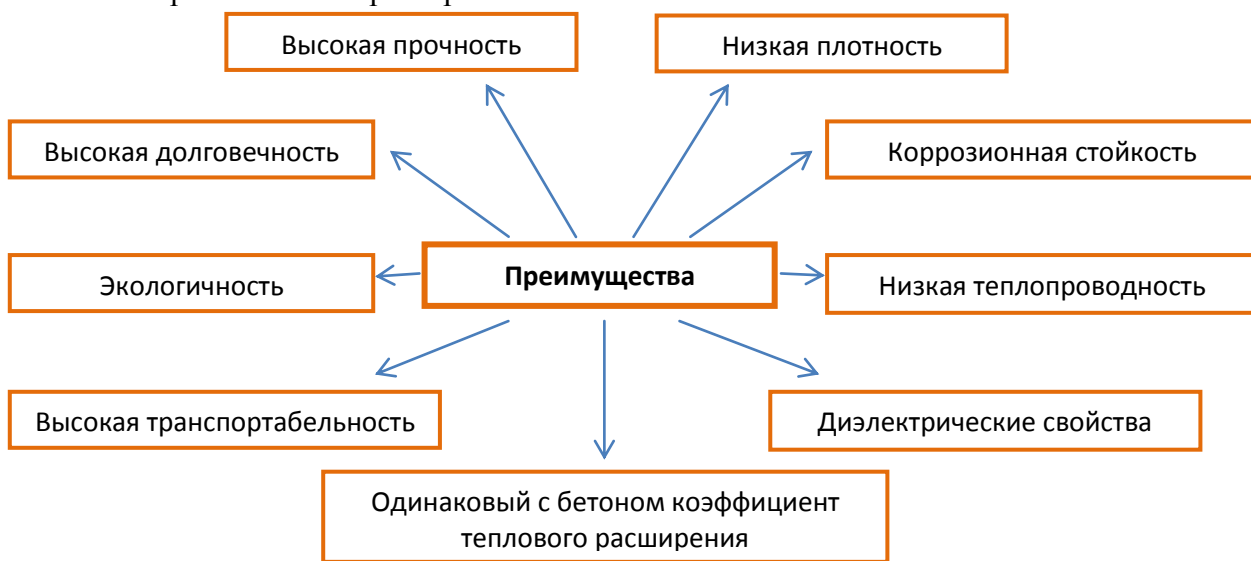


Рис. 1. Схема преимуществ стеклопластиковой арматуры

На рисунке 2 представлены основные недостатки стеклопластиковой арматуры.

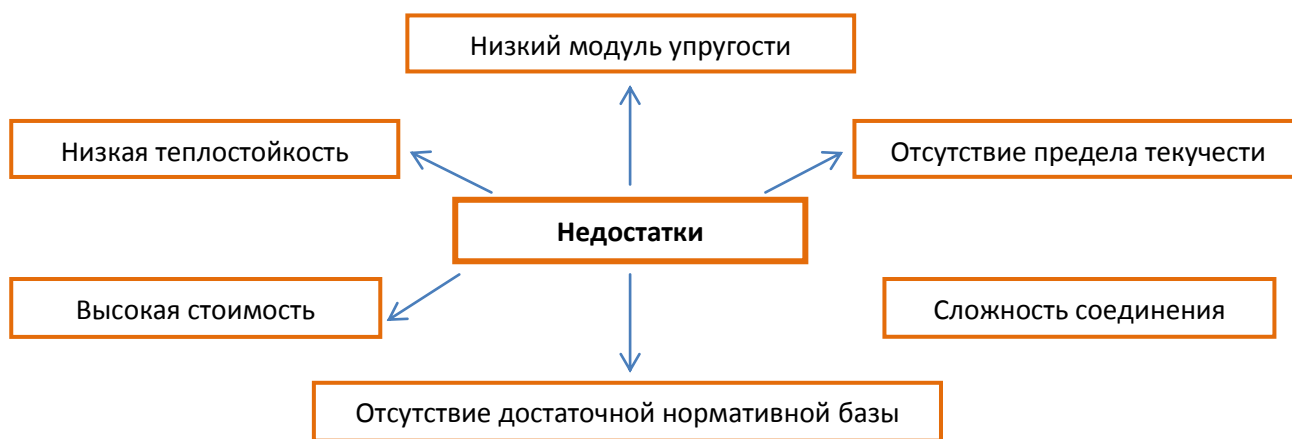


Рис. 2. Схема недостатков стеклопластиковой арматуры

Область применения стеклопластиковой арматуры достаточно обширна. Ее использование встречается в следующих областях строительной деятельности:

- армирование слабонагруженных несущих конструкций;
- перевязка рядов в каменной кладке;
- реставрация железобетонных и каменных конструкций;
- армирование конструкций из бетона, эксплуатируемых в условиях сильного электромагнитного излучения (осветительные опоры, опоры ЛЭП и т.п.);
- усиление существующих конструкций;

- дорожное строительство;
- армирование конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред (в зданиях и сооружениях химических предприятий, канализационных, мелиоративных систем, водоочистных сооружений др.);
- берегоукрепление (в виде сеток в основании);

Таким образом, применение стеклопластиков, в том числе арматуры имеет ряд особенностей. Ввиду своих недостатков и прежде всего высокой стоимости стеклопластиковая арматура к настоящему моменту не нашла широкого применения в отечественном строительстве и используется только там, где это востребовано и целесообразно. Однако стоит отметить, что за последние несколько лет существенно расширились возможности использования стеклопластиковой арматуры. А для дальнейшего развития данного строительного материала необходимы отработка технологии и внедрение регламентирующих нормативных документов, которые должны быть разработаны на основе всесторонних экспериментально-теоретических исследований.

Литература:

1. Микульский В.Г. Строительные материалы (материаловедение и технология): Учебное пособие. – М.: ИАСВ, 2002. – 536 с.
2. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / И.А. Рыбьев - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2004 - 701 с.; ил.
3. Баталова Н.А. Применение стеклопластиковой арматуры в строительстве, преимущества и недостатки в сравнении со стальной//Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2016. № 5 (27). С. 23-26.
4. Г.Э. Окольников, С.В. Герасимов, Перспективы использования композитной арматуры в строительстве//Экология и строительство. 2015. № 3. С. 14-21.
5. Староверов В.Д., Бароев Р.В., Цурупа А.А., Кришталеви́ч А.К. Композитная арматура: проблемы применения//Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 171-178.

УДК 691.32

Разновидности и применение фибробетона в строительстве

Магеррамова Инна Александровна, ассистент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Попова Юлия Александровна, студентка 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

Аннотация: Описание материала бетон. Цель применения фибры в строительстве. Виды фибры и их сравнение. Основные типы фибры. Применение фибробетона.

Прогресс не стоит на месте и сейчас строителями всего мира большое внимание

обращается к дисперсному бетону, а конкретно – фибробетону. Бетон – давно известный строительный материал, характеризующийся высокой прочностью и долговечностью. Но при всех плюсах есть и минусы: бетон хорошо работает на сжатие, но плохо на растяжение. Вследствие чего при воздействии нагрузок могут возникнуть растягивающие усилия, которые приводят к образованию трещин, что может привести к потере несущей способности всей конструкции.

Для снижения ударной вязкости бетона (хрупкость при ударе) и вероятности появления трещин в бетонной массе при затвердевании, решили увеличить прочность по всему объему бетонной массы на растяжение при помощи добавления дисперсных волокон (фибры), которые равномерно распределяются по всей его массе.

В 1909 году российский ученый Некрасов В. П. получил первый в мире патент на изделие из фибробетона. Он впервые разъяснил детали изготовления композита с армированными отрезками проволоки малых диаметров. Обширное развитие исследования по разработке фибробетонов и методы расчета конструкций из них получили с 60-х годов XX-го века.

С тех пор характеристики бетона с добавлением дисперсных волокон значительно изменились: прочность на растяжение повысилась на 25 – 30%; ощутимо увеличилась ударная вязкость; возросла стойкость к образованию трещин.

В данный момент фибра делится на две основные группы (рис.1):

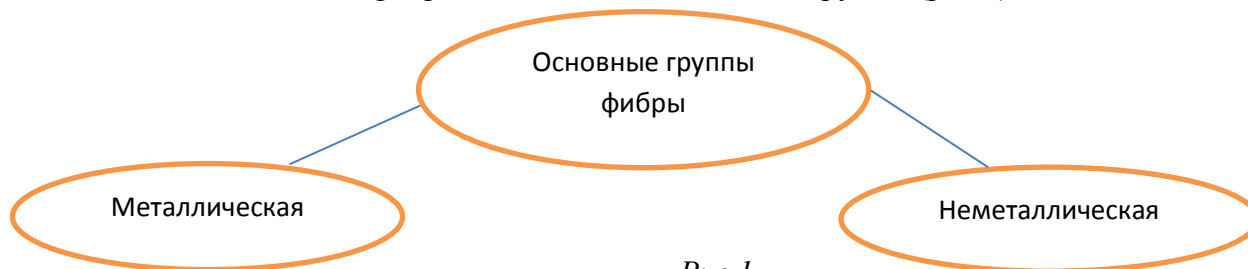


Рис.1

Металлическая фибра изготавливается из стали, имеет различную конфигурацию и размеры.

Неметаллическая изготавливается из волокон следующих материалов: стекло, полиэтилен, полипропилен, акрил, хлопок, вискоза, нейлон, полиэфир, базальт, асбест.

По своему происхождению и способам производства, фибра подразделяется на шесть основных типов, каждый из которых должен соответствовать ГОСТ 14613–83 «Фибра. Технические условия»:

- Наиболее распространенным наполнителем для бетона является стальная фибра. Данное волокно имеет повышенную прочность, не усаживается и обладает высоким сопротивлением развитию трещин. Помимо этого, влияние экстремальных температур и влаги не становится причиной потери свойств данного фибробетона.

- Улучшение показателей ударной вязкости, трещинообразования и стойкости к деформациям достигается применением базальтовой фибры.

- Стекловолокно, имеющее высокий модуль упругости, положительно влияет на пластичность бетона. Но из-за неустойчивости данного вида волокна к щелочной среде бетонной смеси необходимо пропитать бетон полимерами и добавить вещества, которые связывают щелочи. В итоге получается стеклофибробетон, который обладает следующими характеристиками: высокой ударопрочностью, температуростойкостью, влагостойкостью и устойчивостью коррозии.

- Углеродное волокно состоит из тонких нитей диаметром 5-15 мкм, который

образуется главным образом атомами углерода. Они сгруппированы в микроскопические кристаллы, которые параллельны друг к другу, что придает волокну высокую прочность на растяжение. Характеристикой углеродных волокон является высокая сила натяжения, низкий удельный вес, низкий коэффициент температурного расширения и химическая инертность.

- Синтетическая фибра (полиэтилен, полипропилен и другие синтетические волокна) делает бетон наиболее устойчивым к растяжениям, агрессивным средам и значительно снижает его электропроводность. Помимо этого, фибра из синтетики существенно облегчает бетонные конструкции.

- Использование в сухих строительных материалах добавок из натуральной целлюлозы позволяет усовершенствовать технологические свойства фибробетона.

С учетом того, что при использовании фиброволокна как наполнителя в бетон, прочностные характеристики, сопротивление развитию трещин, стойкость низким температурам и агрессивным средам второго повышаются. Его стали чаще использовать в конструкциях, которые эксплуатируются в экстремальных условиях:

- промышленные полы;
- резервуары больших объемов;
- облицовка тоннелей;
- изготовление шпал;
- фундаменты под оборудование динамического и ударного действия;
- покрытия дорог и настилы мостов;
- установка бронированных и огнестойких перегородок в банковских хранилищах;
- берегозащитные сооружения;
- реакторные отделения атомных станций;
- здания в сейсмически активных зонах.

В строительстве гражданских зданий фибробетон используют там, где обычный бетон не обеспечивает необходимую прочность. В качестве шумозащитных экранов вдоль автомагистралей и дорог используют стеклофибробетон. Также фибробетон служит необходимым материалом для водоотводных лотков, канализационных коллекторов и гидроизоляционных покрытий из-за своей химической стойкости. Широкое использование фибробетон получил в реставрационных работах.

С появлением фибробетона в строительстве появились относительно легкие и прочные архитектурные элементы произвольной конфигурации. Причем фибробетон обладает достаточно широкой цветовой гаммой, что позволяет получить конструкции, имитирующие натуральные материалы.

Достоинства и недостатки фибробетона

Высокие технологические характеристики являются безусловным достоинством фибробетона. Конструкции из него имеют высокую устойчивость к истиранию и химическому воздействию, не подвержены деформациям в период службы и обладают повышенной прочностью на разрыв и растяжение. Эксплуатационный срок таких конструкций по сравнению с изделиями из обычного бетона превосходит в 15-20 раз.

Фиброволокно как армирующий материал дает возможность уменьшить трудоемкость изготовления изделий из бетона. В таких конструкциях не требуется применять металлические каркасы и сетки для дополнительного усиления. Данный фактор существенно увеличивает скорость строительства и освобождает от трудоемких затрат.

Прочность бетона по всей площади обеспечивается равномерным распределением фиброволокон в его толще, чего невозможно достичь при обычном армировании.

Поверхность фибробетона не подвержена сколам и выщербинам.

Данная разновидность бетона по сравнению с обычным бетоном более устойчива к резким перепадам температуры. Изделия, выполненные из него, обладают водонепроницаемостью, жаропрочностью и морозостойкостью.

Фибробетон значительно легче бетона с арматурой из металлической сетки. Он способен принимать произвольную форму, что облегчает процесс сооружения бетонных конструкций. Толщина бетонных плит и расход бетонного раствора уменьшаются за счет удаления этапа армирования металлической сеткой.

Единственным недостатком фибробетона сравнительно с обычным бетоном является его высокая стоимость, которая обусловлена затратами на его производство.

Из вышесказанного мы узнали, что фибробетон – это однородный мелкозернистый материал, в состав которого входит армирующий наполнитель. Фибробетон обладает рядом положительных технологических характеристик. Изделия, выполненные из армированного фиброй бетона, по сравнению со стандартными (железобетонными), обладают более высокой экономической эффективностью, что выражается в: значительном снижении затрат труда, при этом цена работ оказывается конкурентоспособной; понижении необходимости в материалах; ощутимом увеличении долговечности; продлении межремонтных промежутков; минимальных недостатках, которые имеются у стержневого армирования.

Источники:

1. <http://diskmag.ru/materialy/fibrobeton-harakteristiki.html>
2. <https://beton-house.com/vidy/specialnye/fibrobeton-512>
3. <http://fb.ru/article/282486/fibrobeton-chto-eto-takoe-sostav-kachestva-primenenie>
4. <https://moluch.ru/archive/136/38264/>
5. <http://kontur.ua/>
6. <http://kladembeton.ru/vidy/drugie/fibrobeton.html>

УДК 691.32

Применение фибры в строительстве на примере прозрачного бетона

Магеррамова Инна Александровна, ассистент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Царева Александра Павловна, студентка 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

Аннотация: Описание материала бетон. Цель применения фибры в строительстве. Виды фибры и их сравнение. Применение стекловолоконной фибры для создания прозрачного бетона. Области применения прозрачного бетона.

В современном строительстве широко применяется бетон. Это обусловлено такими его качествами как прочность, долговечность, невысокая стоимость, а так же возможностью

монтажа и возведения конструкций самых разнообразных форм и назначений. Во многих отношениях аналогов бетона до сих пор нет, не смотря на наличие новых материалов в строительной отрасли. При всех плюсах, у бетона имеется и ряд недостатков. Под воздействием погодных условий, при постоянных и интенсивных нагрузках, ветре, влаги, при перепадах температуры и усадке этот материал подвержен механическим повреждением, а именно растрескиванию и разрушению. Больше всего разрушению подвержены края и места соединений элементов бетонных конструкций. С целью улучшения структуры бетона, увеличения его прочностных свойств, а так же продления срока эксплуатации в раствор добавляются волокна микрофибры – благодаря этому отличный строительный материал становится еще лучше.

Фибра (от лат. – fibra – волокно) представляет собой особые тонкие нити, изготавливаемые из различных материалов. Ее добавляют в бетонные смеси для микроармирования, а так же в сухие составы для улучшения их характеристик. Различают следующие виды фибры в зависимости от исходного материала:

- Металлическая фибра (стальная). Наиболее популярный и часто используемый вид фибры, так как она может обеспечить практически неограниченные возможности в строительстве. Она придает постройкам и конструкциям высокую прочность и устойчивость к внешним воздействиям, надежность и долговечность. Расход материала на один квадратный метр – от 30 до 40 кг. Металлическая фибра производится из стальной низкоуглеродистой проволоки ГОСТ 3282, из холоднокатаного стального листа ГОСТ 19904 и из стальных слябов ОСТ 14-17-17-90. Различают волновую, анкерную, и фибру в виде прямых отрезков. Однако недостаток данного вида – высокий вес изделий, низкая коррозионная стойкость, низкая сцепляемость с телом бетона, а так же свойство выходить на поверхность бетона в результате эрозий.

- Полипропиленовая фибра. Изготавливается из синтетического термопластичного неполярного материала, полимер газа пропилена. Используется для дисперсного армирования бетона. Применяется реже остальных, так как имеет ряд недостатков: низкая прочность волокна на растяжение, низкий модуль упругости (3500 Мпа), низкая температурная стойкость (температура плавления – 160°C, температура воспламенения – 320°C), высокий коэффициент удлинения волокна (до 300 %).

- Углеродная фибра изготавливается из резанных углеродных нитей посредством их обработки при температуре 3200°C. Она служит для объемного армирования бетона путем добавления в сухую смесь до затворения водой. Углеродная фибра обладает очень высокими прочностными характеристиками, имеет низкий коэффициент удлинения, стойка к любой агрессивной среде и химическим элементам. Отличается высокой стоимостью, от 1000 руб./кг.

- Базальтовая фибра изготавливается из горной породы – базальта, который образуется в результате излияния магмы на поверхность земли и ее застывания. Материал отличается высокой стойкостью к агрессивным средам, он не подвержен коррозии, и не теряет своих качеств с течением времени. Фибра из базальтовых волокон унаследовала все эти качества, и не обладает высоким ценником по сравнению с углеродными волокнами и волокнами из щелочестойкого AR стекла. Сфера применения базальтовой фибры: гидротехнические сооружения; сооружения, работающие в агрессивных средах; строительство в сейсмоопасных регионах; автодороги с интенсивным движением; мосты; атомные станции и хранилища радиоактивных отходов; наливные полы, бетонные трубы и др.

Стекловолоконная фибра представляет собой тонкие отрезки стекловолоконной нити белого цвета. Она изготавливается щелочестойкого неорганического стекла путем его расплава. Условно различают две большие группы: Е-стекло – самое распространенное, общего назначения и ВМП – высокомодульное стекло повышенной прочности. Материал является экологически чистым. Он не подвержен гниению, коррозии. Прочность на изгиб фибробетона, армированного стекловолокном выше в 5 раз по сравнению с обычным. Также увеличивается его ударная прочность и прочность на сжатие. Стеклофибробетон по пластичности, способности передавать все особенности рельефа конструкции, не имеет себе равных. Благодаря такой фибре для бетона, архитекторы могут воплотить в нем любое конструктивное решение. Плюсы применения данной фибры: такие бетонные изделия имеют меньший вес и повышенную прочность, из-за чего снижаются затраты на их монтаж и транспортировку, уменьшается нагрузка на несущую конструкцию и перекрытия здания.

Рассмотрим более подробно бетон с применением стекловолоконной фибры. Одной из разновидностей такого бетона является прозрачный бетон (литракон). Первый образец данного материала был изготовлен Венгерским архитектором Ароном Лошонци в 2001 году. Материал сразу завоевал популярность, так как вместе со всеми свойствами обычного бетона, он может обеспечить зданиям дополнительное освещение благодаря своей светопропускной способности. Стены из прозрачного бетона способны пропускать в помещение лучи естественного света в дневное время суток, освещать приусадебный участок за счет комнатного освещения. Добиться такого эффекта удаётся за счёт смешивания мелкозернистого цементного раствора с оптоволоконными нитями. Если процент таких трубочек в общем растворе не превышает 5 % - материал не теряет своих функциональных особенностей, но при этом становится прозрачным. Волокна могут хаотично располагаться по поверхности готового изделия, или заливаться в определенном порядке для создания рисунка или надписи. Кроме контуров, прозрачный бетон может быть разных оттенков, что позволяет создавать игру цвета и теней. Внешне материал выглядит не как бетон, а скорее, как гранит или искусственно состаренный мрамор. Ярким примером использования литракона является внешняя отделка главного офиса автомобильного завода BMW в Лейпциге, ярко сияющая по вечерам.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика различной фибры

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная (металлическая) фибра
Материал	Базальтовое волокно	Полипропилен	Стекловолокно	Проволока из углеродистой стали
Прочность на растяжение, МПа	3500	150-600	1500-3500	600 – 1500
Диаметр волокна	13-17 мкм	10 – 25 мкм	13 – 15 мкм	0,5 – 1,2 мкм
Длина волокна	3,2 – 15,7 мм	6 – 18 мм	4,5 – 18 мм	30 – 50 мм
Модуль упругости ГПа	Не менее 75	35	75	190
Коэффициент удлинения, %	3,2	20 – 150	4,5	3 - 4
Температура плавления, С°	1450	160	860	1550
Стойкость к щелочам и коррозии	Высокая	Высокая	Только у щелочестойкого волокна	Низкая
Плотность, г/см ³	2,60	0,91	2,60	7,80

Сложность изготовления такого материала заключается в укладке оптоволоконных нитей в бетонную смесь. Сделать вручную это крайне сложно не нарушив светопропускную способность оптоволоконной нити, поэтому необходимо использовать специальное дорогостоящее оборудование. Литракон изготавливают плитами или блоками индивидуального размера высотой 500 и длиной до 1300 мм в зависимости от применения и габаритов здания. Раствор заливается в опалубку послойно. После заливки первого слоя производится укладка оптоволоконной нити, далее необходимо выдержать временной интервал для частичного загустения смеси, после чего процедура повторяется. Что касается кладки, то она осуществляется с помощью специализированной клеевой смеси на эпоксидных смолах. Такая смесь надежно фиксирует блоки, полностью пожаробезопасна и не токсична.

Таким образом, пока прозрачный бетон остаётся материалом не для обычного потребителя. Но изобретение пришлось по душе многим архитекторам из-за необычного свойства. При помощи комбинации литракона с освещением, можно создавать оригинальные барные стойки, стены, разделяющие большие общие пространства в гостиницах, арт-инсталляции и многие другие детали, способные кардинально изменить интерьер.

Литература.

1. <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/fibra-dlya-betona-svoistva-primenenie>
2. <http://fb.ru/article/208830/fibra-dlya-betona-raznovidnosti-svoystva-primenenie>
3. <http://stroitel-list.ru/beton/stroitel'naya-fibra-dlya-armirovaniya-betona.html>
4. <http://sfbvolokno.ru/>
5. <http://fb.ru/article/250342/prozrachnyiy-beton-tehnologiya-proizvodstva>

УДК 691.32

Применение композитной арматуры в бетонных конструкциях

Меланич В.М., кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

Котельникова Т.О., студентка 4 курса 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

Аннотация: Долговечность железобетонных конструкций в значительной степени обусловлена коррозионной стойкостью металлической арматуры. Проблему повышения долговечности железобетонных конструкций в значительной степени можно решить применением неметаллической композитной арматуры. В статье рассмотрены различные варианты использования неметаллической композитной арматуры в бетонных конструкциях, международная практика ее применения.

Металлическая арматура в железобетонных конструкциях, являясь самым

ответственным элементом, играет не только положительную, но и отрицательную роль. С одной стороны, она усиливает бетонные конструкции, но с другой является самым уязвимым с точки зрения коррозии элементом, который под воздействием агрессивной среды, проникшей через защитный слой бетона, корродирует. Продукты коррозии, увеличиваясь в объеме, приводят к нарушению сцепления арматуры с бетоном, появлению коррозионных трещин. В результате несущая способность и долговечность железобетонных конструкций уменьшаются.

Для обеспечения требуемой долговечности приходится при проектировании увеличивать площадь сечения арматуры, вводя запас на коррозию, а это увеличивает стоимость конструкций. Применение высокопрочной стальной арматуры, особенно в предварительно напряженных конструкциях также усложняет проблему обеспечения долговечности. Дело в том, что высокопрочная арматура подвергается не обычной поверхностной коррозии, а коррозионному растрескиванию, которое может привести к внезапному хрупкому разрушению железобетонных конструкций.

В связи с этим появление высокопрочной неметаллической арматуры, выполняемой из композиционных материалов и представляющей собой стержни периодического профиля из стеклянных, базальтовых или углеродных волокон, пропитанных химически стойким полимерным связующим, следует только приветствовать.

В настоящее время промышленностью выпускается широкая номенклатура неметаллической композитной арматуры и накоплен определенный опыт производства бетонных конструкций с композитной арматурой. Применение такой арматуры обеспечивает долговечность железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных условиях. Композитная арматура характеризуется абсолютной стойкостью к агрессивной среде, высокой прочностью и огнестойкостью, она не электропроводна и диамагнитна, имеет высокие реологические свойства и не теряет прочностные свойства под воздействием сверхнизких температур.

Неметаллическая арматура для бетонных конструкций должна обладать заданными прочностными и деформативными свойствами при кратковременном и длительном действии нагрузок в широком спектре температур, а также в условиях коррозионных воздействий, обеспечивая сцепление с бетоном в течение всего срока эксплуатации конструкций.

В соответствии с требованиями ГОСТ 31938-2011 арматура, делится на следующие виды:

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| АСК - стеклокомпозитную; | АБК - базальтокомпозитную; |
| АУК- углекомпозитную; | ААК- арамидокомпозитную; |
| АКК - комбинированную композитную. | |

В зависимости от вида арматуры она обладает следующими минимальными характеристиками:

- прочность при растяжении от 800 до 1400 МПа;
- жесткость, характеризуемая модулем упругости от 50 до 130 ГПа;
- прочность на сжатие от 500 до 1000 МПа;
- относительное удлинение при растяжении 2,2%;
- плотность — $1,9 \text{ т/м}^3$, что в четыре с лишним раза меньше плотности стали — $7,8 \text{ т/м}^3$;
- широкий температурный диапазон применения при стабильности эксплуатационных характеристик (от минус 70°C до плюс 60°C);
- не подверженность воздействию агрессивных сред.

Недостатки композитной арматуры как бы являются продолжением ее достоинств и потому ограничивают ее применение:

- несвариваемость композитной арматуры;
- невозможность изготавливать гнутые элементы на строительной площадке, а только заранее при ее производстве;
- более низкий чем у стали модуль упругости ограничивает ее применение в сжатой зоне элементов;
- отсутствие длительного опыта применения композитной арматуры и потому отсутствие информации о длительном поведении конструкций с этой арматурой;
- недостаточное количество экспериментальных исследований и нехватка нормативно-технической документации по проектированию конструкций, армированных композитными материалами.

Представляет интерес сопоставление площадей сечения металлической и композитной арматуры, выдерживающих одинаковую нагрузку (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение площадей сечения металлической и композитной арматуры.

Металлическая арматура А400	Композитная неметаллическая арматура АСП ТУ 5769-248-35354501-2007
Ø6 А400; $P_{расч} = 10200 \text{ Н} ; A = 28,3 \text{ мм}^2$.	Ø5 АСП; $P_{расч} = 10200 \text{ Н} ; A = 10,2 \text{ мм}^2$.
Ø10 А400; $P_{расч} = 28300 \text{ Н} ; A = 78,5 \text{ мм}^2$.	Ø7 АСП; $P_{расч} = 28300 \text{ Н} ; A = 28,3 \text{ мм}^2$.
Ø14 А400; $P_{расч} = 55450 \text{ Н} ; A = 154 \text{ мм}^2$.	Ø10 АСП; $P_{расч} = 55450 \text{ Н} ; A = 55,5 \text{ мм}^2$.
Ø18 А400; $P_{расч} = 91450 \text{ Н} ; A = 254 \text{ мм}^2$.	Ø12 АСП; $P_{расч} = 91450 \text{ Н} ; A = 91,5 \text{ мм}^2$.

В различных документах по проектированию бетонных конструкций с композитной арматурой, использованы требования нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций с металлической арматурой. Такой подход имеет место и в включенном в СП 63.13330.2012 разделе по расчету конструкций с композитной полимерной арматурой.

В отличие от расчетов железобетонных конструкций со стальной арматурой в СП отсутствуют указания по назначению нормативных и расчетных характеристик композитной полимерной арматуры. Отмечено, что нормативные значения сопротивления растяжению и модуля упругости определяют по испытаниям образцов в соответствии с ГОСТ 31938. Данный стандарт устанавливает минимальные значения физико-механических показателей стержневой композитной арматуры, а также допускает, что предел прочности и модуль упругости при растяжении должны быть не менее значений, принятых изготовителями арматуры.

Таким образом, в сводах правил и национальных стандартах отсутствуют экспериментально обоснованные указания по установлению расчетных характеристик композитной арматуры, позволяющие назначать соответствующие показатели. Сегодня проектирование бетонных конструкций с композитной арматурой возможно только

применительно к продукции конкретных предприятий-изготовителей в соответствии с их техническими условиями.

Международная практика применения композитной арматуры.

Японское сообщество гражданских инженеров (JSCE) разработало (JSCE, 1997) на основе модификации японской стали RC, кодекс практики, который может применяться для проектирования железобетонных или предварительно напряженных посредством стеклопластиковой арматуры, конструкций.

В JSCE существует два направления, учитывающие как строительные факторы, так и факторы безопасности, которые несколько выше, чем те, которые используются для стальной арматуры. Но для конструкций, работающих на изгиб, нет никакой информации о способах изгиба, в результате которых применяется предлагаемый коэффициент запаса. Результаты исследований могут быть использованы в качестве справочного документа, так как в нем приведена общая информация о различных типах стеклопластиковой арматуры и ее качественных характеристиках.

Руководство по проектированию Canadian Standard Association (CSA) CAN/CSA-S806-02 (2002) выпустило рекомендации по проектированию и строительству конструкций зданий с применением стеклопластиковой арматуры. Кроме проектирования бетонных конструкций, армированных с использованием композитной арматуры, рекомендации также содержат информацию о физико-механических свойствах композитной арматуры. Данное руководство было одобрено как национальный стандарт Канады.

Разработки American Concrete Institute (ACI) для бетона, усиленного стеклопластиковой арматурой, прежде всего основаны на модификации правил ACI 318 (ACI 318-02, 2002). Основа этого документа - данные, полученные в результате международных экспериментальных исследований и реального применения стеклопластиковой арматуры. В ACI 440.1R идея проектирования основана на учете хрупкого поведения стеклопластиковой арматуры. Чтобы скомпенсировать нехватку пластичности, элемент должен обладать более высоким запасом прочности. Из-за этого несущая способность оказывается выше, чем принимаемая в традиционном расчете прочности железобетона.

Нормы устанавливают различные пределы для каждого типа стеклопластиковых арматурных стержней, которые не должны быть превышены.

Очевидно, что нужно проводить исследования и испытания бетонных конструкций, армированных композитной арматурой различного вида, с целью изучения особенностей ее совместной работы с бетоном при кратковременных и длительных нагружениях.

Необходимо на основании комплексных экспериментальных исследований установить нормативные значения предела прочности при растяжении и модуля упругости при растяжении, которые будут обеспечены с заданной надежностью всеми изготовителями. Это сложная и трудоемкая процедура, поскольку на физико-механические характеристики композитов оказывают влияние многие факторы, в частности параметры технологического процесса.

Разработка и принятие правоприменительной и нормативной документации в России отстает от западных разработчиков. И это неплохо. Полной ясности с коэффициентами и нормами при проектировании нет ни у нас, ни за границей, поэтому на всякий случай все закладывают избыточные прочностные характеристики. При этом каждые пять-семь лет появляются новые, уточняющие рекомендации, основанные на новых исследованиях. В целом же стеклопластиковая арматура является конкурентоспособной по сравнению со стальной арматурой.

Литература:

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М., 2012.
2. CAN/CSA-S6-02, Design and Construction of Building Components with Fiber-Reinforced Polymers, Canadian Standards Association, 2002.
3. ACI 440.1R-06, Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars, American Concrete Institute, 2006.
4. JSCE, Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials, Tokyo, Japan: Japan Society of Civil Engineers, 1997.
5. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю., Неметаллическая композитная арматура для бетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №1. с. 45-47.

УДК 624.073

К вопросу расчёта изгиба прямоугольных пластин с учётом истории нагружения по теории течения прандтля-рейсса

Паницкова Г.В. кандидат технических наук, доцент

Балаковский инженерно-технологический институт - филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Аннотация. В работе анализируется решение дифференциальных уравнений упругопластического изгиба пластин, полученных на основе теории Прандтля-Рейсса и гипотез Кирхгофа-Лява. Представлены результаты решения задач изгиба квадратных в плане пластин различной толщины при равномерно распределенном и ступенчатом нагружении.

Система дифференциальных уравнений упругопластического изгиба пластин для сложного нагружения получена в работе [1].

В безразмерном виде линеаризованные по методу последовательных приближений для i -того приближения уравнения запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{12(1-\nu^2)} \left\{ \lambda^2 \frac{\partial^4 \Delta u_i}{\partial \xi^4} + 2 \frac{\partial^4 \Delta u_i}{\partial \xi^2 \partial \eta^2} + \frac{1}{\lambda^2} \frac{\partial^4 \Delta u_i}{\partial \eta^4} + \left[\lambda \frac{\partial^2 \Delta \tilde{M}_{\xi}}{\partial \xi^2} + \right. \right. \\ & \left. \left. + 2 \frac{\partial^2 \Delta \tilde{M}_{\xi\eta}}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial^2 \Delta \tilde{M}_{\eta}}{\partial \eta^2} \right]_{i-1} \right\} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \eta^2} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \eta^2} - \\ & - \frac{\partial^2 \Delta \varphi_{i-1}}{\partial \eta^2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi^2} \right) - \frac{\partial^2 \Delta \varphi_{i-1}}{\partial \xi^2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \eta^2} \right) + \\ & + 2 \left[\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi \partial \eta} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{\partial^2 \Delta \varphi_{i-1}}{\partial \xi \partial \eta} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi \partial \eta} \right) \right] = \Delta p_i, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \lambda^2 \frac{\partial^4 \Delta \varphi_i}{\partial \xi^4} + 2 \frac{\partial^4 \Delta \varphi_i}{\partial \xi^2 \partial \eta^2} + \frac{1}{\lambda^2} \frac{\partial^4 \Delta \varphi_i}{\partial \eta^4} + \left[\lambda \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} (\Delta \tilde{N}_\eta - \nu \Delta \tilde{N}_\xi) + \right. \\
& \left. + \frac{1}{\lambda} \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} (\Delta \tilde{N}_\xi - \nu \Delta \tilde{N}_\eta) - 2(1 + \nu) \frac{\partial^2 \Delta \tilde{N}_{\xi\eta}}{\partial \xi \partial \eta} \right]_{i-1} - \\
& - 2 \frac{\partial^2 \Delta u_{i-1}}{\partial \xi \partial \eta} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi \partial \eta} \right) + \frac{\partial^2 \Delta u_{i-1}}{\partial \eta^2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \xi^2} \right) + \\
& + \frac{\partial^2 \Delta u_{i-1}}{\partial \xi^2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta u_i}{\partial \eta^2} \right) = 0.
\end{aligned} \tag{1}$$

Здесь $u = w/2h$ – безразмерный прогиб, $\lambda = b/a$ – параметр удлиненности пластины, $\Delta p = \Delta q a^2 b^2 / 32 G (1 + \nu) h^4$ – параметр приращения поперечной нагрузки, $\varphi = \Phi / 16 Gh^3 (1 + \nu)$ – безразмерная функция мембранных усилий, $\tilde{M}_\xi = 3(1 - \nu) ab M_x / 8 Gh^4$, $\tilde{M}_\eta = 3(1 - \nu) ab M_y / 8 Gh^4$, $\tilde{M}_{\xi\eta} = 3(1 - \nu) ab M_{xy} / 8 Gh^4$, $\tilde{N}_\xi = ab N_x / 16 Gh^3 (1 + \nu)$, $\tilde{N}_\eta = ab N_y / 16 Gh^3 (1 + \nu)$, $\tilde{N}_{\xi\eta} = ab N_{xy} / 16 Gh^3 (1 + \nu)$ – параметры пластических составляющих моментов и мембранных усилий, определяющие физическую нелинейность задачи, G – модуль сдвига, h – половина толщины пластины, ν – коэффициент Пуассона, a и b – размеры пластины в плане.

Члены с индексами $i-1$ являются известными из решения задачи предыдущего приближения и играют роль переменных коэффициентов, u и φ – функции прогибов и усилий, накопленные к i -тому приближению, также являются известными.

Для решения системы уравнений (1) применялся метод вариационных итераций.

Искомые функции представлялись в виде:

$$\Delta u_i = X_{ui}(\xi) Y_{ui}(\eta), \quad \Delta \varphi_i = X_{\varphi i}(\xi) Y_{\varphi i}(\eta). \tag{2}$$

На первой итерации каждого приближения функции $X_{ui}(\xi)$ и $X_{\varphi i}(\xi)$ полагались аппроксимирующими, а функции $Y_{ui}(\eta)$ и $Y_{\varphi i}(\eta)$ определялись из решения вариационных уравнений:

$$\begin{aligned}
& \int_0^1 [A(X_{ui}, Y_{ui}, X_{\varphi i}, Y_{\varphi i}) - \Delta p_i] X_{ui} d\xi = 0, \\
& 0 \leq \xi \leq 1 \\
& \int_0^1 [C(X_{ui}, Y_{ui}, X_{\varphi i}, Y_{\varphi i})] X_{\varphi i} d\xi = 0,
\end{aligned}$$

где A и C – левые части уравнений (1) с учетом выражений (2).

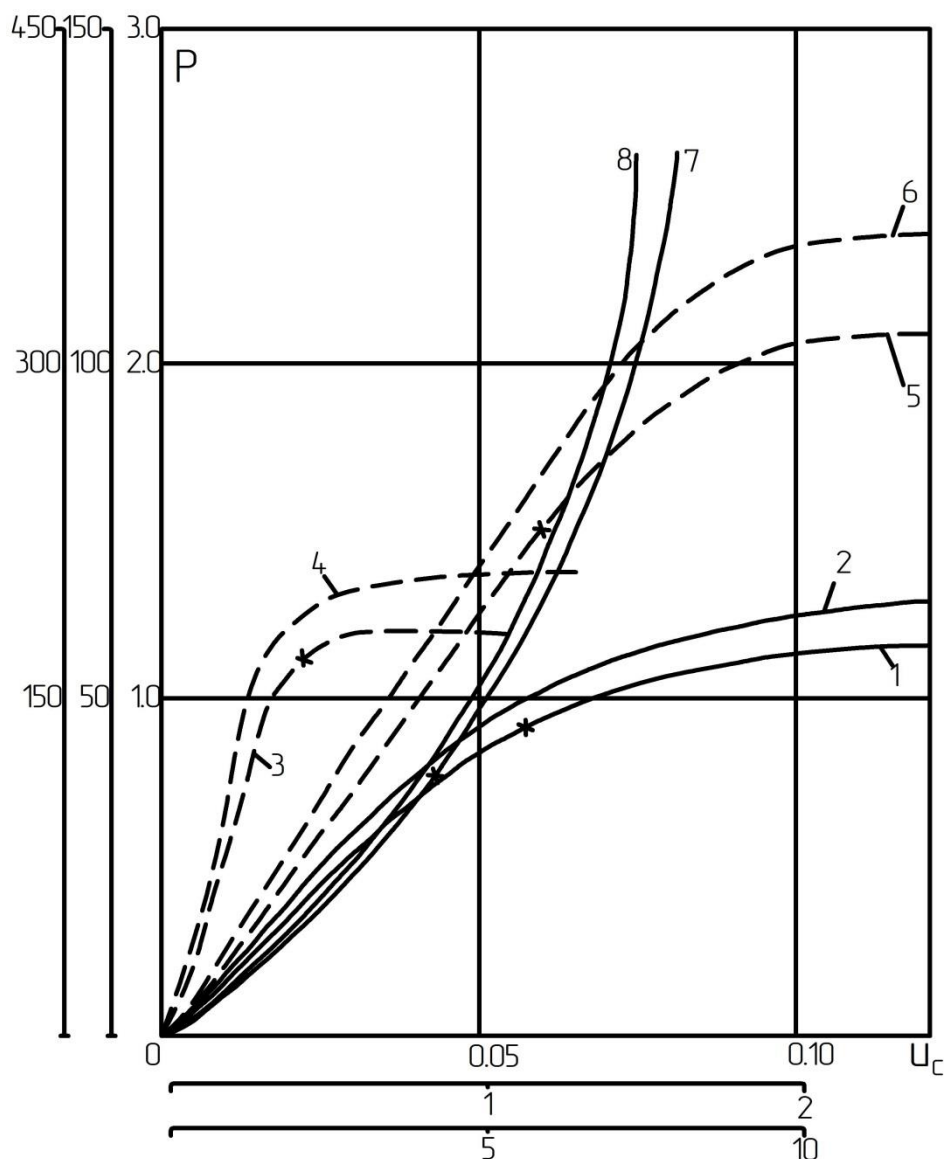


Рис. 1. Зависимости нагрузки от прогиба в центре пластины

На второй итерации полученные функции $Y_{ui}(\eta)$ и $Y_{\varphi i}(\eta)$ принимались за аппроксимирующие, а функции $X_{ui}(\xi)$ и $X_{\varphi i}(\xi)$ определялись из вариационных уравнений для другого направления. Процесс итераций на каждом приближении продолжался до стабилизации функции $X_{ui}(\xi)$, $X_{\varphi i}(\xi)$, $Y_{ui}(\eta)$, $Y_{\varphi i}(\eta)$.

В выражениях для приращений пластических составляющих мембранных усилий и моментов присутствуют отношения интенсивности девиатора приращений пластических деформаций к интенсивности девиатора напряжений.

Были выполнены расчеты квадратных пластин с граничными условиями: шарнирное опирание на гибкие нерастяжимые в касательной плоскости ребра и жестко защемленные края. Диаграмма деформирования материала аппроксимировалась двузвенной ломаной с $\gamma_s = 0,0016$ и $\beta = 1$. Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.

На рис. 1 приведены зависимости нагрузки от прогиба в центре пластины для пластин с параметрами толщины $\frac{2h}{a} = 0,1$ (кривые 1-4), $\frac{2h}{a} = 0,01$ (кривые 5-8).

Кривые 2,4,6,8 соответствуют равномерно распределенной нагрузке. Зависимости 1,3,5,7 даны для нагрузки, распределенной равномерно по полосе $0,5 \leq \xi \leq 1$ до некоторого

значения функции прогибов (на графиках помеченного крестиком), затем по полосе $0 \leq \xi \leq 0,5$ до стадии глубокой пластичности. Сплошными линиями представлены результаты решения с первым типом граничных условий. Штриховые линии отвечают второму типу.

Первые дополнительные шкалы относятся к кривым 5,6. Вторые дополнительные шкалы – к кривым 7,8.

Список использованных источников:

1. Паницкова Г.В. Уравнения движения пологой оболочки при трёхпараметрическом нагружении / Г.В.Паницкова. Саратов: Саратов. политехн. ин-т, 1986. 8с. Деп. в ВИНТИ 3.12.86. № 8238-B86.

УДК 69.036

Творчество Ф.О. Шехтеля в интерьере храма святой троицы в Балаково

Попова Надежда Александровна, доктор архитектуры, 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

Аннотация. В статье приведены результаты архитектурного и сравнительного анализа исторических материалов 1909 г, с современными восстановленными формами 2017 г. Выявлено сохранение шехтелевских черт в современном интерьере храма Святой Троицы в Балаково.

Ф.О. Шехтель - знаменитый московский мастер модерна, в 1909 году выполнил проект храма Святой Троицы. В 1910-14 гг. руководил его строительством в Балаково, по заказу купцов Мальцевых «хлебных королей» степного Заволжья. Сохранились его планшеты в Саратовском архиве и в архивах музея Щусева в Москве.



Рис.1. Проект Шехтеля 1909: 1 -главный фасад церкви; 2 – интерьеры церкви.

Как все памятники Ф.О. Шехтеля Свято - Троицкий храм обладает незаурядными чертами интерьера, достойным его автора. Планировочная организация зодчим выполнена традиционно с обеспечением наикратчайших связей помещений между собой и обеспечение самостоятельной жизни его главных составляющих: молитвенного зала главного Свято-Троицкого придела; предела Александра Невского; колокольни; и подвального этажа, выполняющего функции инженерного и хозяйственного обслуживания храма. Все помещения имеют самостоятельное объемное решение.



Рис. 2. Интерьер молитвенного зала



Рис. 3. Подкупольное пространство



Рис. 4. Входная антресоль.



Рис. 5. Резное ограждение хоров

Ядром композиции является обширное пространство молитвенного зала. Зодчий опирается на каноны и символику церковного зодчества древнерусского православия. «Христианское искусство с первых веков было глубоко символично, а символика эта не была явлением, свойственным этому периоду христианской жизни. Она неотделима от церковного искусства потому, что та духовная действенность, которую оно выражает, не может, передана иначе, чем символами» [1]. Согласно которым, представлению о Вселенной соответствует

архитектурный тип средней части храма с её четырьмя стенами, четырьмя парусами и купольным покрытием - так называемый кубический тип [2].

На рис. 2 и 3. ярко представлена шехтелевская гениальная композиция организации кубического пространства зала высотой 18 метров [3], с опиранием внутренней сферы купола на опорное кольцо барабана, которое в свою очередь передает свою нагрузку на подпружные огромные арки, пяты которых опираются на четыре угловых пилон, выделяя четыре паруса. Сфера купола имеет 8 вытянутых оконных проемов, соответственно граням шатра. Лучи света, проникающие в проемы, пересекаются и создают внутри интерьера эффект парения купола, его невесомости по византийскому принципу.

Интерьер дополняют резные деревянные хоры, устроенные по антресоли. Характерная шехтелевская антресоль (рис.4) зрительно при входе закрывает устремленное вверх пространство зала, обеспечивая входящему в церковь границу перехода из «грешного» мира к божественному[4].

Интерьеры церкви выполнены в национально-романтическом направлении стиля модерн, с использованием древнерусской церковной культуры.

Реставрация хоров проводилась под руководством настоятеля храма отца Амвросия с учетом особенности резных элементов старинной мебели церкви и воспоминания старожилов о бывшем внешнем их виде, так как на имеющихся хорах были утрачены ограждения и очень изношены деревянные балки и настил имели деформации, подпалины и разрушения. Восстановлены архитектурные детали резного арнамента, креплений по шехтелевским сохранившимся аналогам.



Рис. 6. Вид шехтелевских реставрированных деревянных хоров: решеток ограждений, элементов и деталей столбов, орнаментов резьбы

В результате проведения реставрационных работ удалось сохранить стилевую и композиционную специфику организации внутреннего пространства главного объема храма с неординарным стремлением вверх. В практике церковного строительства подобного решения интерьера православного храма нет.

Литература:

1. Успенский Л.А. Богословие образа.// Москва 850 лет. Том1М. Изд. АО.1996,С.19.
2. Русская православная церковь. М., Изд. Церковь, 1980, 254с
3. Попова Н.А. Балаково. Историко-архитектурное наследие. Саратов,СГТУ, 2008
4. Попова Н.А. Белокаменный феникс архитектора Ф.О. Шехтеля. Саратов, СГТУ, 2014.

УДК 69.036

Звено градостроительного ансамбля памятника архитектуры Ф.О. Шехтеля храма святой троицы - дом причта

Попова Н.А. доктор архитектуры, профессор кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»,

Дубнов С.А. студент 3 курса 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

Аннотация: Приведены результаты архитектурного анализа современного состояния звена градостроительного ансамбля храма Святой Троицы памятника архитектуры начала XX века Ф.О. Шехтеля - церковного причтового дома, для целей дальнейшей реставрации.

Историческая справка: В 1909 году знаменитый столичный мастер модерна Ф.О. Шехтель выполняет проект Белокрыницкой церкви во имя Живоначальной Троицы по заказу крупного купца-хлеботорговца А. Мальцева в селе Балаково Самарской губернии. В 1914 году по проекту зодчего возведен ансамбль храма, причтового дома и ограды (рис.1). За свою более чем столетнюю историю церковь и причтовый дом претерпели многочисленные изменения функционального назначения от драмтеатра, зерносклада и дворца культуры. Только в конце 90 годов комплекс вернулся в лоно РПЦ. Церковный комплекс включает само здание состоящее из трех разновеликих объемов: зимней церкви в виде терема, мощного устремленного вверх шатрового объема главного молитвенного зала, и сторожа прямоугольной башни – колокольни и ограды

В мае-июне 2017 года, группа студентов БИТИ НИЯУ МИФИ под руководством профессора Поповой Н.А. произвела мониторинг современного состояния причтового дома. Выполнено натурное обследование современного состояния причтового дома, фотофиксация и обмерные чертежи, произведен архитектурный анализ и оценка ценности памятника с выявлением сохраненных ценных первоначальных шехтелевских черт.

Внешний экстерьер причтового дома: Причтовый дом имеет компактную кубообразную форму одноэтажного объема поставленного на высокий цоколь с высокой сложной шатровой крышей, включающей высокое чердачное пространство. В результате многих реконструкций архитектура причтового дома сохранила внешний исторический

облик с некоторыми современными новшествами. Исторические рамы оконных проемов заменены на пластиковые, некоторые заложены, что вполне поправимо.

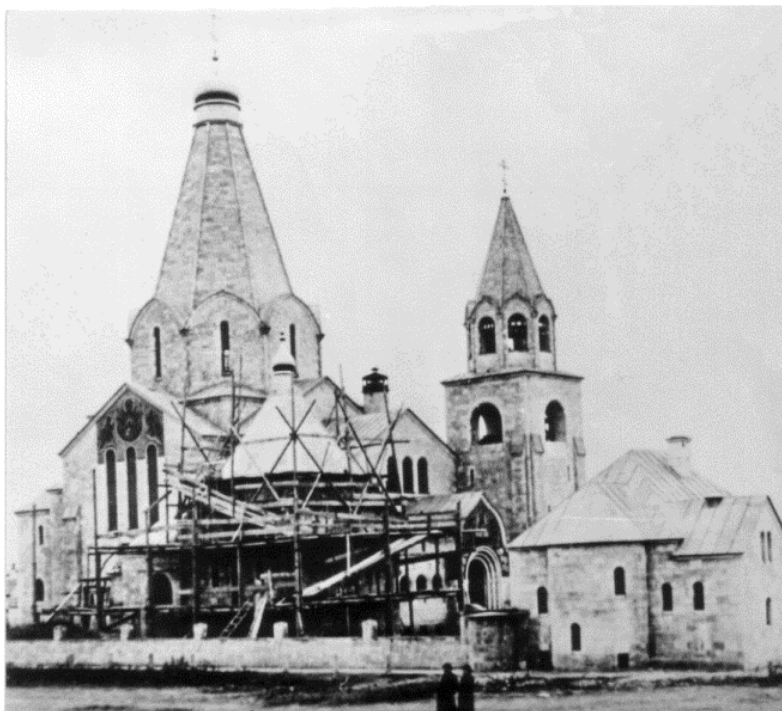


Рис 1. Здание церкви, церковного дома и ограды. Исторический снимок 1914 года



Рис.2. Градостроительный Комплекс Свято-Троицкой церкви: Слева причтовый дом, зимняя церковь, главный объем и впереди колокольня. Фото. 2016..Арх. Кашанин А.

Интерьеры причтового дома: Выявлены следующие изменения первого этажа: возникло множество перегородок на месте единого каминного зала; утрачен камин и изменен ряд архитектурных элементов интерьера Шехтеля; установлен навесной потолок маскирующий утраты; замаскирована освещаемая винтовая лестница; утрачен лифт и заложена шахта. В историческом пространстве цокольного этажа выявлено устройство современные перегородок. В подвальном заброшенном этаже, неиспользуемом ныне, выявлены две заглубленные протяженные симметричные камеры, разделенные кирпичной стеной, имеющие связь со двором посредством круглых колодцев.

В результате оценки современного состояния церковного дома – просфорни церкви Святой Троицы архитектора Ф.О. Шехтеля комиссия ВООПИК пришла к выводу: Архитектура здания сохранила ценные шехтелевские черты и представляет историко-культурную ценность необходимую для постановки на учет и охрану. Церковный дом

подлежит реставрации. Его надо освободить от многочисленных функций и выполнить проект реновации с локальной реставрацией фасадов и с дальнейшим применением под музей архитектора Ф.О. Шехтеля, учитывая благословение митрополита Лонгина.



Рис. 3, 4, 5. Фото фасадов причтового дома Свято-Троицкого храма. Дубнов С.

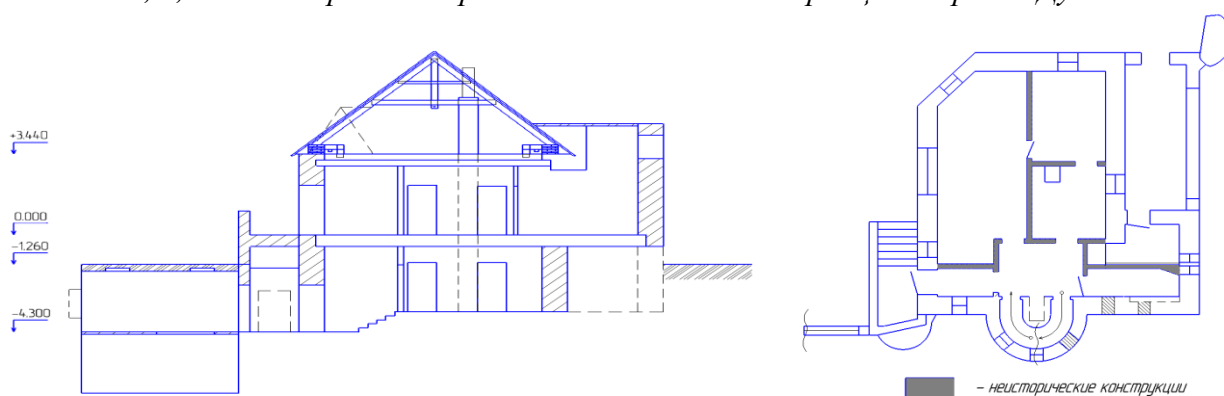


Рис.6. Обмерные чертежи. Разрез и план 1 этажа. Выполнил Дубнов С.

Литература:

1. Деревянченко А.А. У реки великороссов. БАЛАКОВО. 1994.
2. Попова Н.А. Белокаменный феникс архитектора Ф.О. Шехтеля. Саратов. 2016.

О моделировании теплофизических процессов для анализа термографической информации при исследовании ограждающих конструкций жилых зданий

Шаумаров Саид Санатович, кандидат технических наук, доцент кафедры

“Строительство зданий и промышленных сооружений”

Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, г.Ташкент

В статье рассмотрены вопросы идентификации и корректной интерпретации результатов термографических изображений при исследовании ограждающих конструкций жилых зданий.

Термографический метод обследования технического состояния зданий стал применяться в инженерной строительной практике недавно [1,2,3]. При этом, как показало время, информативность и успех термографического обследования определяется априори, а именно, для достижения оптимальных результатов и получения правильных выводов необходимо четко понимать задачу термографического сканирования (тепловизионной инспекции), природу явлений и условия, влияющие на получаемые данные.

Термография поверхности ограждающих конструкций – это «дело тонкое» и даже на качественном уровне, не говоря о количественных оценках, описание ее результатов требует от исследователя высокой квалификации. Дело в том, что тепловое изображение может меняться в зависимости от состояния окружающей среды: «горячие» и «холодные» участки могут появляться, исчезать и даже меняться местами. Кроме того, изображения сканируемых участков могут содержать фиктивные аномалии, значительно превышающие неоднородности реальной температуры поверхности зданий и сооружений. Поэтому полученное термографическое изображение должно подвергаться объективной обработке на базе разработанного универсального алгоритма с использованием современных методов обработки изображений, полученных в инфракрасной области спектра [3].

Для полного понимания перечисленных выше возникающих проблем при идентификации термографических изображений, вкратце, рассмотрим явления и условия, определяющие тепловое изображение исследуемого объекта, а именно, физическую сторону процессов, формирующих температурное поле объекта, с одной стороны, и радиационную температуру, регистрируемую тепловизионными системами, с другой стороны.

Сформированное в результате сканирование тепловизионными системами тепловое изображение неоднородной по свойствам ограждающей конструкции может:

- изменяться со временем, "горячие" и "холодные" участки могут появляться, исчезать и даже меняться местами;
- отражать не только распределение температуры (вызванное свойствами толщи ограждающей конструкции), но и изменения свойств самой поверхности;
- содержать фиктивные аномалии, связанные с неравномерной освещенностью тепловым излучением окружающих объектов; эти аномалии могут значительно превышать неоднородности реальной температуры поверхности.

Прежде всего, надо учитывать то обстоятельство, что могут изменяться свойства самой поверхности обследуемых сооружений, ее шероховатость, тип покрытия, оптические характеристики. Поэтому тепловое изображение должно быть дополнено изображением, выполненным в видимой части спектра (видимое). Базой сравнения для термографии

является нормальная тепловая картина, соответствующая конструкции строительного объекта. На рис. 1, в качестве примера, приведено тепловое изображение наружной стены.

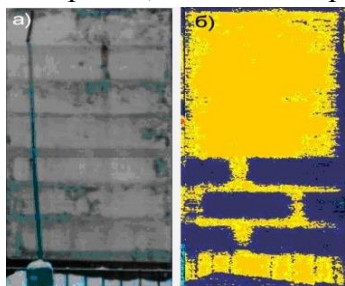


Рис. 1. Видимое (а) и тепловое (б) изображение наружной стены панельного дома

Как видно из рис.1 в четырех верхних рядах панелей отсутствует слой теплоизоляции, что означает использование не тех панелей, либо брак изготовителя строительных материалов. Темные прямоугольники на трех нижних рядах панелей – это не дефекты, а двадцатисантиметровый внутренний слой поропластовой теплоизоляции, предусмотренный проектом [2].

Теплофизические свойства строительных конструкций определяют тепловую картину на их поверхности, а оценка возможного изменения этих свойств составляет основу для адекватной интерпретации результатов термографического исследования. Данные по теплопроводности, плотности, теплоемкости строительных и отделочных материалов, как правило, приведены в проектной и исполнительной документации, имеются в справочниках. Пористость и влажность нетрудно рассчитать по плотности и теплоемкости. Стандартные свойства материалов и геометрические размеры строительных конструкций позволяют определить значения и пределы изменения теплотехнических параметров по оболочке сооружений. С другой стороны, теплотехнические свойства однородного материала ограждающих конструкций тоже могут в значительной мере изменяться. Например, основной теплозащитный слой стен здания выполнен из пенобетона, с проектной теплопроводностью $0,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, плотностью 400 кг/м^3 , теплоемкостью $800 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$. А при увлажнении пенобетона с 5 до 40% плотность увеличится на 37%, теплоемкость – на 233%, объемная теплоемкость ρC – на 270% . Эффективная теплопроводность при этом возрастет в несколько раз, что обусловлено, главным образом, термовлагопереносом – переносом воды и пара с фазовыми переходами.

Приведенные в качестве примера оценки показывают, насколько сильно теплотехнические свойства материалов теплозащитных строительных конструкций могут отличаться от проектных, и аргументируют возможность обнаружения и определения причины дефектов на основе термографии.

На рис. 2 приведен фрагмент теплового (а) и видимого изображения (б) панельного здания. Красной рамкой отмечена железобетонная плита цоколя (с теплопроводностью около $1,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), установленная при строительстве вместо теплозащитной пемзобетонной плиты с теплопроводностью $0,4 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Зоны межэтажных перекрытий отмечаются на тепловом изображении повышенной температурой (уровнем яркости) в соответствии с конструкционным исполнением. Желтый цвет изображения снизу справа от центрального окна, по-видимому, связано с заделкой разрушенной части панели цементно-песчаным раствором [3].

Таким образом, на момент термографического обследования, для корректной интерпретации результатов, необходима информация о распределении температурных полей поверхностей ограждения, профиля температуры толщи ограждения, как эталонных «изображений».

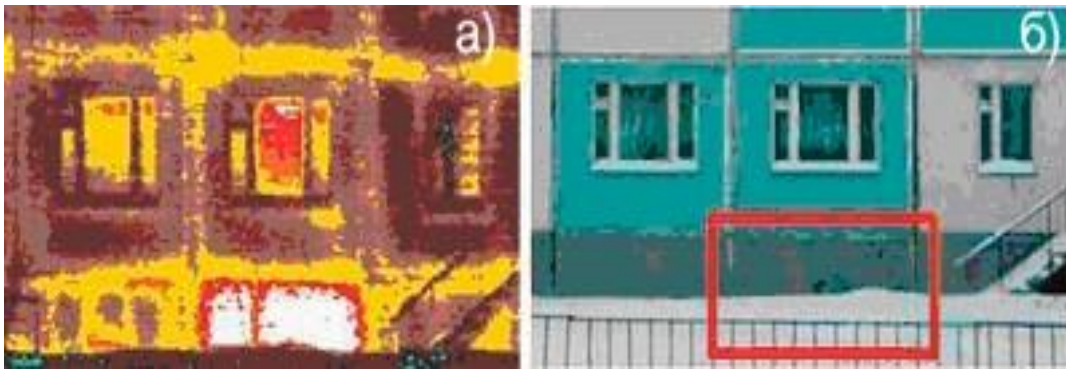


Рис. 2. Тепловое и видеоизображение фрагмента панельного дома [3]

Приведенные примеры показывают, с одной стороны, огромные возможности термографической диагностики ограждающих конструкций, а с другой стороны, чрезвычайно сложный процесс идентификации данных термографии, зависящий от ряда факторов внутренней и внешней среды. Действительно, на момент термографического обследования для корректной интерпретации результатов необходима информация о распределении температурных полей поверхностей ограждения, профиля температуры толщи ограждения, как эталонных «изображений». Разработанная модель позволяет получить такую информацию, а после получения данных термографического обследования ее уточнить. Такая схема «взаимодополняемости» полностью укладывается в рамки собственно понятия «моделирование» и органически увязывается с физикой самих процессов уже в рамках «причинно-следственных» превращений.

Одним из таких методов является разработанный нами метод комплексного моделирования конвективного теплообмена и теплопередачи в толщине ограждения со сквозной фильтруемой щелью на основе физико-математической модели, описывающей деформацию теплового поля поверхности вдоль толщи ограждения [4,5].

Для построения математической модели теплового режима помещения были использованы: уравнения динамики в виде плоской задачи и уравнение неразрывности струй, а также выведенное уравнение теплопроводности движущейся среды. Для возможности учета структуры материала ограждения было введено понятие «свободного объема» - интегральной величины объема пространства, через который поступает наружный воздух в помещение. В результате была выведена зависимость изменения температурного поля ограждения в виде функции от «свободного объема» (1) [4].

$$T(x, y, \tau) = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin n\pi \frac{x}{\delta l} \cdot (f(x, y) - n \cdot k \left(\frac{\pi}{\delta l} \right)^2 (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) e^{(-n^2) \pi^2 \frac{k\tau}{\delta l^2}} + \\ + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin n\pi \frac{x}{\delta l} \cdot \left(t(x, y) - f(x, y) + n \cdot k \left(\frac{\pi}{\delta l} \right)^2 (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \right) \left(1 - \operatorname{erf} \frac{y}{2 \cdot \sqrt{k\tau}} \right), \quad (1)$$

где: T – искомая температура ограждения, °С, $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С; $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С; δl – диаметр элементарной пространственной ячейки свободного объема, м; $\operatorname{erf}(\cdot)$ – интеграл вероятностей; $f(x, y)$ – распределение температуры в ограждении в начальный момент времени, °С.

Учитывая, что процесс формирования микроклимата помещений напрямую зависит от физического состояния ограждающих конструкций, также были выполнены исследования по математическому описанию процесса воздухообмена через неплотности в наружных ограждениях [5,6].

Получена зависимость расхода воздуха Q через трещину от ее размеров $\{r, L, \delta\}$ и перепада давления P с наружной и внутренней сторон ограждения (2)

$$Q = \frac{P \cdot r^3}{12 \eta \cdot L \cdot \delta \cdot \xi}, \quad (2)$$

$$\xi = \frac{64}{\pi^4} \cdot \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{(-1)^{\left(\frac{k+l}{2}\right)-1} \cdot (-1)^{\left(\frac{k+1}{2}\right)-1} \cdot (-1)^{\left(\frac{l+1}{2}\right)-1}}{k^3 l + l^3 k}$$

где

- эмпирический коэффициент, зависящий от количества учтенных в промежуточных преобразованиях членов тригонометрического ряда.

Также исследовалась задача формирования температурного поля в ограждающей конструкции с фильтруемой трещиной [6]. Окончательное решение было получено в виде

$$T = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(\Phi - n \cdot a \cdot \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_e - t_n) \right) \cdot \exp \left(-n^2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{a r}{\delta^2} \right) +$$

$$+ \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(T_{\text{в}} - \Phi + n \cdot a \cdot \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_e - t_n) \right) \cdot \operatorname{erfc} \frac{y}{2 \sqrt{a \tau}}. \quad (3)$$

где $\Phi = T(x, y, 0)$ – распределение температуры в начальный момент времени.

Реализация указанной модели и её численные расчёты [7] позволяют в автоматическом режиме осуществлять получение измерительной составляющей мониторинга технического состояния зданий, а именно оценить степень изменения параметров внутренней среды помещения в результате износа наружных ограждающих конструкций.

Литература:

1. Госсорг А. Г. Инфракрасная термография. – М.: Мир, 1988. – 416с.
2. Инфракрасная термография в энергетике. Т.1. Основы инфракрасной термографии / Под редакцией Р. К. Ньюпорта, А. И. Таджибаева. – Изд-во ПЭИК, 2000.- 240с.
3. Шишкин А. В. Интерпретация данных термографического обследования строительных конструкций // Жилищное строительство, №4.- 2005. – С.12-19.
4. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Современный подход к оценке воздухопроницаемости наружных ограждений зданий // Вестник ТашИИТ. – Ташкент: 2009. – № 3/4 – С. 3 – 9.
5. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Метод математического моделирования для описания процесса формирования температурного поля наружного ограждения со сквозной трещиной// Проблемы архитектуры и строительства. – Самарканд: 2010.- № 1.
6. S.S. Shaumarov “On the issue of increasing energetic efficiency of buildings in railway transport” // VIII International Conference “Transport Problems - 2016”, Katowice, Poland. 522-532 p.
7. Шаумаров С.С., Щипачева Е.В. «Расчёт воздухопроницаемости и температурных полей ограждений с фильтруемой трещиной» программа для ЭВМ свидетельство № DGU 03151 из агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

СЕКЦИЯ 5. «ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

УДК 539.61

К вопросу об эндопротезировании сустава пальцев верхних конечностей

Артамонов Б.А., студент группы ББИСТ-11

кафедры «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

Аннотация. В докладе рассматриваются значения показателя адгезии при напылении гидроксиапатита (ГА) на ножку модели сустава пальца плазменной струей различных характеристик.

Электроплазменное напыление различного рода функциональных пористо-порошковых покрытий в последнее время находит широкое применение в приборо- и машиностроении, электронике и медицине. Так в производстве изделий электронной техники используют плазмонапылённые эмиссионные и антиэмиссионные покрытия, электроизоляционные, геттерные и другие покрытия [1, 2]. В медицине удалось достичь значительных успехов при создании внутрикостных имплантатов с уникальными биоактивными покрытиями [3]. К наиболее распространенным биосовместимым материалам относятся искусственный и натуральный ГА.

В настоящее время для замещения костных дефектов в хирургической стоматологии, ортопедии и травматологии используются много различных форм ГА, отличающихся по форме и величине частиц. Считается, что синтетический ГА по химическому составу и кристаллографическим показателям, практически идентичен ГА нативной кости. Напыление ГА часто применяют для увеличения сцепления ножек протеза с костью, то есть для увеличения значения показателя адгезии. Что особенно важно, если площадь контакта ножек с костью невелика, как, к примеру, при эндопротезировании суставов пальцев верхних конечностей.

Цель работы: выявление значений характеристик плазменной струи, при которых значение адгезии максимально.

В ходе работы был проведен ряд опытов, заключающихся в напылении ГА на ножку модели эндопротеза, с последующим измерением показателя адгезии. Напыление ГА проводилось на установке электроплазменного напыления УПН-28. Образцами для исследования служили титановые модели эндопротеза сустава пальца, рис. 1. Перед напылением ГА проводилась пескоструйная обработка поверхности моделей. Дистанция напыления составляла 50-150 мм, дисперсность порошка 30-90 мкм, сила тока дуги 300-450 А. Опытным путем были установлены следующие значения показателя адгезии для различных конфигураций плазменной струи, табл.1.

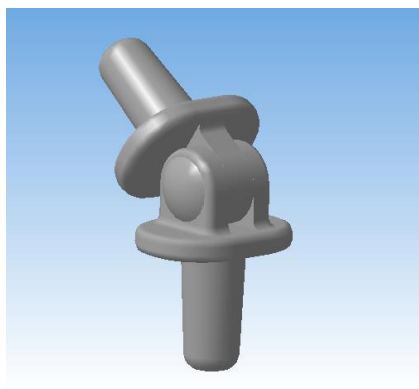


Рис.1. Модель эндопротеза

№ опыта	Ток дуги, А	Дистанция, мм	Дисперсность, мкм	Адгезия, МПа
1	300	50	30	8,7
2	310	60	30	9
3	350	80	40	10,5
4	380	100	50	11,1
5	410	120	70	10,3
6	425	130	80	9,7
7	450	150	90	9,5

Таблица 1. Результаты опытов напыления ГА

Ниже табл.1 представлена графически.



Как можно заметить, график адгезии имеет вид обратной параболы, таким образом можно предположить максимум функции адгезии в опыте 4.

Выводы: при напылении ГА с расстояния 100 мм дисперсностью порошка 50 мкм при токе дуги 380 А значение показателя адгезии близко к максимальному.

Литература:

1. Лясников В.Н. Плазменное напыление биокomпозиционных покрытий при создании внутрикостных стоматологических имплантатов / В.Н. Лясников, В.А. Протасова, З.А. Байбусинова / Вестник СГТУ, №1 (53), вып. 2. 2011. - С. 25-31.
2. Лясников В.Н. Плазменное напыление / В.Н. Лясников, А.Ф. Большаков, В.С. Емельянов. - Саратов: СГТУ, 1992. - 164 с.
3. Бутовский К.Г., Лясникова А.В. и др. Электроплазменное напыление в производстве внутрикостных имплантатов. Саратов: СГТУ. 2006. - 200 с.

**Наноструктурированные неорганические технологические добавки
для биосовместимых композиционных материалов**

¹Бадалова П.В., ¹Родина Т.А., ¹Таганова В.А., ¹Щербина Н.А., ²Пичхидзе С.Я

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

²Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

*Аннотация. Исследовали свойства и состав гидроксиапатита и волластонита для
получения биосовместимых композиционных материалов.*

Основные структурные параметры наночастиц — их форма и размер. Физические, электронные и фотофизические свойства наночастиц и кластеров, определяемые их чрезвычайно высокой удельной поверхностью, значительно отличаются от свойств, как блочного материала, так и индивидуальных атомов. Свойства конечного нанокomпозиционного материала зависят от природы взаимодействия между фазами и строения межфазных областей, объемная доля которых чрезвычайно велика.

Общие свойства наноструктур:

- Новые по сравнению с объемным телом свойства
- Большая роль поверхностных эффектов
- Зависимость свойств от размера частиц
- Высокая реакционная способность
- Способность к взаимодействию с живыми системами

Цель работы: Выбор наноструктурированных неорганических технологических добавок для биосовместимых композиционных материалов. Определение оптимального состава наноструктурированных неорганических технологических добавок. Оработка синтеза гидроксиапатита.

В данной работе для исследования мы выбрали в качестве технических добавок волластонит и гидроксиапатит. Волластонит относится к группе силикатов. Основу минерала составляет кальций. Основные составляющие гидроксиапатита – кальций и фосфор – два основных микроэлемента, ответственные за минерализацию, целостность, твердость костей.

Гидроксиапатит кальция мелкодисперсный белый или бело-желтый порошок. Вещество выпускают в виде пасты, гранул, суспензии и порошка, оно входит в состав различных БАДов. Для медицинских и косметических нужд минерал добывают из морских кораллов или костей крупного рогатого скота, также синтез гидроксиапатита можно проводить в лабораторных условиях. Является основной минеральной составляющей костей (около 50 % от общего веса кости) и зубов (96 % в эмали).

В чистом виде волластонит – минерал белого окраса. Игольчатые агрегаты волластонита, состоящие из тонких волластонитовых кристаллов, напоминают плотные соломенные снопы. Волластонит применяется в керамике, фарфоре, композиционных полимерах, также его используют для специальных покрытий и др.

Синтез гидроксиапатита проводился при комнатной температуре $t=20^{\circ}\text{C}$ и влажности

воздуха 58%, pH раствора поддерживался на уровне 9-12. Водный раствор соли нитрата кальция (16,4 г в 200 мл воды) поместили в химический стакан с мешалкой и в течение часа прикапывали раствор диаммонийфосфата (10,2 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ в 200 мл воды). Для поддержания pH раствора добавляли NH_4OH (гидрооксид аммония), разведенный водой 1:10.

Полученный в результате синтеза осадок оставили на созревание на 24 часа в химическом стакане, после чего отфильтровали через бумажный фильтр и высушили при температуре 90...95 °С, а затем в течение 2 часов прокаливали при температуре 200 °С для удаления остатков NH_4NO_3 (нитрат аммония) и далее в течение 6 часов прокаливали при температуре 600 °С для придания ему кристаллической структуры.

Изучение структуры ГА проводится с помощью растровой электронной микроскопии (рис. 1), с помощью которой получили изображения поверхности образцов с высоким пространственным разрешением.

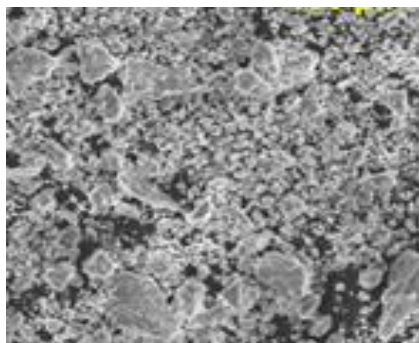


Рис. 1 Микрофотографии гидроксиапатита

Волластонит и полученный гидроксиапатит использовали для получения биосовместимых пленок (рис. 2). В качестве связующего применяли 5 % полилактид.



Рис. 2. Пленки полимерного композиционного материала: а) полилактид, б) полилактид и гидроксиапатит, в) полилактид и волластонит.

На рис. 3 представлены микрофотографии полученных образцов.

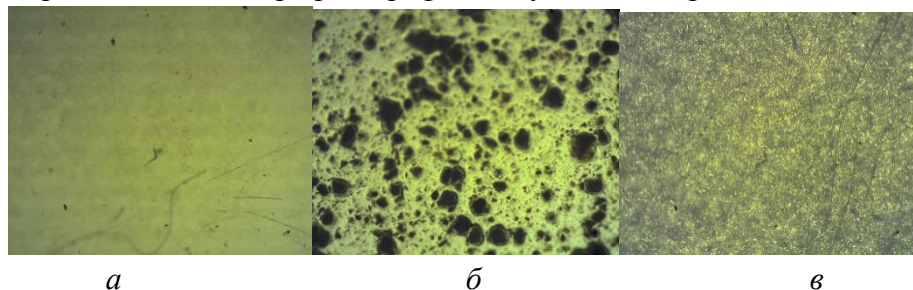


Рис. 3. Микрофотографии пленки полимерного композиционного материала: а) полилактид, б) полилактид и гидроксиапатит, в) полилактид и волластонит.

Выводы: для исследований были выбраны наноструктурированные неорганические технологические добавки гидроксиапатит и волластонит. Исследованы свойства и состав биосовместимого композиционного материала на основе полилактида, гидроксиапатита и волластонита.

Литература:

1. Насанова А.А., Муктаров О.Д., Буров А.М., Пичхидзе С.Я. [Исследование биологического карбонат-гидроксиапатита](#) / В сборнике: [Будущее науки - 2015](#). Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. -2015. -с. 210-211.
2. Бадалова П.В., Мананкова Е.А., Таганова В.А., Пичхидзе С.Я. Изучение синтеза гидроксиапатита и его идентификация / Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Технология и переработка современных полимерных материалов» в 3-х томах. -М.:НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ -2017.-с.7-10.
3. Волластонит ТУ 5777-006-40705684-2003
4. ГОСТ 57432-2017

УДК 66.091.1

Разработка состава наноструктурированного биосовместимого композиционного материала

¹Бадалова П.В., ¹Родина Т.А., ¹Таганова В.А., ¹Щербина Н.А., ²Пичхидзе С.Я

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

²Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

Аннотация. Определен оптимальный состава композиционного материала с биосовместимыми свойствами. Отработана методика приготовления формовочных растворов.

Основным минералом костной ткани является биополимер содержащий гидроксиапатит, гарантирующий хорошую переносимость тканями и отсутствие реакций отторжения. Наноструктурированный материал после выполнения функции остеогенеза полностью биоразлагается посредством клеточной резорбции. Современные травматологи и хирурги все чаще используют пластины для остеосинтеза в своей практике, так как они выполняют опорную функцию кости на время перелома и способствуют скорому срастанию осколков при комплексной терапии. Создание наноструктурированного термопластичного композиционного материала решает актуальные отечественные проблемы в области доступных медицинских полимеров восстановительной хирургии- полимерных штифтов, пластин остеосинтеза.

Цель работы. Разработка и исследование наноструктурированного композиционного материала с биосовместимыми свойствами. Определение оптимального состава композиционного материала с биосовместимыми свойствами. Отработка методики приготовления формовочных растворов.

В качестве связующего для приготовления формовочного раствора применяли 5 % полилактид.

Полилактид (ПЛА) – это биоразлагаемый и биосовместимый полимер. В настоящее время полилактид является одним из перспективных биodeградируемых полимеров, так как

его можно получать синтетическим способом.

Высокомолекулярный полилактид представляет собой бесцветный, глянцевый, жесткий термопластичный полимер, который может быть полукристаллическим и полностью аморфным, в зависимости от чистоты основной полимерной цепи.

В зависимости от состава полилактид используется в общепите (в виде упаковок), области высоких технологий (материалы для 3Д принтеров). Полилактид широко применяется в медицине для производства хирургических нитей и штифтов, в системах доставки лекарств.

Полилактид синтезируется из натурального, возобновляемого сырья. Основное сырье: сахарный тростник и кукуруза.

В данной работе наполнителями формовочного раствора на основе полилактида являются: гидроксиапатит (ГА) и волластонит (В).

На рис. 1 изображены полученные образцы.

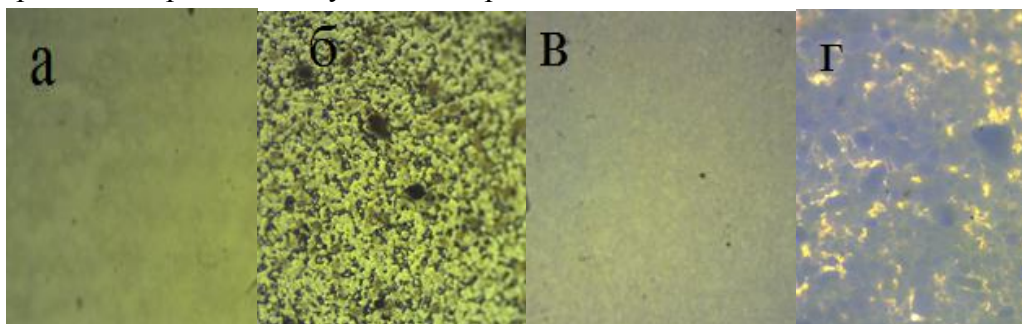


Рис. 1. Микрофотографии: а) ПЛА - исходный образец; б) ПЛА+0,5 г ГА; в) ПЛА+0,5 г В; г) ПЛА+1,0 г ГА.

Используя микрофотографии, мы можем проанализировать однородность распределения наполнителя в полилактиде.

Независимо от типа скелета молекулы, при определенных значениях волновых чисел, называемых характеристическими волновыми числами, появляются полосы поглощения функциональных групп молекулы. Такие характеристики частоты представляют аналитику важные сведений об исследуемом веществе рис.2.

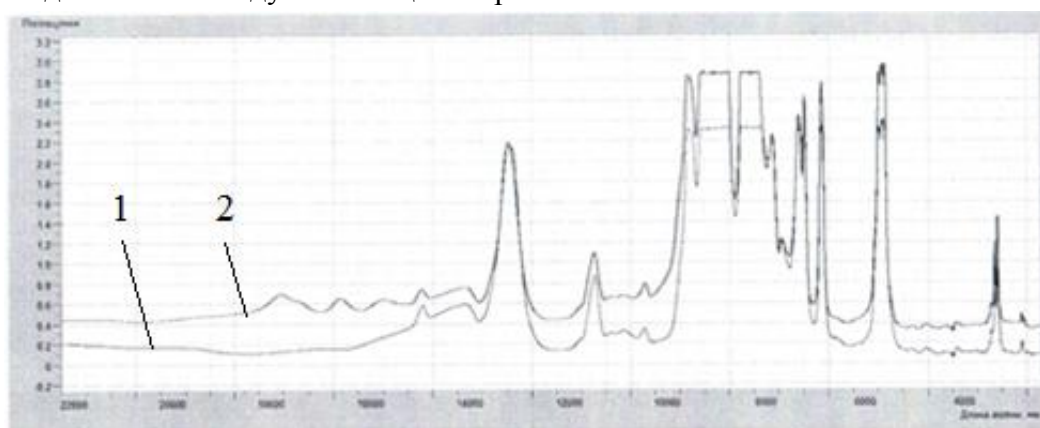


Рис.2 ИК-спектры: а) ПЛА - исходный образец; б) ПЛА+0,5 г ГА.

При оценке ИК-спектров можно выделить две значимые области волновых чисел.

В диапазоне от 1500 до 1800 см^{-1} , появляются полосы поглощения, которые соответствуют определенным функциональным группам гидроксиапатита.

Вывод. 1) Создание наноструктурированного композиционного материала решает актуальные отечественные проблемы в области доступных медицинских полимеров восстановительной хирургии - полимерных штифтов, пластин остеосинтеза. 2) Производство биосовместимых полимеров осуществляется из доступного возобновляемого сырья по

основным методам получения полимерных композиционных материалов.

Литература

1. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников. / Под ред. Лонг. Ю. Пер с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 464 с.
2. Князев А.В., Буланов Е.Н., Алейник Д.Я., Чарыкова И.Н., Земсков А.Е., Калентьев А.В. Синтез и исследование нано-размерного гидроксипатита на модели *in vitro*. // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012 – №5.

УДК 616.31

Фотокаталитические покрытия на основе полимерматричного композита, содержащего полупроводниковые материалы, активные в видимой области спектра

Благова Татьяна Александровна, студентка 3 курса б-ХМТН-31,

Тарасенко Ольга Евгеньевна, студентка 3 курса б-ХМТН-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»;

Научные руководители: Викулова М.А., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

На протяжении последних лет фотокатализ считается одним из наиболее эффективных и перспективных методов очистки водной среды от органических загрязнителей различного состава. Большинство фотокаталитических систем созданы на основе полупроводниковых оксидных материалов, обеспечивающих деградацию углеводов вследствие окислительно-восстановительных реакций на поверхности катализатора. Повышения фотоактивности в условиях видимого излучения добиваются благодаря снижению ширины запрещенной зоны за счет возникновения примесных уровней в результате допирования исходного TiO_2 или его производных ионами металлов, в том числе переходных, или гетеропереходам при создании композиционных материалов состава $\text{TiO}_2/\text{Me}_x\text{O}_y$. При этом перспективы широкого промышленного применения имеют фотокаталитические покрытия в виде проточных фотореакторов, которые позволяют осуществлять непрерывную водоочистку без необходимости удаления частиц фотокатализатора из очищенного раствора.

По сравнению с диоксидом титана и его аналогами в виде кристаллических титанатов щелочных металлов полтитанат калия имеет более развитую внешнюю и внутреннюю поверхность из-за большого количества функциональных титанольных групп и величины межслойного расстояния до 2 нм. Данный факт объясняет высокую ионообменную и сорбционную способность полтитаната калия по отношению к ионам переходных металлов, что позволяет варьировать содержание допанта в составе фотокатализатора в пределах от долей до нескольких десятков процентов.

Целью данной работы является исследование фотокаталитических свойств полтитанатов калия, модифицированных соединениями никеля, и возможности получения покрытий на их основе с использованием полимерного адгезива.

Исходный полтитанат калия (ПТК) синтезирован в гидроксидно-солевом расплаве по методике [1]. Для увеличения удельной поверхности и межслойного расстояния порошок ПТК подвергался процессу протонирования при обработке в растворе серной кислоты с

концентрацией 30% до стабильного значения pH суспензии на уровне 5,0-6,0. Полученный образец условно обозначен как ПТКП. Модифицирование исходного и протонированного полититанатов калия осуществлялось по растворной технологии, описанной в работах [2, 3]. pH системы контролировался pH-метром «pH-150M» и поддерживался в пределах 6,0-7,0, что позволяет получать гетероструктурные продукты с оксидно-гидроксидными комплексами никеля на поверхности и одновременно интеркалированные ионами переходного металла в межслойное пространство (ПТК-NiO_x и ПТКП-NiO_x). Содержание никеля в продуктах варьировалось от 1 до 8 масс. %.

Полититанаты калия охарактеризованы с использованием рентгеновского фазового анализа (рентгеновский дифрактометр ARL X'TRA (Thermo Scientific, Швейцария)) и распределения частиц по размерам (лазерный анализатор размера частиц Analysette 22 MicroTec Plus (Fritsch, Германия)).

Согласно данным рентгеновского фазового анализа (рис. 1), синтезированные фотокатализаторы являются рентгеноаморфными. Более ярко выраженные рефлексы на рентгенограммах протонированных образцов могут быть связаны с формированием структур типа кристаллогидратов. Все полученные материалы имеют гауссово распределение частиц по размерам со средним размером частиц около 10 мкм (рис. 2).

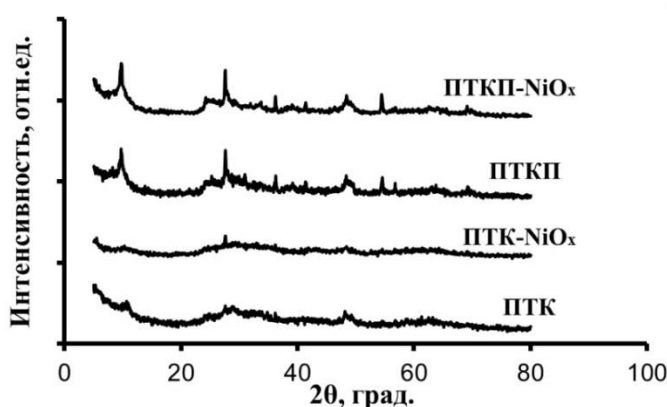


Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы исходного ПТК, ПТК, модифицированного соединениями никеля, протонированного ПТКП и ПТК, полученного после протонирования и модифицирования соединениями никеля

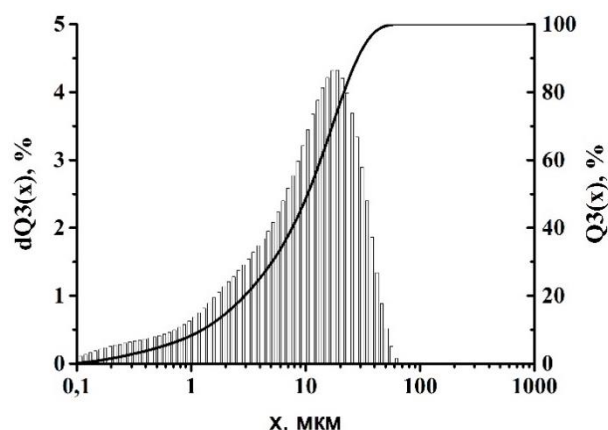


Рисунок 2 – Распределение частиц по размерам синтезированных полититанатов калия

Выбор фотокатализатора для создания фотоактивного слоя при разработке проточного фотореактора осуществлялся на основе результатов исследования фотокаталитической активности образцов на примере фотодеградация метиленового синего (C = 40 мг/л). Фотокатализаторы использовались в виде постоянно перемешиваемой суспензии в условиях видимого излучения. В течение первого часа система суспензия фотокатализатора – водный раствор красителя выдерживался в темноте для установления адсорбционного равновесия, далее на протяжении 5 часов экспонировалась на свету. Остаточная концентрация метиленового синего в растворе определялась спектрофотометрическим методом (спектрофотометр UV-VIS Evolution 300 (Thermo Scientific, США)).

Из графиков на рисунке 3 видно, что гетероструктурные материалы состава ПТК-NiO_x обладают адсорбционной способностью ниже по сравнению с исходным ПТК и протонированными формами. Предположительно, это связано с тем, что частицы NiO_x

блокируют часть поверхности ПТК и затрудняют адсорбцию на них красителя. В то же время фотокаталитическая активность частиц никельсодержащих фотокатализаторов заметно возрастает. Кроме того, закономерно отмечается увеличение сорбционной способности протонированных образцов, которые практически полностью обесцвечивают раствор метиленового синего.

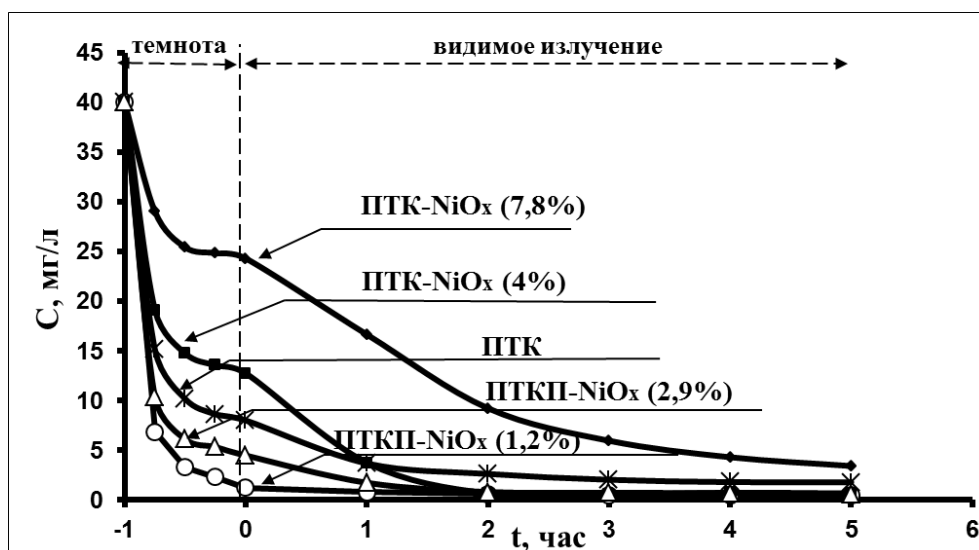


Рис. 3. Зависимость остаточной концентрации метиленового синего от времени экспозиции (видимое излучение) при использовании в качестве фотокатализатора различных полититанатов калия, модифицированных в водных растворах сульфата никеля (II)

На основании полученных результатов принято решение об использовании для фотокаталитических покрытий образцов протонированных полититанатов калия, модифицированных соединениями никеля в количестве не более 3 масс.%, в связи с высокой скоростью извлечения молекул красителя из водного раствора и высокой сорбционной и фотокаталитической активностью в условиях видимого излучения.

В качестве полимерного связующего выбран поливинилбутираль в виде 5% раствора в бутаноле-1 благодаря высокой степени адгезии одновременно к материалам фотокатализатора и подложки, а также высокой фотостабильности.

В качестве субстрата для фотоактивного покрытия использовали листовое силикатное флоат-стекло.

Установлено, что оптимальным массовым соотношением фотокатализатора и связующего для получения однородных фотоактивных слоев высокой эффективности является 6:1. Покрытия получали наливным способом с высушиванием при комнатной температуре. Предварительные испытания показали, что полная очистка водного раствора метиленового синего с концентрацией 10 мг/л на покрытиях площадью 96 см² происходит при скорости пропускания 28 л/ч. Отмечена возможность регенерации фотокатализаторов путем промывания реактора дистиллированной водой под действием излучения.

Выводы: на примере водного раствора метиленового синего показана высокая сорбционная способность и фотокаталитическая активность в условиях видимого излучения протонированных и модифицированных соединениями никеля полититанатов калия, а также возможность их использования в качестве фотокаталитических покрытий в составе полимерматричных композитов.

Литература:

1. Sanchez Monjaras, T., Gorokhovskiy, A., & Escalante Garcia, J. I. (2008). Molten salt

synthesis and characterization of potassium polytitanate ceramic precursors with varied $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ molar ratios. *Journal of the American Ceramic Society*, 91(9), 3058-3065.

2. Tretyachenko, E. V., Gorokhovskiy, A. V., Yurkov, G. Y., Fedorov, F. S., Vikulova, M. A., Kovaleva, D. S., & Orozaliev, E. E. (2014). Adsorption and photo-catalytic properties of layered lepidocrocite-like quasi-amorphous compounds based on modified potassium polytitanates. *Particuology*, 17, 22-28.

3. Gorokhovskiy, A. V., Tretyachenko, E. V., Vikulova, M. A., Kovaleva, D. S., & Yurkov, G. Y. (2013). Effect of chemical composition on the photocatalytic activity of potassium polytitanates intercalated with nickel ions. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 86(3), 343-350.

УДК 678.675.126:677.47.745.32

Композиционные пленочные материалы на основе этиленвинилацетата

Борисова Н. В. кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»;

Некрасова А.А., студентка группы БХМТН-31

Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» , г. Энгельс

В работе изучены свойства плёночных полимерных композиций на основе этиленвинилацетата с различным содержанием винилацетата. Установлено, что применение пленочного материала из ЭВА при триплексировании слоев стекла, показывает достаточную устойчивость к ударным нагрузкам, при разбивании не разлетаться на осколки и может противостоять неблагоприятным климатическим условиям, в частности высокой влажности.

В последнее время наибольшую популярность набирает этиленвинилацетат (ЭВА), также известный как сэвилен, который представляет собой сополимер этилена и винилацетата. Благодаря уникальному комплексу свойств он незаменим в электронно-радиотехническом секторе, безусловно это изоляция высокочастотных кабелей в радиолокационных, радиотехнических, телевизионных и телемеханических устройствах. ЭВА применяется также и для изделий бытового назначения: шланги, прокладки, игрушки, обувных подошв и др. Кроме того, ЭВА имеет превосходную прозрачность и эластичность, что обуславливает получение на его основе светопрозрачных атмосферостойких пленок, а высокие адгезионные свойства позволяют использовать для изготовления многослойного стекла.

Из литературы [1] известно, что для производства многослойного стекла «триплекс» используется поливинилбутиральная пленка (ПВБ), данный вид применения был открыт ещё в прошлом веке. Основные преимущества — низкая стоимость массового производства триплекса, ничтожная опалесценция (мутность), высокое качество готового продукта. Такой триплекс отличается хорошими оптическими свойствами, что очень важно при производстве многослойного стекла, для автопромышленной отрасли, бронированных стекол и для других высокотехнологичных производств. Однако есть недостаток - не может использоваться в условиях повышенной влажности, и как следствие имеет ограничения по эксплуатационным

характеристикам. Триплекс, содержащий пленку ЭВА отличает – отсутствие появлений мутных участков в процессе эксплуатации, высокая механическая прочность, минимальные расхождения толщины, стойкость к перепаду температур и воздействию влаги, на протяжении всего срока эксплуатации.

Свойства ЭВА во многом зависят от содержания винилацетата, массовая доля которого может колебаться от 10 до 40%, а остальное – приходится на этилен [2].

Целью данной работы являлось изучение влияния содержания винилацетата в полимерном материале на свойства получаемых пленок на основе ЭВА.

В качестве объектов исследования были выбраны композиции ЭВА с различным содержанием винилацетата: 15, 20, 25, 30, 35 %, полученная в заводских условиях (методом экструзии), и плёнка, содержащая 25, 30%, полученная в лабораторных условиях (методом полива).

Анализ свойств пленочных композиций ЭВА проводили согласно ГОСТ 9438-85 по показателям: внешний вид, толщина, разнотолщинность, массовая доля летучих веществ и усадка (таблица1).

Таблица 1

Физико-технологические свойства пленок ЭВА
с различным содержанием винилацетата и ПВБ

Показатели	В заводских условиях, с содержанием винилацетата, %					В лабораторных условиях, с содержанием винилацетата, %		ПВБ пленка
	15	20	25	30	35	25	30	марка Б-10
1. Внешний вид	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная
2.Толщина, мм	0,22	0,25	0,32	0,51	0,57	0,23	0,29	0,5
3.Разнотолщинность	0,005	0,14	0,15	0,14	0,15	0,07	0,06	0,08
4.Массовая доля летучих веществ, %	1,3	1,7	2,0	2,3	2,5	1,4	1,2	1,5
5.Усадка, %	13	4,7	5,5	9,3	8,9	2,7	2,7	20,0
6.Водопоглощение	0,12	0,25	0,28	0,3	0,34	0,19	0,18	0,4
Температура плавления, °С	120	98	99	105	108	102	108	150

Все образцы по внешнему виду соответствовали ГОСТ и могут быть использованы для изготовления многослойного триплекса. Толщина и разнотолщинность образцов, изготовленных в заводских условиях изменялась, в зависимости от содержания винилацетата, тогда как в лабораторных условиях такой зависимости не имела, очевидно это связано со способом получения пленок. Массовая доля летучих веществ и усадка соответствуют нормативным значения [3]. Температура плавления пленок с различным содержанием винилацетата колеблется в среднем от 98-120 °С, и соответствует температуре плавления полиэтилена. Данный факт позволит снизить энергозатраты, так как температура

триплексования ПВБ выше на 30%. Водопоглощение пленок ЭВА также выше и на протяжении всего срока эксплуатации триплекс с ЭВА будет стоек к воздействию влаги.

В первую очередь пленка в триплексе нужна для безопасности, т.е. защита от осколков в случае ударов или выпадения стекла; предотвращение взлома и защита от проникновения, поэтому следующим этапом было изучение деформационно-прочностных характеристик пленок.

Прочностные свойства пленок ПВБ и ЭВА с различным содержанием винилацетат полученные в разных условиях приведены на рисунке 1.

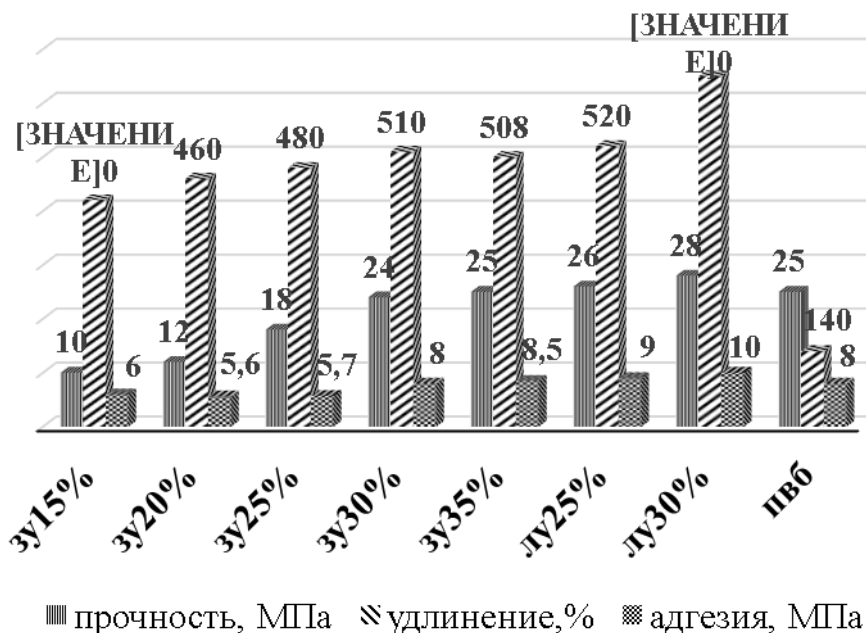


Рис. 1 Деформационно-прочностные свойства пленок ПВБ и ЭВА с различным содержанием винилацетата

Изучение прочности и адгезии исследуемых образцов, полученных в заводских условиях показала, что содержание повышение винилацетата в композиции повышает прочностные характеристики и достигает аналогичных значений ПВБ только с содержанием 35 %. Однако композиции пленок, изготовленные в условиях лаборатории имеют значения соизмеримы с пленок ПВБ. Исследование относительного удлинения образцов пленок существенно выше аналога.

Таким образом, использование при триплексировании слоев стекла пленочного материала из ЭВА, полученного в лабораторных условиях с содержанием 30 % винилацетата соответствует аналогу ПВБ и показывает достаточную устойчивость к ударным нагрузкам, при разбивании не разлетаться на осколки и может противостоять неблагоприятным климатическим условиям, в частности высокой влажности. Параметры такого стекла соответствуют требованиям государственного стандарта качества.

Литература

1. Бартенев, Г.М. Сверхпрочные и высокопрочные неорганические стекла [Текст] / Г. М. Бартенев, засл. деят. науки РСФСР, д-р хим. наук, проф. - Москва : Стройиздат, 1974. - 240 с.
2. Щербина, А.А. Кинетика и механизм формирования адгезионных соединений на основе сополимеров этилена и винилацетата / А.А. Щербина, Ю.Ю. Гладких, А.Е. Чалых // Сб. тезисов докладов III Всерос. школы-конференции для молодых ученых «Макромолекулярные нанообъекты и полимерные нанокомпозиты» Московская область,

пансионат «Союз» 23 октября 2011 г., М.: ИСПМ РАН. 2011. с.42.

3. ГОСТ 9438-85. Пленка поливинилбутиральная клеящая. Технические условия. – Введ. 01-01-1986. – 21 с. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9438-85>. – <16.03.18.>

УДК 616.126

К вопросу о биопротезировании клапанов сердца

Борисова Екатерина Романовна, студентка группы б-ХМТН31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

В статье сравниваются механический и биологический протезы клапана сердца, а также рассмотрен вопрос усовершенствования биопротеза. В тех случаях, когда клапан сердца не способен нормально работать, приходится проводить операцию по его замене – протезированию. В процессе этой операции недееспособный клапан удаляют и на его место устанавливают новый.

Цель работы: определение преимуществ биологического протеза клапана сердца.

В качестве современных биологических клапанов используют клапан свиньи или бычьего перикарда. Механические клапаны в свою очередь состоят из металлов, углерода и синтетических материалов. Можно отметить, что биопротезы не так долговечны как механические, но в отличие от них не требуют пожизненного приема лекарственных препаратов, т.к. если их не принимать, то могут начаться осложнения [1-5].

Несмотря на выигрышное положение, в любом случае главным недостатком биологических протезов является ограниченный срок работы. Примерно через 15 лет после установки на них начинаются процессы отложения кальция, которые приводят к ухудшению работы клапана (некоторые протезы обладают неплохой устойчивостью к таким структурным изменениям).

Для улучшения свойств биологического протеза прибегают к способам обработки его поверхности. Например, известен способ обработки манжеты биоклапана сердца спиртовым раствором антибиотика. В стерильных условиях насыщенным раствором спирторастворимого антибиотика в 96% этаноле через шприц манжета обрабатывается до интенсивного насыщения. После того, как раствор высохнет, данный процесс повторяют еще 2-3 раза. В среднем время высыхания не превышает 10-15 минут. Затем манжета обрабатывается один раз через шприц 3-5% раствором клея "Сульфакрилат" в химически чистом ацетоне с последующим высушиванием до полной полимеризации клея. Этот метод препятствует тромбообразованию на поверхности манжеты, но он не исключает процесс кальцификации.

Популярен также способ нанесения покрытия на протезы клапанов сердца. Этот способ включает в себя обработку поверхности протеза антибактериальным веществом из раствора, содержащего 0,5-1,5% гексафторпропилена и кислорода в среде 1.2.2-дихлор-1.2.2.2-тетрафторэтана при 40-50°C в течение одного часа.

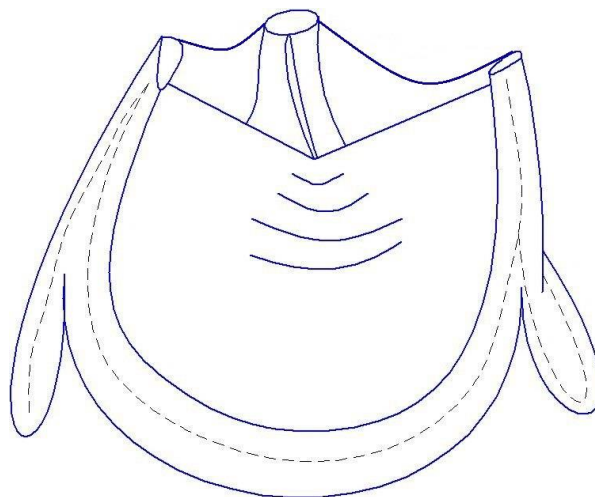


Рис. 1. Общий вид биопротеза клапана сердца, выполнено в программе Компас-3D V16.1

Данный метод нанесения покрытия на протезы клапанов сердца позволяет создать покрытие, обладающее высокой износостойкостью и термостабильностью. Покрытие имеет высокую прочность, что позволяет увеличить срок его службы. Кроме того, протезы клапанов сердца, обработанные предлагаемым способом, дополнительно приобретают антимикробные свойства при полном сохранении их функциональных характеристик. Однако и в этом случае возможность процесса кальцификации протеза при эксплуатации не исключается. Перспективным направлением развития современной кардиохирургии является разработка и изготовление таких биологических клапанов сердца, которые будут крайне устойчивы к процессам кальцификации. В таком случае механические протезы заметно уступят биологическим.

Выводы: установлено, что биологические клапанные протезы являются достойной альтернативой механическим протезам. Однако, каждый человек индивидуален, и выбор клапана зависит от множества факторов, таких как: возраст и состояние больного, наличия сопутствующих заболеваний, степени поражения клапана.

Литература:

1. Барбараш Л. С., Барбараш Н. А., Журавлева И. Ю. Биопротезы клапанов сердца. Проблемы и перспективы. Кемерово, 1995. - 400 с.
2. Рогулина Н. В., Горбунова Е. В., Кондюкова Н. В., Одаренко Ю. Н., Барбараш Л. С. Сравнительная оценка качества жизни реципиентов механических и биологических протезов при митральном пороке. Российский кардиологический журнал. 2015. - 7 с.
3. <http://www.freepatent.ru/patents/2372945>
4. Барбараш Л. С., Журавлева И. Ю. Эволюция биопротезов клапанов сердца: достижения и проблемы десятилетий. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2012. – 8 с.
5. <http://ru-patent.info/21/95-99/2199976.html>

Исследование возможности использования огнезащищенных вискозных волокон в качестве прекурсора углеродных волокон

¹Бычкова Елена Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры
«Технология и оборудование химических, нефтегазовых, пищевых производств»;

¹Мокрецова Светлана Андреевна, студентка 2 курса направления «Химическая технология»;

²Щербина Наталья Александровна, к.т.н., доцент кафедры
«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

¹Панова Л.Г. - д.х.н., профессор

¹Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А, г. Энгельс

²Балаковский инженерно-технологический институт филиал) Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково

Рассмотрена возможность применения огнезащищенных вискозных волокон в качестве прекурсора углеродных волокнистых материалов. Показано, что в сравнении с немодифицированным вискозным волокном стадия низкотемпературной обработки модифицированных фосфор-, азотсодержащими соединениями волокон протекает при более низкой температуре, за меньшее время и с большим выходом карбонизованного остатка

Известно, что огнезащищенные вискозные волокна могут быть использованы для получения углеродных волокнистых материалов (УВ). При этом возможно решение одной из существенных проблем при производстве УВ из данного прекурсора – низкий выход готового продукта [1].

В работе для огнезащиты вискозные волокна (ВВ) использовались производные диметилметилфосфоната (ДММФ) различных марок и огнезамедляющие системы (ОГЗС), содержащие смеси органических и неорганических Р, N-содержащих замедлителей горения (ЗГ) (СЗГ). В композиции вводили также продукт метилирования метилолмеламина (ПММ) для закрепления огнезащитных компонентов в структуре полимера.

Снижение горючести ВВ осуществлялось пропиткой как кондиционных (готовых), так и свежеформованных волокон и нитей водными растворами ЗГ.

По данным термогравиметрического анализа установлено, что наличие ОГЗС и производных ДММФ в волокне изменяет процесс деструкции материала. Термодеструкция модифицированных ВВ протекает с меньшим выделением тепла (табл.1), что снижает обратный тепловой поток, идущий на разлагающийся полимер. Вследствие этого протекание деструкции осуществляется с меньшими скоростями (рис.1,2), с образованием структур, имеющих повышенную термостойкость. Последнее утверждение подтверждается отсутствием экзотермического пика в температурном интервале 400-500°C (рис. 2), а также повышенным выходом карбонизованного остатка (табл. 1). При температуре 850°C (температуре, близкой к температурному режиму процесса карбонизации при производстве

УВ) выход карбонизованных структур (КС) повышается в 5-8 раз, что позволит увеличить выход углеродных волокон (табл.1).

Таблица 1

Влияние 3Г и ОГЗС на термодеструкцию ВВ

Состав модифицирующей ванны, % масс.	Основная стадия термолиза		ΔT , °C	Потери массы, % при температурах, °C				Выход КС, % масс. при 850°C	Энтальпия эффекта*, ΔН, Дж/г
	$\frac{T_n - T_k}{T_{max}}, ^\circ C$	$\frac{m_n - m_k}{m_{max}}, \%$		100	200	300	400		
КОНДИЦИОННОЕ ВОЛОКНО									
-	$\frac{281-335}{313}$	$\frac{16,7-56,7}{39,1}$	54	5	7	27	82	4	1560
ДММФ	$\frac{140-305}{260}$	$\frac{17-65,5}{55}$	16	8	15	58	76	20	920
ДММФ+ПММ	$\frac{180-280}{260}$	$\frac{8-51}{39}$	100	4	9	53	64	25	865
СЗГ+ПММ	$\frac{188-230}{210}$	$\frac{5,3-15,3}{10,9}$	42	2	8	34	38	31	533
свежесформованное волокно									
-	$\frac{306-376}{326}$	$\frac{18,6-75,8}{47,3}$	70	5	6	14	83	2	1425
СЗГ+ПММ	$\frac{184-245}{218}$	$\frac{6-26,7}{22,1}$	61	1	8	32	39	28	819

* - по данным дифференциально-сканирующей калориметрии

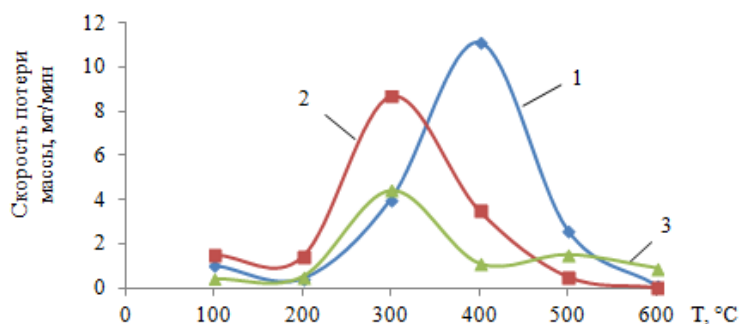


Рис. 2. Зависимость скорости термолиза ВВ от состава модифицирующей ванны: 1- ВВ исходное немодифицированное; 2-3 - ВВ, модифицированное из ванны, содержащей: 2 - ДММФ; 3 - ДММФ + ПММ

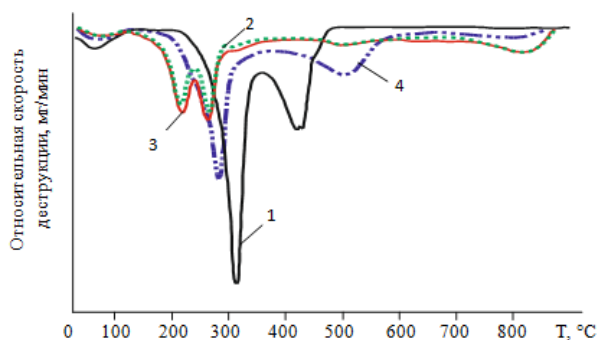


Рис. 3 Зависимость скорости термолиза ВВ от состава модифицирующей ванны: 1- ВВ исходное немодифицированное; 2-4- ВВ, модифицированное из ванны, содержащей СЗГ + ПММ после: 2 – пропитки; 3 – термической обработки; 4 – промывки

Кислородный индекс модифицированных волокон, подвергнутых промывке, составляет 28-32% об., что свидетельствует об эффективности использования Р, N-содержащих соединений для огнезащиты вязкозных волокнистых материалов.

Как известно [2, 3], процесс превращения ВВ в УВ состоит из стадий: низкотемпературная обработка волокна до температур 300-400°C, карбонизация при температуре 1000-1500°C в атмосфере инертного газа и графитизация при высоких температурах (вплоть до 2800°C). Наиболее длительной является стадия низкотемпературной обработки, ее продолжительность составляет до 15 часов. Именно на этой стадии в волокне протекают разнообразные химические реакции с отделением атомов кислорода и водорода, циклизация, формирование графитоподобных структур и выделение летучих веществ.

Введение ЗГ и ОГЗС в ВВ способствует проведению стадии термостабилизации при более низких температурах (150-210°C), с большим выходом карбонизованного продукта, при этом графитоподобные структуры образуются за меньшее время.

В технологии производства углеродных волокнистых материалов чаще используется ступенчатый нагрев. Проведение термостабилизации модифицированного волокна при температуре от 150 до 170°C время термостабилизации составляет 4 часа 10 мин. Однако если проводить термостабилизацию в условиях изотермического нагрева при 190°C, используя предварительное окисление, то продолжительность термообработки составит 2 часа 40 мин.

Кокс волокон, модифицированных производными ДММФ и ОГЗС, полученный в условиях определения кислородного индекса, более плотный и жесткий в сравнении с исходным материалом. По результатам метода оптической микроскопии установлена сохранность текстильной структуры волокон в коксе, что важно для производства УВ.

Как показали исследования, модификация ВВ предлагаемыми ЗГ и ОГЗС способствует не только снижению горючести материала, но и увеличению выхода КС. Это открывает возможности применения огнезащищенных волокон для получения углеродных волокнистых материалов.

Литература:

1. Мелешко, А. И. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты / А. И. Мелешко, С. П. Половников. – М. : САЙНС-ПРЕСС, 2007. – 192 с.
2. Термо-, жаростойкие и негорючие волокна / под ред. А. А. Конкина. – М. : Химия, 1978. – 424 с.
3. Комарова, Т. В. Получение углеродных материалов : учеб. пособие / Т. В. Комарова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. – 95 с. – ISBN 5-7237-0266-6.

К вопросу об усовершенствовании конструкции эндопротеза коленного сустава

Воловикова Анастасия Андреевна, студентка 1 курса ББИСТ-11

Легкова Светлана Романовна, студентка 1 курса ББИСТ-11

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье раскрывается общее понятие об эндопротезировании, видах материалов, а также предлагается возможный способ усовершенствования эндопротеза коленного сустава.

При создании любого имплантата выбор материала является важнейшим этапом, который нередко определяет успех всего комплекса опытно-конструкторских исследований и производственных работ.

Для изготовления протеза основным требованием материала является биосовместимость. Она определяет, как способность материала вызвать приемлемый ответ микроорганизма, так и не вызвать его совсем. К материалам, которые применяют в настоящее время в эндопротезировании коленного сустава, относят: металлы и их сплавы, керамику, костный цемент (полиметилметакрилат), полиэтилен.

Сравним два эндопротеза коленного сустава с использованием различных видов керамики. Выясним чем одна керамика отличается от другой и какую лучше всего использовать. В первую очередь рассмотрим корундовую керамику.

Исследования показали, что костная ткань не отторгает корундовую керамику, а кость с пористым покрытием на поверхности контакта керамических имплантатов способствует более прочному их слиянию и "вживлению". Это происходит за счет прорастания костной ткани в поры керамического покрытия. В результате такого прорастания между костью и керамическим эндопротезом образуется промежуточный слой, который представляет собой керамический каркас, проросший костной тканью. Именно этот промежуточный слой ослабляет контактные напряжения, возникающие при соприкосновении кости с керамикой. Протез словно "врастает" в организм и становится его неотъемлемой частью.

Условно корундовой керамикой принято называть ту, которая содержит 95% и более Al_2O_3 . Основной кристаллической фазой такой керамики является корунд.

Основными свойствами керамики, обеспечивающие ей применяемость, являются: 1) высокая механическая прочность; 2) высокая твердость; 3) повышенная износостойкость и стойкость к истиранию; 4) химическая инертность; 5) минимальная пористость; 6) высокая теплопроводность; 7) термическая стойкость (способность керамического изделия выдерживать без разрушения резкие смены температуры); 8) высокое электрическое сопротивление; 9) низкие диэлектрические потери; 10) тонкий и ультратонкий размер зерна, гарантирующий отменную полировку поверхности. Усовершенствование керамических материалов позволило рассматривать их как некоторую альтернативу металлическим сплавам, а по некоторым своим характеристикам, прежде всего трибологическим, пара керамика-керамика обладает уникальными свойствами. Рассмотрим ещё один вид керамики

также с высокой биологической совместимостью и поверхностной прочностью диоксид циркония (ZrO_2). Конструкции из диоксида циркония по прочности не уступают аналогичным каркасам из металла, также конструкции из этого вида керамики способны выдерживать достаточно большие нагрузки. Другим видом керамики также с высокой биологической совместимостью и поверхностной прочностью является диоксид циркония (ZrO_2). Конструкции из диоксида циркония по прочности не уступают аналогичным каркасам из металла, также конструкции из этого вида керамики способны выдерживать достаточно большие нагрузки.

Итак, перечислим свойства, которыми обладают протезы на основе диоксида циркония: 1) высокая твёрдость; 2) коррозионная стойкость; 3) сохранение прочности в широком диапазоне температур; 4) биосовместимость; 5) низкая теплопроводность; 6) высокая трещиностойкость; 7) возможность использования в качестве твёрдого электролита. Чтобы выяснить какой же вид керамики всё-таки лучше использовать проведём опыт. В нём мы проверим керамику на теплопроводность, для этого начнём подводить температуру и записывать все показания теплопроводности в таблицу, по которой впоследствии построим график.

Таблица 1

Коэффициент теплопроводности Al_2O_3 и ZrO_2 при температуре тела человека ($36,6\text{ }^{\circ}C$)
 $T=309,75K$

Материал	λ , Вт /($m^{\circ}K$)
Корундовая керамика (Al_2O_3)	23,5
Диоксид циркония (ZrO_2)	1,3

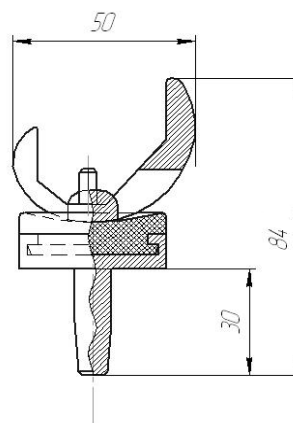


Рис. 1. Эндопротез коленного сустава, где: 1- бедренный компонент; 2-большеберцовый компонент; 3-полиэтиленовый вкладыш.



По данным графика можно сделать вывод о том, что при повышении температуры тела, теплопроводность диоксида циркония (ZrO₂) растёт неинтенсивно, в отличие от теплопроводности корундовой керамики. Следовательно, эндопротезы с применением диоксида циркония будут гораздо удобнее в использовании, потому что будут иметь низкую теплопроводность.

Выводы: проведено статическое исследование зависимости теплопроводности от температуры, был выявлен наиболее подходящий в эндопротезировании вид керамики. Усовершенствование эндопротеза коленного сустава с использованием диоксида циркония обеспечивает сохранение прочности в широком диапазоне температур. Предложенная конструкция эндопротеза будет достаточно надёжна и эргономична.

Литература:

1. Ночовная Н. А., Черемушников Е. В., Анташев В.Г. Металлические материалы для эндопротезирования – ВИАМ, 2014. – 72 с.
2. Лясникова А. В., Дмитриенко Т.Г. Биосовместимые материалы и покрытия нового поколения: особенности получения, наноструктурирование, исследование свойств, перспективы клинического применения - Саратов: Научная книга, 2011. - 220 с.
3. Лясникова А.В. Материалы и покрытия в медицинской практике - Саратов: Научная книга, 2011. - 300 с.
4. Лясников В.Н. Биосовместимые материалы и покрытия медицинского назначения: учеб. пособие – М.: Спецкнига, 2015. – 519 с.
5. Патент РФ №2121319/ Эндопротез коленного сустава / Кабаргин С.Л.; Кузнецов

Г.И.; Иванова Л.П.; Огородников В.Б.; Новоселов К.А.; Засульский Ф.Ю., 1998.

6. Рогова Ю.С., Пичхидзе С.Я. Усовершенствование конструкции коленного эндопротеза. Курск: ЮЗГУ, 2016. – 3с.

7. Белякова О.В., Перинская И.В., Пичхидзе С.Я. Биосовместимое антимикробное покрытие эндопротеза коленного сустава. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.

УДК 616.728.2

Исследование свойств компонентов узла трения эндопротеза тазобедренного сустава

Галеева Алина Сергеевна, студентка 1 курса БИСТ-11

кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в данной статье объясняется принцип строения эндопротеза тазобедренного сустава, проводится сравнительный анализ компонентов узла трения протеза, выявляется оптимальный вариант сочетания компонентов.

Установка эндопротеза тазобедренного сустава на данный момент является наиболее лаконичным решением для лечения заболеваний, касающихся опорно-двигательной системы человека, таких как дисплазия тазобедренного сустава (врожденный вывих), остеопороз, а так же различных травм вплоть до перелома шейки бедра. В некоторых случаях такое средство лечения становится единственным, что бы поставить пациента на ноги, или, по крайней мере, спасти ему жизнь [1-3].

В классическом варианте протез представляет собой механическую систему, состоящую из трех элементов:

Чашка протеза – усеченная сфера, выполненная чаще всего из титана, функционально замещает вертлужную впадину в тазовой кости. Состоит из непосредственно чашки и внутреннего вкладыша.

Головка протеза – круглая деталь, закрепленная на конусе бедренного компонента и помещенная внутрь вкладыша чашки.

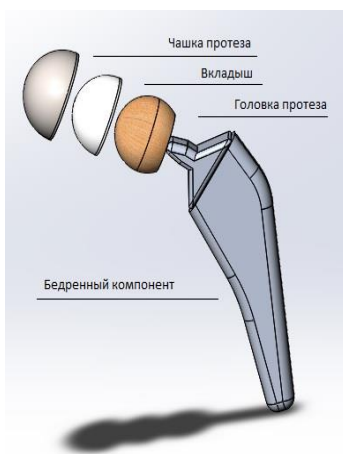
Бедренный компонент – представляет собой клиновидную ножку из прочного, безопасного для человека материала (например, сплава титана). Эта ножка вставляется в бедренную кость.

Следует учесть, что размер, форма и материал исполнения этих трех элементов зависит от возраста, веса, особенностей строения костей, химического состава организма, материального положения и стиля жизни пациента.

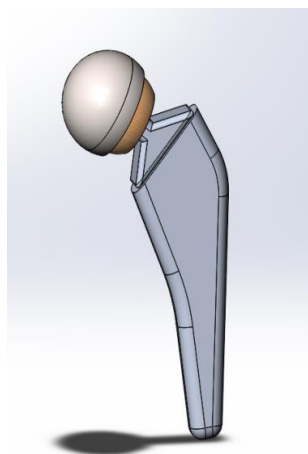
Главным отличием всех протезов является так называемый узел трения – вкладыш в чашке протеза и головка протеза. Именно узел трения устанавливает цену на протез, срок его эксплуатации, и то, насколько активно сможет двигаться пациент с данным протезом.

В современной медицинской практике применяется несколько вариантов исполнения узла трения: головку протеза изготавливают из металла или керамики, а вкладыш из металла, керамики или полиэтилена.

Цель работы: изучить характеристики различных комбинаций материалов для узла трения и выявить оптимальный вариант сочетания.



*Протез по частям,
сконструированный в
SolidWorks*



*Собранный протез
(SolidWorks)*



*Положение протеза в теле
человека*

Для удобства оценивания характеристик компонентов была составлена табл.1.

Таблица 1

Характеристика компонентов пар трения

Головка	Вкладыш	Энергия при трении, Дж	Срок эксплуатации, лет	Вес, г
Металл	Металл	1,5	29,4	470,00
Металл	Керамика	0,53	20,8	404,70
Металл	Полиэтилен	2,0	21,7	301,40
Керамика	Металл	0,53	20,8	299,75
Керамика	Керамика	5,0	Не ограничено	234,45
Керамика	Полиэтилен	1,0	33,3	131,15

Металл – это чаще всего применяемый в эндопротезировании сплав Co-Cr-Mo, плотностью 8000 кг/м^3 , керамика – часто используемая Al_2O_3 плотностью 3990 кг/м^3 и полиэтилен высокой плотности – 930 кг/м^3 .

Предложенные для изучения характеристики (представленные в таблице) считаю наиболее важными для объективного оценивания качества протеза тазобедренного сустава.

Используя данные, найденные в литературных источниках о коэффициентах трения между двумя различными материалами и применив формулу работы трения скольжения, установили выделяемую энергию при трении. Таким образом, мы понимаем, как сильно нагревается узел трения в процессе эксплуатации, что влечет за собой выделение различных продуктов трения, способных вызвать отторжения материалов организмом, а так же преждевременное разрушение протеза. Самой лучшей по этому показателю парой трения оказалась керамика-металл (в любом исполнении) (0,53 Дж энергии приблизительно при каждом шаге человека весом 100 кг), но так же отлично показывает себя пара керамика-полиэтилен (1 Дж).

Срок эксплуатации вычислялся с помощью данных о скорости износа пар трения. Данная величина была разделена на среднюю толщину вкладыша (около 5 мм). Ввиду того, что пара трения керамика-керамика слишком износостойка для подобной толщины вкладыша, срок её эксплуатации по этому параметру не ограничен и указан в таблице соответствующе. Однако, как показывают последние исследования, пара трения, содержащая керамические детали имеет склонность раскалываться приблизительно в каждом десятом протезе (13%), что накладывает определенные риски на установку такого протеза. Самой

долговечной в эксплуатации оказалась пара трения керамика-полиэтилен (33,3 года), а так же металл-металл (29,4 года). При бережном использовании протеза с этими парами трения их замена не понадобится больше никогда в жизни.

Вес конструкций определялся исходя из плотности материалов умноженной на объём образованной из них детали. Самой лучшей по этому показателю парой трения оказалась полиэтилен-керамика (131,15 г), так же относительно малый вес имеет пара керамика-керамика (234,45 г).

Собрав все признаки воедино, получаем наиболее безопасный, долговечный и легкий вариант пары трения для эндопротеза тазобедренного сустава.

Выводы: в ходе проведенного исследования установлен оптимальный вариант сочетания компонентов для эндопротеза тазобедренного сустава. Таким сочетанием является узел трения керамика-полиэтилен.

Литература:

1. Деформировавшийся артроз тазобедренного сустава, лечение путем эндопротезирования [Электронный ресурс], - <http://osteohondroz-med.ru/deformiruyushhij-artroz-tazobedrennogo-sustava-lechenie-putem-endoprotezirovaniya.html> - статья в интернете
2. Коэффициенты трения [Электронный ресурс], - <http://freza-chpu.ru/content/instruktsii/koyeffitsienty-treniya.html> - статья в интернете
3. Ермакова Е.Ю. ,Эндопротез тазобедренного сустава [Электронный ресурс], - <https://ortocure.ru/kosti-i-sustavy/drugoe/endoprotez-tazobedrennogo-sustava.html> - статья в интернете

УДК 617.3

Усовершенствование эндопротеза раздвижного шейного позвонка

Гладков Дмитрий Николаевич, студент 3 курса ББИСТ-41,

Научные руководители: Пронина Е.А., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный университет имени Гагарина Ю.А., Россия

Аннотация: в статье предложена конструкция измененного эндопротеза раздвижного шейного позвонка.

При травмах позвоночника может происходить повреждение, как костных структур (позвонков), так и мягких тканей (межпозвоноковых дисков, связок, мышц, нервных корешков, спинного мозга). Серьезными последствиями спинальной травмы являются повреждение нервных структур, а также развитие нестабильности позвоночника. Нестабильность позвоночника может развиваться в результате некоторых разновидностей переломов позвонков, а также разрыва дисков и связок, которые соединяют позвонки друг с другом [1...6].

Позвонки, как и другие, кости нашего организма, в норме обладают значительным запасом прочности и могут выдерживать значительные нагрузки. Перелом позвонков у лиц молодого и среднего возраста чаще возникают при воздействии очень значительной внешней силы. Протез тела позвонка предназначен для полного замещения поврежденного тела позвонка. В качестве прототипа позвонка был взят наиболее применяемый в имплантологии

телескопический протез тела позвонка без фиксирующих пластин с пикообразными фиксирующим элементом [2, 3].

Известный прочный сплав из смеси титана и золота (β -Ti₃Au) может быть использован для изготовления надежных медицинских имплантатов. Материал показывает достаточно большую твердость среди всех титаново-золотых сплавов, а также в сравнении с титаном. Под воздействием высоких температур была получена практически чистая кристаллическая форма бета-версии сплава – кристаллической структуры, которая в четыре раза прочнее титана. Сплав прочнее чистого титана, который является основным материалом для изготовления имплантатов. Конструкция прототипа приводит к металлозу и нестабильности эндопротеза.

Цель работы: усовершенствование конструкции эндопротеза раздвижного шейного позвонка. В ходе работы были предложены следующие доработки протеза: 1) верхняя часть эндопротеза вращается относительно втулки, что облегчает фиксацию диапазона работы протеза; 2) присутствуют крепления к соседним позвонкам для улучшения фиксации протеза; 3) добавлен фиксатор положения, что увеличивает надежность; 4) на верхней и нижней поверхностях расположены пирамидообразные элементы для улучшения фиксации с межпозвоночными дисками; 5) материалом для изготовления протеза является сплав β -Ti₃Au; 6) нанесение покрытия порошка гидроксиапатита, что повышает биосовместимость, остеоинтеграцию и сращивание протеза со смежными позвонками; 7) размеры фиксатора: до 80 мм; 8) нанести антибактериальное покрытие Ag₂O на стенки корпуса эндопротеза с помощью плазматрона на автоматизированном технологическом комплексе АТК.

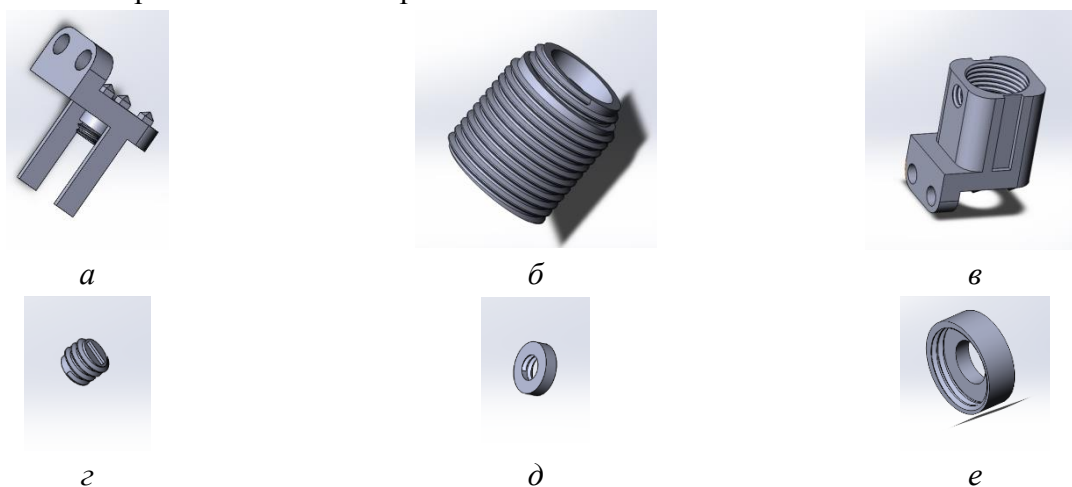
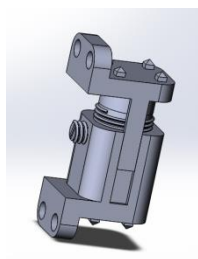
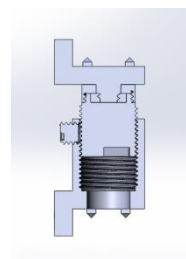


Рис.1. Детализовка эндопротеза, где: а - верхняя часть эндопротеза с креплением к смежному позвонку, б - втулка эндопротеза с резьбой для регулировки расстояния между смежными позвонками и отверстием для соединения с верхней частью, в - корпус эндопротеза с резьбой под сердцевину и фиксацией к смежному позвонку, г – фиксирующий положение элемент, д – гайка для крепления верхнего компонента с втулкой (крепится на верхний компонент), е - гайка для крепления верхнего компонента с втулкой (крепится на втулку)

Преимущества разработанной конструкции перед прототипом состоят в повышении надежности за счет более прочного биосовместимого сплава. При этом, соответственно, возрастает срок службы эндопротеза. Далее нами был проведен виртуальный анализ созданной модели, который позволил провести оценку напряженно-деформированного состояния составных элементов эндопротеза при нагрузке 100 Н, рис.2-4.



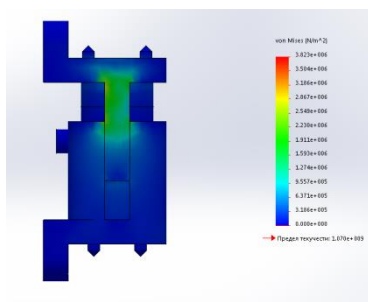
а



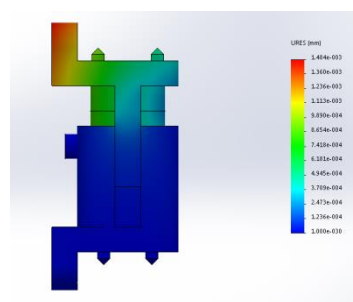
б

Рис.2. Эндопротез подвижного шейного позвонка, а - в сборе, б - в разрезе

По результатам исследования выявлено, что конструкция протеза обладает большим запасом прочности, рис.4а, наибольшее смещение составляет $1.484 \cdot 10^{-3}$ мм, рис.4б. Данное смещение меньше максимального смещения при использовании титановых компонентов эндопротеза.

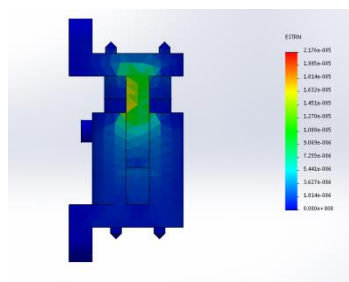


а

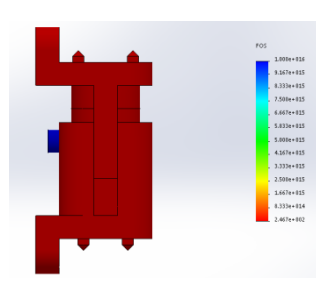


б

Рис.3. Результаты расчета, где: а - график напряжений, б - график перемещений



а



б

Рис.4. Результаты расчета, где а - график деформации, б – график запаса прочности

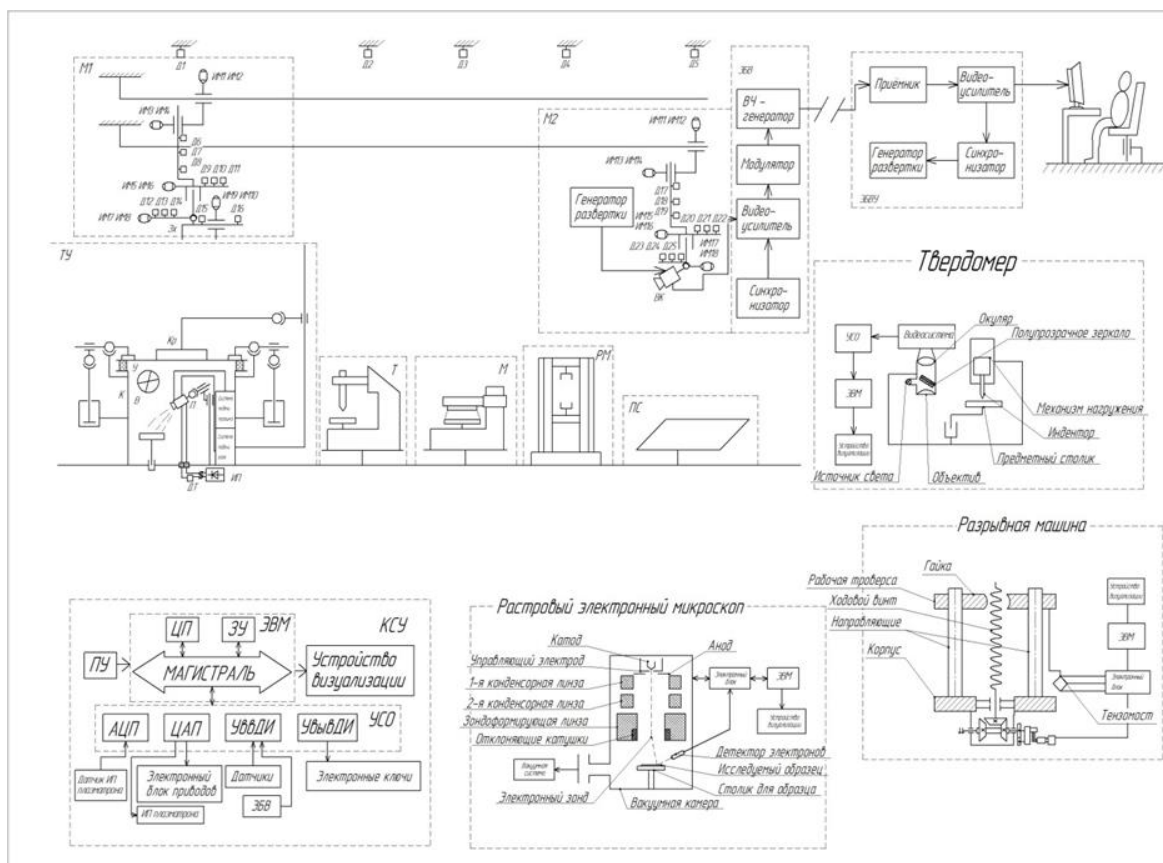


Рис.5. АТК плазменного напыления и контроля качества покрытия

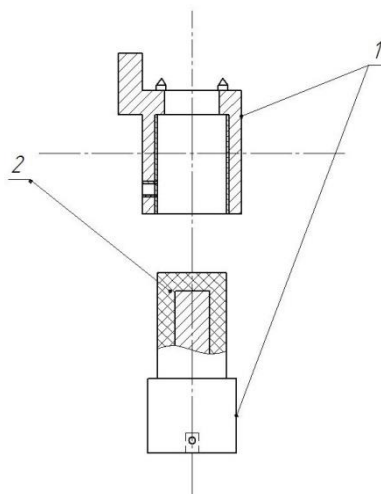


Рис.6. Оснастка, где: 1 - корпус детали, корпус оснастки, 2 - резиновая прокладка

Для фиксации детали в камере напыления на планшайбе используется оснастка

Выводы: усовершенствован эндопротез раздвижного шейного позвонка для замены поврежденного позвонка искусственным аналогом. Сплав титан-золото делает конструкцию более прочной, увеличивая срок его службы. Нанесено покрытие Ag_2O , что увеличивает антибактериальные свойства.

Литература:

1. Патент РФ № 119649, МПК B05B7/22. Устройство для нанесения износостойких покрытий на металлические изделия / Суминов И.В., Эпельфельд А. В., Людин В. Б., Крит Б. Л., Борисов А. М., Сорокин В. А., Францкевич В.П., Сорокин И. В., Васин В. А., Сомов О. В., заявл. 11.04.2012, опубл. 27.08.2012.

2. Патент РФ № 2520799 С1 от 19.03.2013. Телескопический протез тела позвонка/Чертков А.К.
3. Травмы позвонка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pozwonochnic.ru/spina.htm>.
4. Воробьев М.Ю., Пичхидзе С.Я. Разработка телескопического тела позвонка для поясничного отдела с нанесением биосовместимого покрытия. Курск: ЮЗГУ, 2016. - 3с.
5. Скрипкина Ю.А., Пичхидзе С.Я. Разработка эндопротеза межпозвоночного диска. Самара: Л-Журнал, 2016. - 3с.
6. Гладков Д.Н., Пичхидзе С.Я. Модернизация эндопротеза раздвижного шейного позвонка. Курск: ЮЗГУ, 2017. - 3с.

УДК 678.686

Физико-механические свойства волоконнаполненных эпоксидных композитов

Гришанов Илья Михайлович, студент группы ХМТН-21;

Герасимова Виктория Михайловна, ст. преподаватель кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

Зубова Наталья Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент

«Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО

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

В работе рассмотрены волокнистые наполнители, такие как базальтовые и стеклянные нити, отличающиеся высокой поверхностной активностью, используемые для получения эпоксидных композитов. Установлено, что разработанные композиционные материалы на основе модифицированных базальтовых нитей являются конкурентоспособными на отечественном рынке волокнистых полимерных композитов.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) определяют уровень научно-технического прогресса любой страны в различных сферах промышленности, транспорта, бытового сектора. Их использование для производства разнообразных изделий позволяет значительно снизить расход остродефицитных металлов (бериллия, титана, алюминия, легированной стали) и повысить грузоподъемность, облегчить конструкцию тем самым снизить трудо- и энергозатраты [1].

В настоящее время объёмы производства пластмасс превышают объёмы производства традиционных конструкционных материалов, таких как сталь, стекло, керамика и другие. За последние 10 лет мировой выпуск полимерных материалов увеличился на 67% и достиг 300 млн. тонн. Основными производителями пластмасс являются США, Япония, Германия, Корея и Китай, но следует отметить, что производство пластмасс на сегодняшний день возросло и в России.

При создании композитных материалов среди широко применяемых особое место занимают эпоксидные связующие, отличающиеся хорошими технологическими и эксплуатационными свойствами, а также возможностью формирования изделий различного ассортимента, размеров, формы с применением высокоавтоматизированных методов

переработки [2].

Направленное регулирование свойств эпоксидных композитов позволяет разработать материалы, удовлетворяющие требованиям инновационной экономики. Это может быть достигнуто, в частности, применением армирующих систем различной химической природы, отличающихся высокой поверхностной активностью. В качестве армирующих систем для эпоксидных композитов используются стеклянные (СН) и базальтовые нити (БН). Отличительной чертой данных химических волокон являются: возможность взаимного влияния компонентов друг на друга, формирование «размытого» переходного слоя, взаимодиффузия волокна в связующее и связующего в волокно и, как следствие, формирование монолитной структуры, работающей при нагружении как единое целое.

Базальтовые и стеклянные волокна на основе стекла марки «Е» близки по химическому составу и относятся к группе алюмосиликатов. Выпускаются в виде штапеля (длина резки ~ 30 мм) и виде непрерывных нитей (диаметр 10-15 мкм), а также в виде ровингов, тканей, холстов и матов.

Химический состав базальтовых волокнистых материалов (%) [3]:

$\text{SiO}_2=48,8-51,0$;	$\text{MgO}=6,2-16,0$;	$\text{CaO}=10,0$;	$\text{TiO}_2=0,9-1,6$;
$\text{Al}_2\text{O}_3=14,0-15,6$;	$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3=7,3-13,3$;	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=1,9-2,2$;	$\text{MnO}=0,1-0,2$.

Негорючесть, достаточно высокая прочность, стойкость к коррозии и биостойкость, а также относительно малая плотность в сочетании с прекрасными оптическими, электро-, тепло-, звукоизоляционными свойствами – это основные характеристики стекловолокна, благодаря которым они всё больше находят применения в производстве полимерных композиционных материалов, в частности, эпоксидных.

В отличие от стекловолокна на основе стекла марки «Е», базальтовые волокнистые материалы отличаются повышенными деформационно-прочностными свойствами, неограниченными запасами сырья, растущими объёмами производства и современной технологией получения, а также более высокой адгезией к эпоксидным и фенольным матрицам. Следует отметить, что благодаря доступности сырья и простоте технологии получения, цена базальтового волокна при многотоннажном производстве ниже стеклянного, что позволяет отнести их к приоритетным волокнистым наполнителям в производстве ПКМ на основе реактопластов [4, 5].

Для повышения эффективности использования данных волокнистых наполнителей перспективна их поверхностная модификация аппретирующими композициями, с целью формирования высокоразвитой поверхности наполнителя.

Одним из перспективных путей решения проблемы повышения адгезионного сродства и, как следствие, физико-механических свойств волокнистого наполнителя может являться модификация его поверхности кремнийорганическими соединениями [6].

Модификация поверхности наполнителей силанами обеспечивает [7]:

- улучшенную размерную стабильность;
- улучшенную смачиваемость между полимером и наполнителем;
- пониженную водопаропроницаемость;
- контролируемость реологических свойств (более высокое наполнение без повышения вязкости);
- повышение диспергируемости наполнителя (отсутствуют агломераты наполнителя);
- улучшенные механические показатели и их высокую стабильность в условиях эксплуатации;
- улучшенные электрические свойства.

Из органосиланольных добавок наибольшее применение нашли:

- 1) Silquest A-187: 3 – глицидоксипропилтриметоксисилан;
- 2) Silquest A-174: 3 метакрилоксипропилтриметоксисилан.

Физико-механические свойства полученных базальтопластиков на основе модифицированных БН А-187 и А-174 и композитов на основе стекло- и углетканей, представляющие в настоящее время группу отечественных промышленных аналогов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка характеристик эпоксидных композитов на основе различных армирующих систем

Армирующая система	Плотность, кг/м ³	Разрушающее напряжение, МПа, при		Ударная вязкость, кДж/м ²	Твёрдость по Бринеллю, МПа
		растяжении	изгибе		
-	1250	50	110	10	115
БН	1710	98	485	315	135
БН+А-187	1580	180	781	544	260
БН+А-174	1630	176	642	402	205
СН*	1600-1900	300	250	180-200	400-460
СТ*	1800-1900	379-517	517-654	16	-
УТ*	1300-1500	450	350-500	130-150	250-350

*справочные данные [8]

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что использование модифицированных органосиланольными аппретами базальтовых нитей обеспечивает получение композиционных материалов, не уступающих аналогам по таким показателям, как разрушающее напряжение при изгибе и ударная вязкость, так как при сравнении с их лучшими результатами превышение указанных характеристик у разработанного композита составляет 200% и 175% соответственно при меньшей стоимости базальтового волокнистого наполнителя в отличие от стекло- и углетканей. Кроме того, введение исследуемых армирующих систем в эпоксидное связующее значительно повышает устойчивость материала к растягивающим и изгибающим деформациям, ударную вязкость и его твёрдость по Бринеллю по отношению к ненаполненной матрице.

Проведённый анализ подтверждает, что разработанные композиционные материалы на основе модифицированных БН являются конкурентоспособными на отечественном рынке волокнистых полимерных композитов. Перспективными областями применения эпоксидных ПКМ на основе модифицированных БН являются производство растяжек для дождевальных машин; тепло- и звукоизолирующих труб; трубопроводов горячего водоснабжения; труб для закачки и перекачки нефти и газа, а также арматуры для армирования бетона и стержневых конструкций различных профилей поперечного сечения, используемых в качестве силовых или подкрепляющих элементов – вантов (тросов), лонжеронов, стрингеров, окантовки, каркасов, ферменных конструкций, балок, рам, валов и т.д. [9].

Литература

1. Зубова, Н.Г. Волокнонаполненные полимерные композиты: технологические особенности, модификация: уч. пособие / Н.Г. Зубова, В.М. Герасимова - Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2018. – 90 с.
2. Ветохин, С.Ю. Перспективы развития композиционной отрасли / С.Ю. Ветохин, Т.В. Кутергина, Н.С. Лукичева // Композитный мир. – 2011. – №2. – С. 50-52.

3. Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий: учебник / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.
4. Оснос, М.С. Базальтовое непрерывное волокно – вчера, сегодня и завтра / М.С. Оснос, С.П. Оснос // Композитный мир. – 2015. – №2. – С. 32-38.
5. Удиванов, А.В. «Русский базальт» - европейские подходы к производству базальтового непрерывного волокна / А.В. Удиванов // Композитный мир. – 2013. – №6. – С.18-21.
6. Моцарев, Г.В. Карбофункциональные органосиланы и органосилоксаны: учебник / Г.В. Моцарев, М.В. Соболевский, В.Р. Розенберг. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
7. Функциональные наполнители для пластмасс / под ред. М. Ксантоса; пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева - СПб.: Научные основы и технологии, 2010. -462 с.
8. Крыжановский, В.К. Технические свойства пластмасс: учеб.- справ. пособие / В.К. Крыжановский. – СПб.: ЦОП: «Профессия», 2014. – 240 с.
9. Макухин, А.Г. Пултрузия, как технологический процесс изготовления изделий из композиционных материалов / А.Г. Макухин, Г.В. Сыровой, А.Ю. Ратушняк // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2016. - №1 (52). – С. 99-106.

УДК 616.728

Исследование НДС образцов протеза коленного сустава

Денисов Денис Сергеевич, студент 4 курса б-БИСТ41

Герасимов Сергей Васильевич, студент 4 курса б-БИСТ41

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научные руководители: Пронина Е.А., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье приведен пример использования сплава титан – золото для изготовления бедренного и тибиального компонентов эндопротеза коленного сустава и оценка напряжений полученной конструкции.

Цель исследований: разработка технологии изготовления бедренной и тибиальной части протеза коленного сустава из сплава β -Ti3Au и оценка нагруженного состояния эндопротеза коленного сустава из сплава Ti3Au в сборе.

Деформирующий остеоартроз – дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов, причиной которого является поражение хрящевой ткани суставных поверхностей. Это самая распространённая форма поражения суставов и одна из главных причин нетрудоспособности, вызывающая ухудшение качества жизни и значительные финансовые затраты, особенно у пожилых людей. Основным фактором возникновения артроза считается механический. Из-за микротравматизации суставного хряща и осевого давления на него в нагрузке нарушается структура хрящевой поверхности, при этом происходят преждевременный износ суставного хряща и последующее разрушение коленного сустава. На ранних стадиях справиться с болезнью может помочь консервативное лечение, а в особо запущенных случаях приходится прибегнуть к оперативному вмешательству – тотальному эндопротезированию [1...6].

Эндопротез коленного сустава состоит из бедренного компонента, тибиального

компонента и полиэтиленового вкладыша. Компоненты эндопротезов выполняются из различных высокотехнологичных материалов (титан, сталь, керамика, полиэтилен). Общими требованиями к металлам, применяемым для изготовления эндопротезов, являются: жесткость, прочность, эластичность, устойчивость к коррозии, возможность создавать требуемую структуру поверхности и биосовместимость. Титан на сегодняшний момент является одним из лучших материалов для протезирования благодаря своей биосовместимости. Однако зачастую таким протезам не хватает прочности и в среднем титановые протезы необходимо менять каждые десять лет из-за износа. Известный сплав титана и золота β -Ti₃Au способен решить проблему износа и обеспечить более длительное использование протеза без замены его компонентов, рис.1, 2. Сплав состава β -Ti₃Au образуется при температуре 1395⁰С, рис.1. Для обеспечения наибольшей прочности титан и золото необходимо смешивать в соотношении 3:1. Материал имеет плотно - упакованную атомную структуру кристаллической решетки, рис. 2. Новая модификация в четыре раза прочнее обычного титана и еще более инертна к биологической среде.

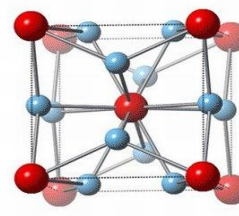
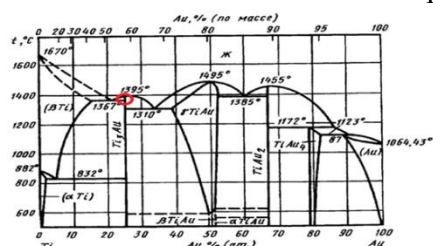


Рис. 1. Диаграмма сплава β -Ti₃Au

Рис. 2. Кристаллическая решетка β -Ti₃Au

Для интраоперационного изготовления бедренного компонента из сплава β -Ti₃Au изготавливают форму из силикона, рис. 4, которая представляет собой корпус, состоящий из уплощенной продольно вытянутого цилиндра и основания в виде окружности. При изготовлении формы смешиваем силиконовую базу и катализатор в соотношении 1:1.

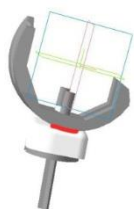


Рис.3. Модель эндопротеза коленного сустава



Рис.4. Силиконовая форма и бедренный компонент

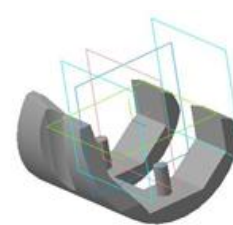


Рис. 5. Чертеж мастер-модели

Требуемая деталь, в нашем случае бедренный компонент коленного сустава, заливается силиконом. Так как бедренная часть имеет сложную форму, для получения мастер-модели будем использовать не хрупкий парафин, а более прочный пластик, чтобы не повредить будущую мастер-модель при извлечении из силиконовой формы. В данном случае лучше использовать двухкомпонентную самоотвердевающую стоматологическую пластмассу «Протакрил-М». При точном соблюдении пропорций смешиваемых компонентов после затвердевания пластмасса приобретает очень высокую прочность. Смешиваем порошок и отвердитель, полученный раствор заливаем в силиконовую форму, ждем 4 часа до затвердевания и вынимаем готовую мастер-модель (рис. 3). Полученная мастер-модель используется для получения песчаной формы, в которую будет производиться литье нового сплава. Для интраоперационного изготовления тибиального компонента из сплава титана и золота β -Ti₃Au изготавливают форму из силикона, которая представляет собой корпус, состоящий из уплощенной продольно вытянутой накладки и основания в виде

прямоугольного параллелепипеда с задней, передней продольно вытянутыми и торцевыми боковыми, верхней, нижней стенками, рис.6,7.

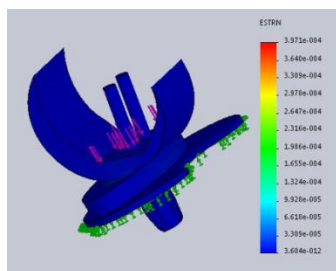


Рис.6. Силиконовая форма и компоненты для ее изготовления

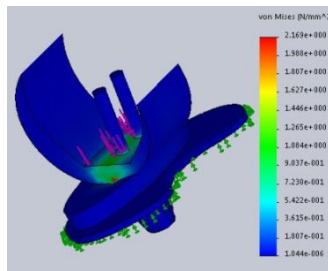


Рис.7. Тибимальный компонент и силиконовая форма для его изготовления

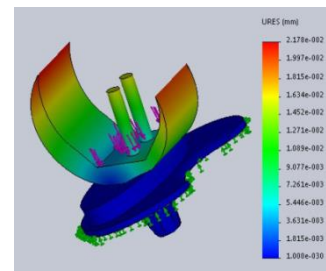
Требуемая деталь, в нашем случае тибимальный компонент коленного сустава, заливается силиконом. Так как тибимальная часть имеет сложную форму, для получения мастер-модели использовался не хрупкий парафин, а прочный пластик, чтобы не повредить будущую мастер-модель при извлечении из силиконовой формы. В данном случае использовалась та же двухкомпонентная самоотвердевающая стоматологическая пластмасса «Протакрил-М», что и при изготовлении формы для бедренного компонента. При точном соблюдении пропорций смешиваемых компонентов после затвердевания пластмасса приобретает достаточно высокую прочность. Смешивали порошок и отвердитель, полученный раствор заливали в силиконовую форму, ждали 30...60 мин. до полного отверждения и вынимали готовую мастер-модель. Полученную мастер-модель использовали для получения песчаной формы, в которую производили литье сплава β -TiZrAu. Нами был проведён виртуальный анализ в программе SolidWorks Simulation созданной модели эндопротеза коленного сустава, с помощью которого была произведена анализ НДС эндопротеза в сборе при нагрузке 1000 Н, рис. 8. По результатам исследования выявлена нагрузка от 10^{-6} до 1,4 МПа и наибольшее смещение, составляющее $2 \cdot 10^{-2}$ мм.



а



б



в

Рис. 8. Результаты расчетов НДС эндопротеза коленного сустава, где: а - статическая деформация; б - напряжения, МПа; в - статические перемещения, мм

Выводы: получен пример технологии изготовления бедренного и тибимального компонентов эндопротеза коленного сустава из сплава титан – золото и проведена оценка нагруженного состояния эндопротеза коленного сустава из сплава TiZrAu в сборе, максимальную нагрузку фиксировали на феморальном компоненте. Сплав TiZrAu делает эндопротез коленного сустава более прочным, что увеличивает срок его службы.

Литература:

1. Эндопротезирование коленного сустава/ Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба, К.А. Новосёлов. – СПб.: Гиппократ, 2006. – 544 с.
2. Патент ПМ № 2592025. Способ восстановления надколенника при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Прохоренко В. М., Мамедов Агшин Ариф оглы,

Баитов В. С. 2016.

3. Патент ПМ № 127619. Тиббиальный компонент артикулирующего спейсера коленного сустава и форма для его интраоперационного изготовления. Гиркало М.В., Норкин И.А., Ключков М. А., Шпиняк С.П., Помошников С.Н. 2013.

4. Белякова О.В., Перинская И.В., Пичхидзе С.Я. Биосовместимое антимикробное покрытие эндопротеза коленного сустава. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.

5. Герасимов С.В., Мамбетова А.И., Шарыпова Е.А., Костин К.Б., Шумилин А.И., Шпиняк С.П., Пичхидзе С.Я. Модернизация конструкции коленного эндопротеза. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.

6. Костин К.Б., Шумилин А.И., Шпиняк С.П., Кошуро В.А., Родионов И.В., Пичхидзе С.Я. Усовершенствование конструкции коленного эндопротеза. Prospects of world science-2016. Materials of the XII international scientific and practical conference. Sheffield. 2016.-P.8-10.

7. Небогатилов Р.С., Метлевский К.Д., Пичхидзе С.Я. Усовершенствование вкладыша конструкции коленного эндопротеза. Курск: ЮЗГУ, 2016. – 3с.

8. Шумилин А.И., Шпиняк С.П., Пичхидзе С.Я. К вопросу повышения износостойкости вкладыша коленного эндопротеза. Саратов: СГУ, 2016. – 3с.

9. Небогатилов Р.С., Зотова А.С., Пичхидзе С.Я. Модернизация вкладыша конструкции коленного сустава. Курск: ЮЗГУ, 2016. – 3с.

10. Герасимов С.В., Викулова М.А., Горшков Н.В., Костин К.Б., Шумилин А.И., Пичхидзе С.Я. Модернизация конструкции коленного артикулирующего вкладыша. Самара: Л-Журнал, 2017. – 2с

11. Денисов Д.С., Герасимов С.В., Горшков Н.В., Викулова М.А., Пичхидзе С.Я. Усовершенствование вкладыша коленного эндопротеза. Курск: ЮЗГУ, 2017. – 3с.

12. Денисов Д.С., Герасимов С.В., Кривенцов Н.М., Шпиняк С.П., Пичхидзе С.Я. К вопросу модернизации протеза коленного сустава. Курск: ЮЗГУ, 2017. – 3с.

УДК 64.011.56

Разработка структурно-функциональной схемы медицинского автоматизированного комплекса для рентгеновского исследования хирургических операций протезирования коленного сустава

Еленкова Татьяна Викторовна, студентка 4 курса бБИСТ-41 кафедры «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научные руководители: Пронина Е.А., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье представлен разработанный медицинский автоматизированный комплекс для рентгеновского исследования хирургических операций протезирования коленного сустава, его структурно - функциональная схема.

Наиболее важной и актуальной проблемой хирургии опорно-двигательного аппарата является восстановление подвижности суставов. Коленный сустав второй по величине после тазобедренного сустава у человека. Вместе с тем именно он часто оказывается предметом поражения.

Для проведения хирургических операций протезирования коленного сустава имеет важное значение оснащение рабочего места врача-ортопеда или хирурга различными средствами механизации и автоматизации. Компонировка элементов рабочего места врача должна учитывать пространство, необходимое для размещения врача, пациента и технических элементов.

Разработка медицинского автоматизированного комплекса (МАК) для рентгеновского исследования хирургических операций протезирования коленного сустава позволяет усовершенствовать рабочее места врача-ортопеда, травматолога или хирурга посредством внедрения различными средствами механизации и автоматизации.

Разработанный МАК состоит из :механизированного кресла-кровати для пациента, рентгеновской трубки, приемника рентгеновского излучения, 3D манипулятора перемещения рентгеновской трубки, 3D манипулятора перемещения приемника рентгеновского излучения, 3D манипулятора перемещения видеокамеры, компьютерной системы управления, системы видеоконтроля.

Разработанная структурно-функциональная схема МАК для рентгеновского исследования хирургических операций протезирования коленного сустава представлена на рис.1.

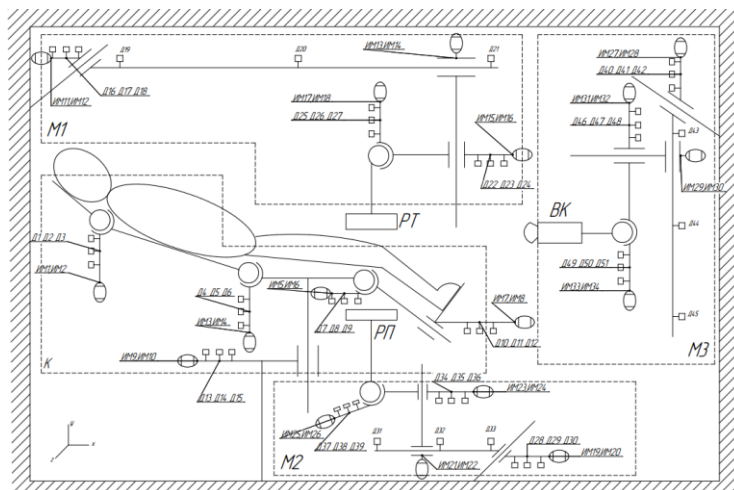


Рис. 1. Структурно-функциональная схема МАК для рентгеновских исследований

Механизированное кресло-кровать (К) (рисунок 2) необходимо для комфортного размещения пациента перед началом операции. Конструктивно оно состоит из подголовника, спинки, сиденья, подножки, подставки и ножки [1]. Спинка, подголовник и подножка снабжены механизмами вращательного движения и могут совершать вращательное движение в параллельной пациенту плоскости. Подставка и ножка снабжены механизмами линейного движения и позволяют регулировать длину подножки и высоту кресла.

3D- манипуляторы необходимы для пространственного перемещения в трех плоскостях различных инструментов. МАК имеет три таких манипулятора – для перемещения рентгеновской трубки, для перемещения приемника рентгеновского излучения и для перемещения видеокамеры (ИМ1...ИМ34). 3D-манипулятор конструктивно состоит из направляющих, трех механизмов линейного движения и одного механизма вращательного движения. К каждому механизму через редуктор, необходимый для передачи вращательного момента, подключен электродвигатель. Для соединения манипулятора и рабочего инструмента на нем установлено устройство сопряжения.

В качестве рабочего инструмента в данном МАК выступают рентгеновская трубка (РТ), рентгеновский приемник (РП) и видеокамера (ВК). Рентгеновская трубка – электровакуумный прибор, предназначенный для генерации

рентгеновского излучения.

D-манипулятор рентгеновской трубки (M1) (рисунок 3) предназначен для подведения рентгеновской трубки к обследуемой части пациента, в данном случае – коленного сустава.

3D-манипулятор рентгеновского приемника (M2) предназначен для подведения к исследуемой области приемника рентгеновского излучения, рис.4.

3D-манипулятор видеокамеры (M3) предназначен для подведения видеокамеры для наблюдения и контроля за хирургической операцией, рис.5.

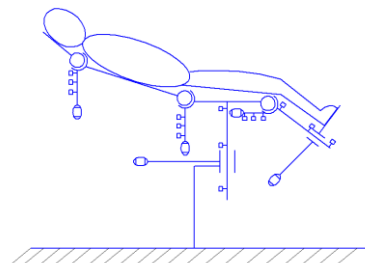


Рисунок 2 - Механизированное кресло-кровать для пациента

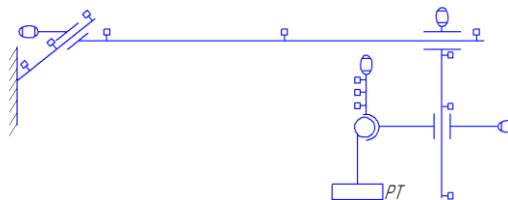


Рисунок 3 – 3D-манипулятор рентгеновской трубки

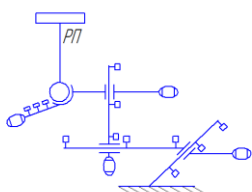


Рисунок 4 – 3D-манипулятор рентгеновского приемника

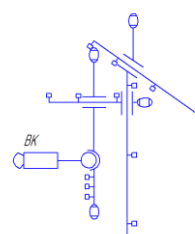


Рисунок 5 – 3D-манипулятор видеокамеры

Система видеоконтроля (рисунок 6) необходима для наблюдения за ходом исследования врачом. Можно выделить две составные части системы видеоконтроля – систему слежения и систему визуализации.

Автоматизация в данном МАК обеспечивается, в первую очередь, компьютерной системой, структурная схема которой изображена на рис.7. Она позволяет производить рентгеновское исследование без непосредственного участия со стороны человека. Компьютерная система необходима для реализации управляющей программы медицинского автоматизированного комплекса.

Компьютерная система состоит из ЭВМ, которая включает такие структурные элементы, как центральный процессор (ЦП), запоминающее устройство (ЗУ) и магистраль, которая осуществляет связь и обмен информацией между всеми блоками компьютера.

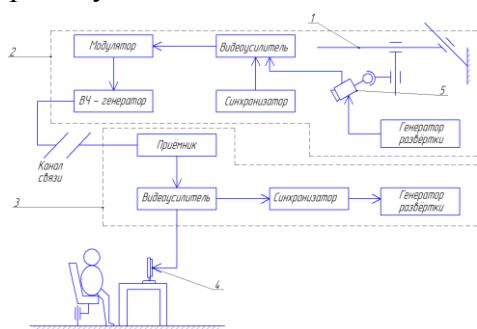


Рисунок 6 – Система видеоконтроля

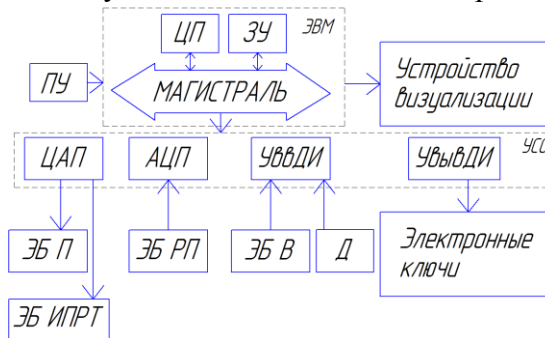


Рисунок 7 – Компьютерная система управления

Врач управляет ЭВМ через пульт управления (ПУ) и наблюдает за процессом с помощью устройства визуализации. К устройству вывода дискретной информации (УВЫВДИ) подключены электронные ключи. К устройству ввода дискретной информации (УВВДИ) подключены электронный блок видеокамеры (ЭБВ) и датчики (Д).

Устройство сопряжения с объектом предназначено для ввода сигналов в ЭВМ и вывода из неё. УСО состоит из цифро – аналогового преобразователя (ЦАП), аналогово – цифрового преобразователя (АЦП), устройств вывода и ввода дискретной информации.

Выводы: разработанная структурно-функциональная схема медицинского автоматизированного комплекса позволяет вести медицинские хирургические операции протезирования коленного сустава без непосредственного участия врача-ортопеда. Усовершенствовано рабочее места врача-ортопеда, травматолога или хирурга посредством внедрения различных средств механизации и автоматизации

Литература:

1. Таран В.М. Биотехнические системы медицинского назначения: учеб. пособие / В.М. Таран, А.В. Лясникова. – М.: Прондо, 2015. – 412 с.
2. Таран В.М., Лясникова А.В. Проектирование технических устройств и систем медицинской аппаратуры / В.М. Таран, А.В. Лясникова. – Саратов: Электронное учебн. издание. – ФГУП НТЦ «Информрегистр», Депозитарий электронных изданий, 2013. – 456 с. (Регистрационное свидетельство № 0321302976).
3. С.К. Боголюбов, Инженерная графика -3-е изд., испр. и доп.-2009.-392 с.
4. Таран В.М. Конструирование деталей, узлов и элементов биотехнических систем: учеб. пособие / В.М. Таран, О.А. Дударева. – М.: Прондо, 2015. – 306 с.

УДК 76.13

Перфоратор для минифлебэктомии

Ероклinceв Дмитрий Владимирович, студент группы ББИСТ-41

кафедры «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

В докладе представлена новая модель перфоратора для минифлебэктомии для малоинвазивного операционного вмешательства с целью получения полукруглого отверстия для извлечения вен и достижения высокого косметического результата

В настоящее время вследствие различного рода травм, возрастных изменений, приобретенных и врожденных заболеваний у части общества может наблюдаться варикозное расширение вен. В России варикозной болезнью страдают 35-38 млн. людей. Уже практически не применяются широкие разрезы для удаления подкожных вен, а на смену травматичным операциям пришли современные малоинвазивные методики, в числе которых – минифлебэктомия.

Минифлебэктомия применяется при следующих патологических состояниях:

- 1) варикозная болезнь: расширенные вены и узлы;
- 2) тромбоз;
- 3) при необходимости удаления какого-либо поверхностного сосуда диаметром до 1

см.

В современное время на мировом рынке существуют различные рабочие модели инструментов для минифлебэктомии. Они отличаются материалами, используемыми при их

изготовлении, конструктивными особенностями и функциональными требованиями, предъявляемыми к ним. Однако у данных изделий имеется ряд недостатков [1, 2]:

- 1) при проведении операции не достигается косметический эффект.
- 2) имеющиеся перфораторы достаточно трудоемки и не подходят для минифлебэктомии.
- 3) приведенные перфораторы и устройства для извлечения вен имеют высокий риск травматичности проведения операции.

В связи с этим целью работы являлась разработка новой модели перфоратора для минифлебэктомии.

Предлагаемая модель перфоратора выполнена по типу остроконечного скальпеля или скарификатора или иглы инъекционной 18Gx1 ½ дюйма 1,2x38мм. Представляет собой полуокружность с заточенными краями, длина заточки не превышает толщину кожи и составляет 4 мм (по данным литературы толщина кожи на нижних конечностях 2...4 мм). Имеет ограничитель, чтобы не повреждать подлежащие к коже образования (сосуды, нервы), тем самым избежать кровотечения, повреждения нервов и не повредить (пересечь) извлекаемый сосуд.

В разработанной модели перфоратора радиус скругления окружности иглы составляет R 0,75 мм; угол заточки - $14 \pm 0,1^\circ$. На упоре и ручке имеется резьба с мелким шагом, резьба M8x0,5, это позволяет регулировать глубину прокола, которая обычно составляет 2...4 мм, рис. 1.

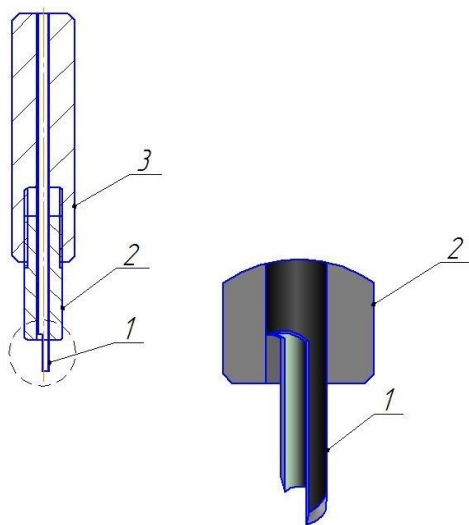


Рис.1. Перфоратор для минифлебэктомии, где: 1 – игла, 2 – регулируемый упор, 3 – ручка

Так же преимуществом является то, что полуокружность будет лучшим доступом к вене, так как при извлечении вены из-под кожи полуокружность будет открываться как окно и также закрываться без образования дефекта в коже, рис. 2.

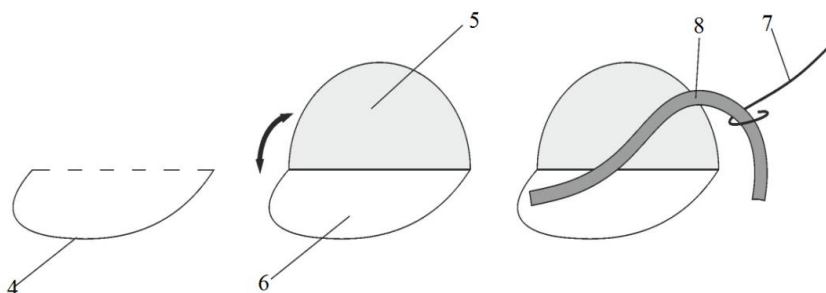


Рис.2. Последовательность операций, где: 4 - полученный разрез, 5 - открытое «окно» кожи, 6 - пространство для извлечения вен, 7 – ретрактор, 8 – вена

Если выпрямить полуокружный разрез кожи в линейный размер, то длина будет достаточной для извлечения вен от незначительного до крупного диаметра от 1 до 8 мм, при этом кожа будет растягиваться по окружности и после извлечения сократится по окружности, а не будет рваться, как при линейном разрезе, что вызывает образования грубых рубцов, а также часто требует наложения швов, а соответственно дополнительные расходы на шовный материал, временные затраты и дополнительный инструментарий: иглодержатель, пинцет, ножницы, тем самым увеличивая время операции. Преимущество такой конструкции заключается в том, что рабочее поле остается свободным для обзора и манипуляций с инструментами.

Выводы: разработанный перфоратор для минифлебэктомии подходит для малоинвазивного вмешательства при проведении операции, также ускорит время операции, а полученный прокол будет лучшим доступом к пораженной вене или сосуду.

Литература:

1. Хирургический остроконечный скальпель. Huaiyin Medical Instruments Co., Ltd., Troge Medical GmbH, Apexmed" и др. <http://medams.ru/lezviya-i-skalpeli-hirurgicheskik-o>.
2. Патент № 2233131. Нейрохирургический перфоратор для эмболизации опухолей. Арустамян С.Р., Шкарубо А.Н., Лубнин А.Ю., Зорина Е.А. заявл. 14.02.2003, опубл. 27.07.2004.

УДК 66.0

Экологически безопасные полимерные композиционные материалы на основе гидролизата кератинового сырья

Игнатенко Анастасия Олеговна, студентка 2 курса направления «Химическая технология»;

Щербина Наталья Александровна, к.т.н., доцент кафедры
«Физика и естественно-научные дисциплины»;

Таганова Виктория Александровна – к.т.н., доцент кафедры
«Физика и естественно-научные дисциплины»;

Балаковский инженерно-технологический институт филиал) Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково

В связи с экологическими проблемами и ограниченности нефтяных запасов, являются актуальными разработки в области синтеза экологически безопасных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Рассмотрена возможность получения полимерных композиционных материалов с биоразлагаемыми свойствами с использованием гидролизата кератинового сырья.

Создание биоразлагаемых полимеров становится всё более актуальным в связи с фактором ухудшения экологической обстановки. Около 750 млн. тонн пластика ежегодно попадает на свалки только в России. Полный период разложения одноразовой посуды и бутылок может составлять не одну тысячу лет. Решить проблемы разложения можно повторным использованием пластиковых материалов или вводить в их состав биодобавки, которые позволят значительно сократить сроки разложения [1]. Доступным сырьем для

создания биодобавок являются кератин содержащие отходы пуха и пера птиц.

Ежегодно около 5 млн. тонн отходов кератин содержащего сырья пера также попадает на свалки, что приводит к образованию парниковых газов. Однако этого можно избежать, если найти эффективные способы использования. Переработанные механическим или химическим способом перьевые отходы могут быть преобразованы в корма, удобрения, полимерные биоразлагаемые композиционные материалы, а так же использованы для производства аминокислот и пептидов. В наши дни сохраняется повышенный интерес на компоненты и добавки натурального происхождения, к кератинсодержащим отходам [2].

Целью данной работы является определение эффективного способа переработки кератинсодержащего сырья и разработка составов экологически безопасных полимерных материалов.

Исходя из свойств биоразлагаемых материалов можно выделить следующие направления их производства: введение в структуру биоразлагаемых полимеров молекул, содержащих функциональные группы, способствующие ускоренному разложению полимера; получение композиций многотоннажных полимеров с биоразлагаемыми природными добавками, способными в определённой степени инициировать распад основного полимера; направленный синтез биodeградирующих пластических масс на основе промышленно освоенных синтетических продуктов [3-4]

Объектом исследования в данной работе является кератинсодержащие перьевые отходы и термопластичный полилактид (ПЛА).

Кератин – семейство фибриллярных белков, отличающихся высокой устойчивостью к действию реагентов: вода, эфиры, спирт, растворы солей и слабых кислот. Не расщепляется ферментами человека, поэтому кератин находит применение в непищевых отраслях народного хозяйства и медицине. Кератин – многокомпонентный белок, в основу которого входят остатки дикарбоновых аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой), аминокислоты основного характера (лизин, аргинин, гистидин), гидроксилсодержащие аминокислоты (серин, треонин, тирозин, цистеин). Технология получения гидролизата кератинового сырья включает следующие стадии: подготовка и переработка сырья среди которой различают кислотный гидролиз, щелочной гидролиз, ферментный гидролиз и гидротермическую обработку [2].

Подготовка сырья заключалась в отделении пуха от стержня пера, обезжиривание и промывка в тёплой воде при температуре 40°-60°, измельчении. Получение растворимого кератина осуществлялось с помощью стадий гидротермического и щелочного (5%) гидролиза, фильтрования, сушки, измельчения гидролизата. Отработана методика формирования биоплёночных изделий методом испарения из раствора. Из смеси компонентов гидролизата и полилактида формовали биопленки методом полива на чашки Петри из органического стекла, с последующей сушкой при температуре 20 ± 5 °С, затем образцы снимались с подложки. При снятии биопленок установлено, что не все образцы характеризуются прочностными свойствами.

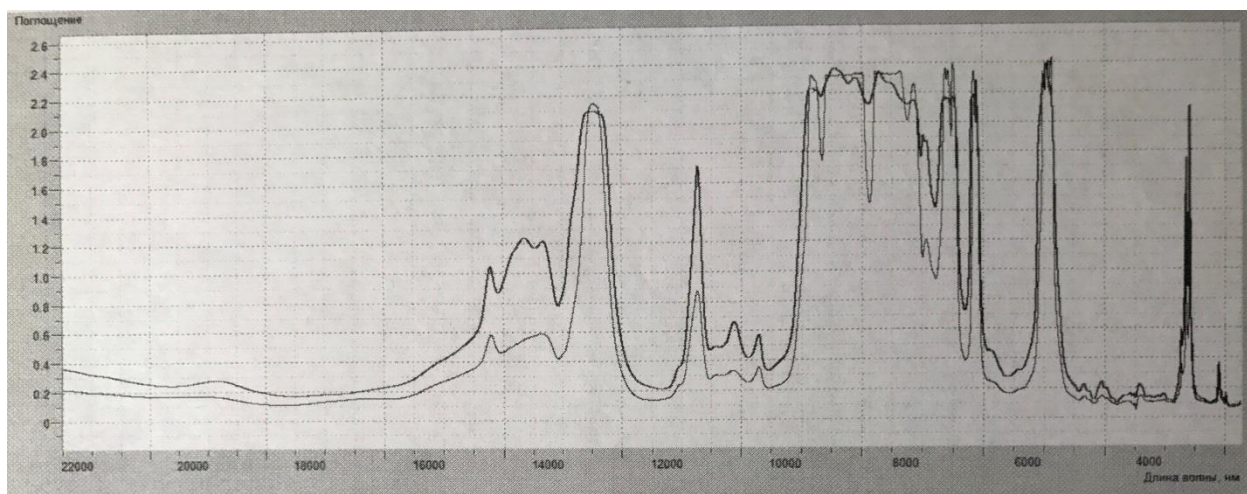


Рис.1 ИК-спектры: а) ПЛА - исходный образец; б) ПЛА+ гидролизат.

Взаимодействие компонентов композиций исследовали методом инфракрасной спектроскопии (ИК спектроскопии). Этот метод исследования основан на способности веществ к поглощению энергии в области ИК излучения за счет колебаний атомов и молекул. При оценке ИК-спектров можно выделить две значимые области волновых чисел валентных и деформационных колебаний, в диапазоне от 8000 до 10000 нм, появляются полосы поглощения, которые соответствуют определенным функциональным группам гидролизата.

Таким образом, доступным возобновляемым сырьем являются кератинсодержащие отходы, которые позволяют получать ПКМ с биоразлагаемыми свойствами; в ходе работы методом гидротермической обработки получен гидролизат кератина, из смеси компонентов гидролизата и полилактида сформовали биоупаковки с последующим исследованием.

Литература:

1. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников / Под ред. Лонг. Ю. Пер с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 464 с.
2. Патент РФ «Способ получения растворимой или пластичной модификации кератина» / Берлин А.А., заявлен 7 июня 1955 г. за № 2227/451301.
3. Полимерные композиционные биоразлагаемые материалы / Щербина Н.А., Бычкова Е.В., Панова Л.Г. // Сборник трудов III Международной конференции. НИЯУ МИФИ, Балаковский инженерно-технологический институт 2017. С. 327-329.
4. Биоразлагаемые полимерные композиционные материалы на основе полисахарида / Трегубенко М.В., Щербина Н.А., Бычкова Е.В. / Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», Государственное учреждение высшего профессионального образования "Белорусско-Российский университет". 2017. С. 107-110.

Повышение эффективности работы солнечных батарей путем увеличения коэффициента светопропускания стекла

Исаев Александр Евгеньевич, студент 3 курса БХМТНЗ1;

Сафошкин Давид Зелкович, студент 3 курса БХМТНЗ1;

Гвоздев Герман Артурович, аспирант кафедры «ХИМ»;

Научные руководители: Кособудский Игорь Донатович, доктор химических наук, профессор кафедры «ХИМ»; Пичхидзе Сергей Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «ФМБИ»

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов

Аннотация: в статье раскрывается общее понятие о просветляющих покрытиях на стекла, приведен анализ существующих покрытий, а также рассматривается возможный способ нанесения многослойного покрытия $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$.

В настоящее время из-за экологических и экономических соображений солнечная энергетика привлекает к себе все большее внимание. Однако наибольшая часть потребителей электрической энергии находится в зонах с низкой интенсивностью светового потока, что ограничивает применение фотоэлектрических преобразователей. Лимитирующим фактором является высокая стоимость производства фотопреобразователей с высоким КПД. Целью нашей работы является повышение коэффициента светопропускаемости стекла, что приведет к увеличению общей эффективности солнечной батареи при меньших затратах и даст возможность использования их в зонах с низкой солнечной активностью.

Развитие просветляющих покрытий вносит значительный вклад в современную альтернативную энергетику. Данные покрытия, будучи нанесенными на стандартные силикатные стекла, позволяют увеличить коэффициент светопропускания стекла, что пропорционально снижает рефлексивные потери светового потока.

Просветляющий эффект покрытия возникает из-за явления интерференции света на мезопористой поверхности покрытия. Комбинируя толщину и показатели преломления слоев, можно создать оптимальный дизайн, при котором отраженный от внутренней поверхности свет будет отставать по фазе на половину длины волны, что приведет к интерференции и взаимному гашению волн. Путем подбора правильного покрытия можно резко повысить светопропускание стекла.

Наиболее подходящим материалом для однослойного просветляющего покрытия является MgF_2 по причине его низкого показателя преломления равного 1,38. Покрытие MgF_2 наносится на стекло методом погружения в золь, полученный смешиванием $\text{Mg}(\text{OMe})_2$ с HF , и последующим его выниманием и обжигом при 400°C . Однако применение в современной промышленности магний фторидных покрытий достаточно ограничено из-за высокой токсичности и коррозионной активности используемых реагентов, таких как метанол, HF , COF_2 [1, с. 18535].

Очень перспективным видится использование многослойных покрытий, состоящих из наночастиц SiO_2 и TiO_2 [2, с. 2645]. Их превосходство над другими видами покрытий является повышение коэффициента светопропускания в более широком интервале, чем у

двух и однослойных покрытий. При нанесении многослойных покрытий не требуется использовать метанол, производные фтора и другие дорогостоящие и токсичные вещества.

Многослойные покрытия можно наносить различными методами, в том числе методом химического осаждения, плазмохимического напыления, осаждения из газовой фазы, а также методом погружения, также известным как «dip coating». Наиболее экологичным и экономически выгодным нами видится метод погружения из-за упрощенности технологических процессов и возможности из автоматизации, масштабируемости в промышленных условиях, низкой материалоемкости и отсутствия токсичных побочных продуктов.

Цель работы: нанесение покрытий SiO_2 и TiO_2 методом погружения с использованием золь – гель процесса.

В нашей работе применен метод нанесения 2х слойного покрытия погружением, также известным как «dip coating», с использованием золь-гель процесса.

Методика эксперимента:

1. Приготовление растворов золь происходит с использованием тетраэтилэтоксисилана (TEOS) и тетрабутилортотитаната (ТВТ). Золь SiO_2 готовится путем смешивания на магнитной мешалке в течение 20 минут TEOS, дистиллированной воды, 96% этанола и уксусной кислоты в мольном соотношении 0,5:3,5:0,35:0,005. При аналогичной методике приготовления золя TiO_2 использованы ТВТ, дистиллированная вода, 96% этанол, уксусная кислота в мольном соотношении 1:2:114:0,32. Уксусная кислота была использована как катализатор, поддерживающий кислотную среду. Для созревания частиц SiO_2 и TiO_2 золи были выдержаны при температуре $22 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 3х дней.

2. Метод нанесения окунанием заключается в непродолжительном погружении листового стекла в раствор золя, с последующим равномерным извлечением с определенной скоростью. Эксплуатация данного метода позволяет получить равномерные покрытия с использованием несложного технологического оснащения. Мы использовали данный метод с целью нанесения покрытия SiO_2 и TiO_2 на листовое силикатное стекло со скоростью вынимания 50 мм/мин.

3. После нанесения покрытия на стекло производится обжиг при 400°C в течение 2 часов с целью улучшения адгезии покрытия к стеклу и устранения остатков органических соединений, таких как уксусная кислота.

Результаты. В результате эксперимента наблюдалось увеличение коэффициента светопропускания стекла с нанесенным покрытием в диапазоне 520 – 740 нм (рис.1) до 98,1 %, тогда как для листового стекла коэффициента светопропускания составляет - 91,9%, при этом в УФ области спектра наблюдается снижение светопропускания, что может считаться преимуществом в некоторых вариантах использования. Максимальный коэффициент светопропускания стекла с покрытием составил 98,1% при длине волны равной 550 - 640 нм.

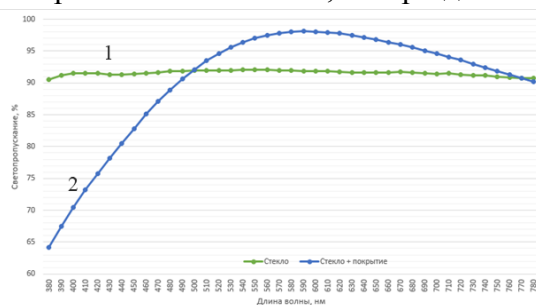


Рисунок 1. График зависимости коэффициента светопропускания от длины волны, где: 1 – листовое стекло, 2- листовое стекло с нанесенным покрытием SiO_2 и TiO_2

Выводы: повышение коэффициента светопропускаемости стекла с 91,9% до 98,1% в видимом диапазоне световых волн позволяет свести к минимуму потери на отражение, тем самым повысив КПД солнечной батареи, не используя при этом дорогостоящие фотоэлектрические преобразователи, что снизит себестоимость производимой электроэнергии.

Литература:

1. Johannes Noack, Kerstin Scheurell, Erhard Kemnitz, Placido Garcia-Juan, Helge Rau, Marc Lacroix, Johannes Eicher, Birgit Lintner, Thomas Sontheimer, Thomas Hofmann, Jan Hegmann, Rainer Jahne and Peer Lobmann MgF₂ antireflective coatings by sol–gel processing film preparation and thermal densification. // Journal of Materials Chemistry. - 2012. - №22. – с.18535.
2. Najame Lari, Ali Shanaghi, Sh. Ahangarani Effect of different TiO₂-SiO₂ multilayer coatings applied by sol-gel method on antireflective property. // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2015. - №7. – с. 2645.

УДК 616.31

Модернизация стоматологического внутрикостного имплантата

Ким Алексей Климентьевич, студент 3 курса б-ХМТН-31

Усова Анна Александровна, студентка 3 курса б-ХМТН-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г.Саратов

Имплантат предназначен для использования в стоматологической имплантологии. Обычно, стоматологический имплантат содержит внутрикостную и внекостную части, соединенные посредством фиксирующего винта. Внутрикостная часть выполнена с резьбой на наружной поверхности, внутренним резьбовым отверстием для винта-заглушки и фиксирующего винта и воспринимающим ложем для внекостной части. Внекостная часть выполнена полой и включает хвостовик, выполненный с наружным воспринимающим ложем, конгруэнтным воспринимающему ложу внутрикостной части, шейку и головку. Воспринимающие ложа внутрикостной и внекостной частей выполнены в форме шестигранника. Резьба на наружной поверхности внутрикостной части является упорной с постоянным профилем по всей ее длине, а вершина внутрикостной части закруглена по радиусу 2,5 мм и выполнена с тремя выборками для самонарезания.

Цель работы: усовершенствование конструкции имплантата путём нанесения на его поверхность порошка Ag - ГА.

Предлагаемый стоматологический внутрикостный имплантат включает внекостную часть в виде усеченного конуса и внутрикостную часть в форме цилиндра, образующие неразъемную конструкцию. Внекостная часть установлена на шейку и имеет форму усеченного конуса. Внекостная часть имеет винтовое отверстие, предназначенное для крепления коронки с помощью винта-заглушки, который может иметь разную длину для крепления того или иного элемента в зависимости от стадии установки стоматологического внутрикостного имплантата.

Внутрикостная часть выполнена в форме цилиндра и снабжена двумя сквозными

радиальными отверстиями равного диаметра, предназначенными для прорастания костной ткани, а также биоактивным покрытием для благоприятного протекания процессов остеоинтеграции. Радиальные отверстия расположены на боковой поверхности внутрикостной части имплантата. Внекостная часть и внутрикостная часть разделены шейкой стоматологического внутрикостного имплантата. Шейка выполнена в форме цилиндра с фасками, соединяющимися с внекостной частью и внутрикостной частью, и имеет полированную поверхность. Вершина внутрикостной части равна нижнему основанию внекостной части. Внекостная часть и внутрикостная часть стоматологического внутрикостного имплантата находятся во взаимосвязи с функциональным назначением изделия. Соединение их между собой обеспечивает целостность конструкции.

При установке стоматологического имплантата внутрикостную часть вкручивают в сформированное костное ложе специальным приспособлением - например, имплантоводом, обеспечивая необходимый натяг, до уровня кортикального слоя кости. Цилиндрическая форма внутрикостной части при этом способствует снижению травматичности, а также прочной ее фиксации в кости. Радиальные отверстия, за счет прорастания в них костной ткани, способствуют прочной фиксации стоматологического внутрикостного имплантата в кости альвеолярного отростка. После установки стоматологического внутрикостного имплантата в костное ложе с помощью винта-заглушки через винтовое отверстие внекостной части производят установку необходимого конструктивного элемента, например, зубного протеза.

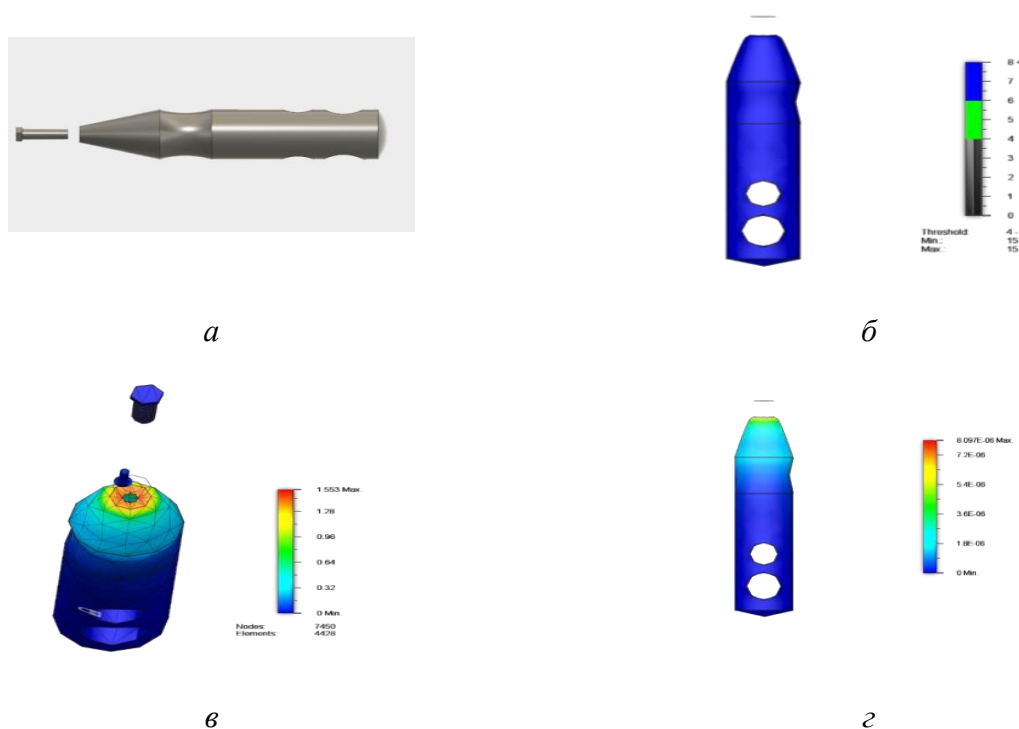


Рис.1. Общий вид имплантата и результаты расчета, где: а – размеры: длина 20 мм, ширина начала 3 мм, конца 6 мм, радиус отверстия – 1,5 мм, боковых – 3 и 4 мм, б – статическая деформация отн. ед., в – смещения, мм, г – напряжения по Мизесу, МПа

На поверхность имплантата наносится плазмонапыленное биоактивное покрытие на основе гидроксиапатитовой керамики $Ag-ГА$, обеспечивающее надежную остеоинтеграцию и увеличивающее срок службы имплантата.

Биоактивное покрытие, на основе гидроксиапатитовой керамики, на поверхности стоматологического внутрикостного имплантата, обладающее определенной морфологией и

пористостью, обеспечивает надежную остеоинтеграцию, т.е. прорастание костной ткани в имплантат без образования фиброзной прослойки, а также увеличивает срок службы имплантата [1-4].

В работе были рассчитаны напряжение, перемещение и деформация под нагрузкой 100 Н в программе Fusion 360 на имплантат, изготовленный из сплава Ti-6Al-4V, плотностью $4.43 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³ с пределом прочности на растяжение 1034 МПа. Максимальное напряжение по Мизесу равно 1,553 МПа, конструкция имеет значительный запас прочности.

Так же были проведены исследования, направленные на выявление значений характеристик плазменной струи, при которых значение адгезии будет максимально. Опытным путем были установлены следующие значения показателя адгезии при различных конфигурациях плазменной струи, табл.1, рис.2.

Таблица 1

Результаты опытов напыления порошка *Ag - ГА*

дистанция, мм	дисперсность, мкм	пористость %	Адгезия Ag, мПа
50	30	13	6,9
60	40	15	7,1
80	40	18	7,8
100	50	21	8
120	70	25	7,5
130	80	28	7,2
150	90	30	6,5

Ниже таблица представлена в графическом виде:

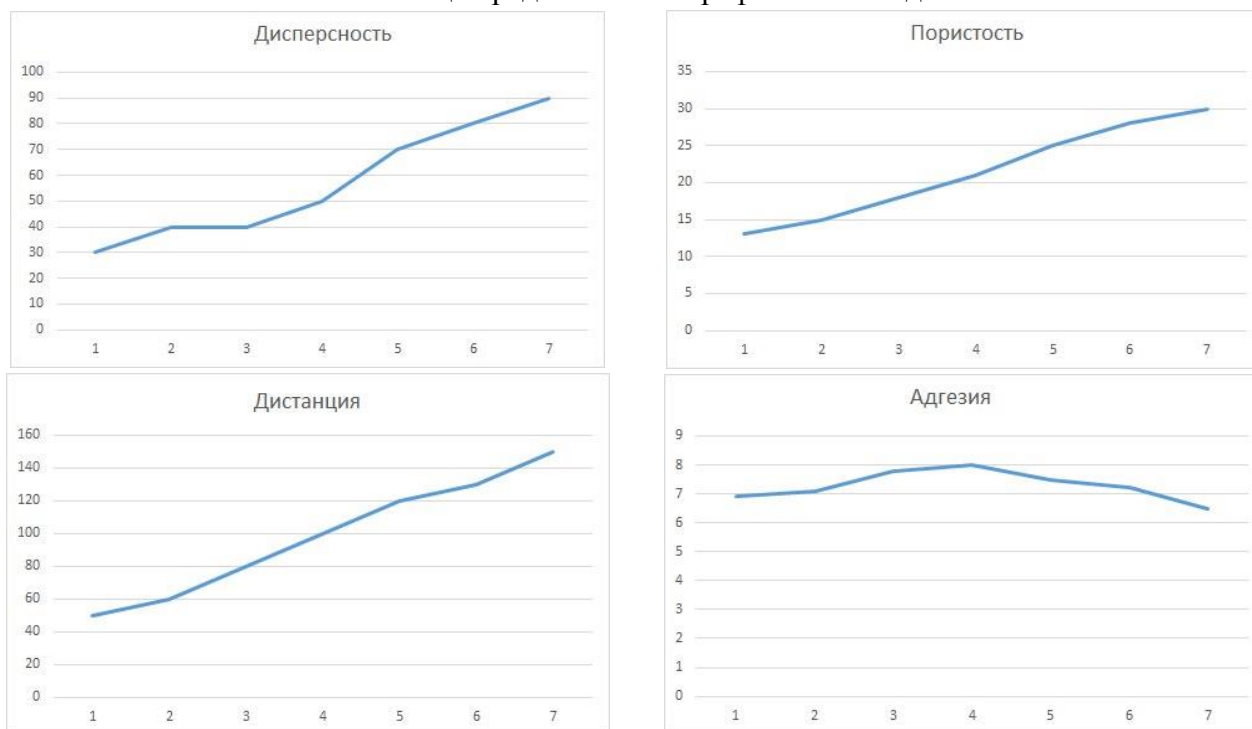


Рис.2. Обработка экспериментальных данных табл.1

График адгезии *Ag – ГА* имеет вид обратной параболы с максимумом в опыте 4.

Выводы: усовершенствована модель внутрикостного имплантата, обеспечивающая повышенные фиксирующие свойства за счет новой конструкции узла подвижности, проведено статистическое исследование нагрузки предложенной имплантата. Предложенная конструкция эндопротеза достаточно надежна и эргономична. Вводится новое биоактивное покрытие, на основе *Ag*-гидроксиапатитовой керамики, которое обеспечивает надежную остеоинтеграцию и увеличивает срок службы имплантата.

Литература:

1. Патент РФ №95501 от 25.01.2010 / Винтовой стоматологический эндопротез // Солодкий В.Г., Иванов С.Ю., Ларионов Е.В., Мураев А.А., Солодкая И.В.
2. Фадеева И.В. Цинк и Серебросодержащие гидроксиапатиты: синтез и свойства / И.В. Фадеева, Н.В. Бакунова, В.С. Комлев, Л. Медвецкий, А.С. Гурин // ДАН, т.442, №6, 2012. - С. 780-783.
3. Биокерамика {Электронный ресурс} // НЭВЗ КЕРАМИК – режим доступа <http://www.nevz-ceramics.com/ru/produkty-i-materialyi/biokeramika.html>.
4. Бодягина К.С. Влияние формы и свойств материала реставрационной пломбы на концентрацию напряжений в зубе // Актуальные вопросы биомедицинской инженерии // - Саратов, 2013. – 613 с. – С. 538-546.

УДК 678.645.126:678.046.2

Перспективные композиционные материалы на основе полиамида-6

¹Леонов Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры

«Химия и химическая технология материалов»

¹Розов Роман Михайлович, аспирант кафедры «Химия и химическая технология материалов»

²Левкина Наталья Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Технологии и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

²Борисова Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Технологии и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

²Устинова Татьяна Петровна, доктор технических наук, профессор кафедры

«Технологии и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

²Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного

технологического университета имени Гагарина Ю.А., Россия, г. Энгельс

Изучены эксплуатационные и технологические свойства, а также структурные особенности полиамида-6, наполненного 10 % базальтовой нити. Исследованы функциональные характеристики поликапроамида, модифицированного углеродсодержащими наполнителями в количестве 0,5-1,5 %.

Среди многообразия полимеров особое место занимают термопласты инженерно-технического назначения. К таким, безусловно, можно отнести полиамид-6 (ПА-6). Детали, выполненные из этого полимера, отличаются повышенными механическими, электроизоляционными характеристиками при конкурентной стоимости. Однако для полиамидных изделий характерны и недостатки, в частности, недостаточная твердость и формоустойчивость, кроме того полиамид-6 является диэлектриком. В связи с этим в данной работе предложено получение полиамида 6, наполненного на стадии синтеза функциональными наполнителями (базальтовые и углеродсодержащие) с целью нивелирования данных недостатков.

Использование метода полимеризационного совмещения компонентов для получения базальтонаполненного полиамида-6 обеспечивает глубокую интеркаляцию мономера в волокнистый наполнитель с формированием полимерной матрицы не только на поверхности, но и в объеме армирующей системы. В результате синтезируется композит, отличающийся высоким адгезионным взаимодействием, что подтверждается данными электронной сканирующей микроскопии (рисунок 1).

При этом следует отметить, что формирование трансграничного слоя между полимерной матрицей и волокнистым наполнителем способствует повышению механических свойств и твердости полиамидного композита (рисунок 2).

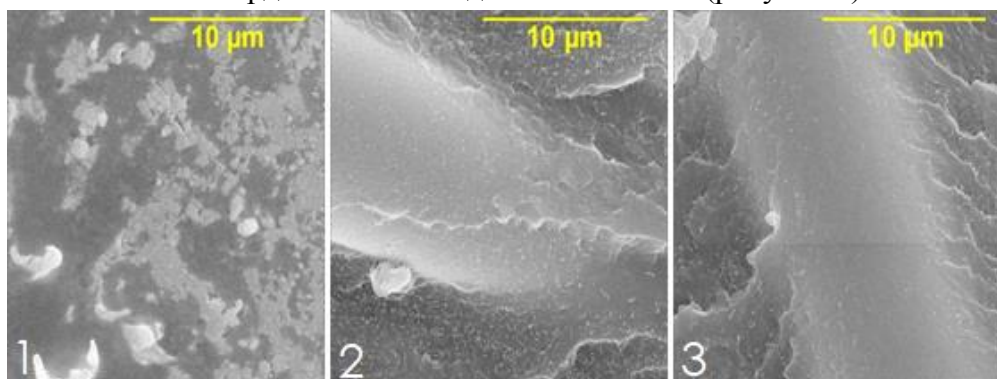


Рис. 1. Электронная микроскопия: 1 – ПА-6; 2 – ПА-6 + 10% БН; 3 – ПА-6 + 10% БН термообработанная

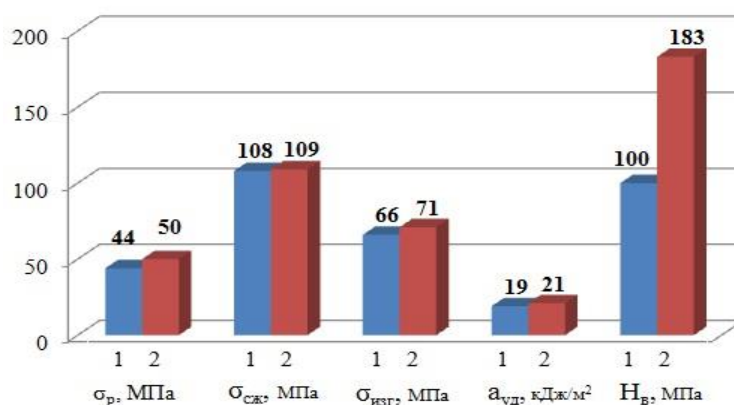


Рис. 2. Эксплуатационные свойства ПКМ; 1- ненаполненный ПА-6; 2- ПА-6 + 10% БН.

Данные по оценке деформационно-прочностных характеристик наполненного на стадии синтеза рубленной базальтовой нитью полиамида 6 свидетельствуют о тенденции повышения разрушающего напряжения при растяжении (σ_p), сжатии ($\sigma_{сж}$), изгибе ($\sigma_{изг}$) и ударной вязкости ($a_{уд}$) при значительном увеличении (на 83%) твердости по Бринеллю (H_B). При этом сохраняются и улучшаются технологические показатели синтезируемого композиционного материала (таблица 1).

Таблица 1.

Технологические свойства полиамида-6, наполненного базальтовой нитью

Показатель	ПА-6	ПА-6+10% БН
Показатель текучести расплава при, г/10 мин	20	15
Усадка, %	1,5	0,17
Температура плавления, °С	215	221
Теплостойкость по Вика, Т°С	178	213

Из приведенных данных видно, что при введении базальтовой нити в полимеризующуюся систему повышается теплостойкость композита (на 25 °С) при снижении его усадки (~87%), практически не изменяется температура плавления. Для показателя

текучести расплава также характерна тенденция к снижению (25%) однако при этом сохраняется способность полученного композиционного материала к переработке методом литья под давлением.

Для улучшения теплопроводных свойств и повышения электропроводимости полиамида-6 применялись углеродсодержащие наполнители: окисленный графит (ОГ) - электрохимическое окисление; нанодисперсная сажа (Printex); углеродные нанотрубки (УНТ) марки Таунит-М.

Как было показано ранее [1,2], использование электрохимически окисленного графита в качестве модификатора полиамидной матрицы при полимеризационном наполнении позволяет повысить функциональные характеристики синтезируемого материала с сохранением основных деформационно-прочностных свойств, благодаря его терморасширению в процессе синтеза полиамида-6 в 15-30 раз, что обеспечивает равномерное распределение вводимой модифицирующей добавки в объеме полимера.

В отличие от окисленного графита, введение углеродных нанотрубок и дисперсной сажи в полимеризующую систему в количестве до 1 % приводит к агломерации частиц (рисунок 3).

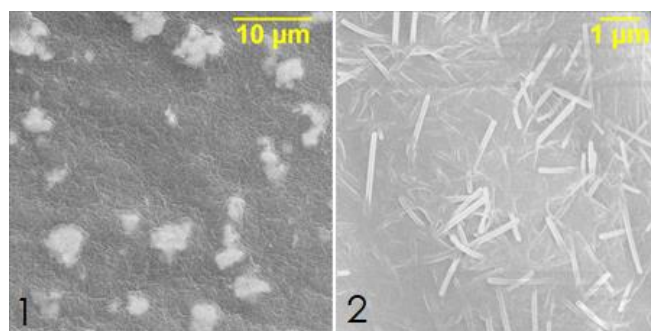


Рис. 3. Электронная микроскопия: 1 – ПА-6+1% дисперсная сажа; 2 – ПА-6+1% УНТ

Следствием этого является неоднозначное изменение функциональных свойств (рисунок 4, рисунок 5). При использовании УНТ и дисперсной сажи проявляется лишь тенденция к повышению тепло- и электропроводных показателей углероднаполненного материала по сравнению с полиамидом-6, модифицированным окисленным графитом, для которого достигается увеличение данных характеристик в 2-2,5 раза. Очевидно, для большей эффективности применения исследуемых модификаторов необходима корректировка их количества, вводимого на стадии синтеза полимера, что является предметом дальнейших исследований.

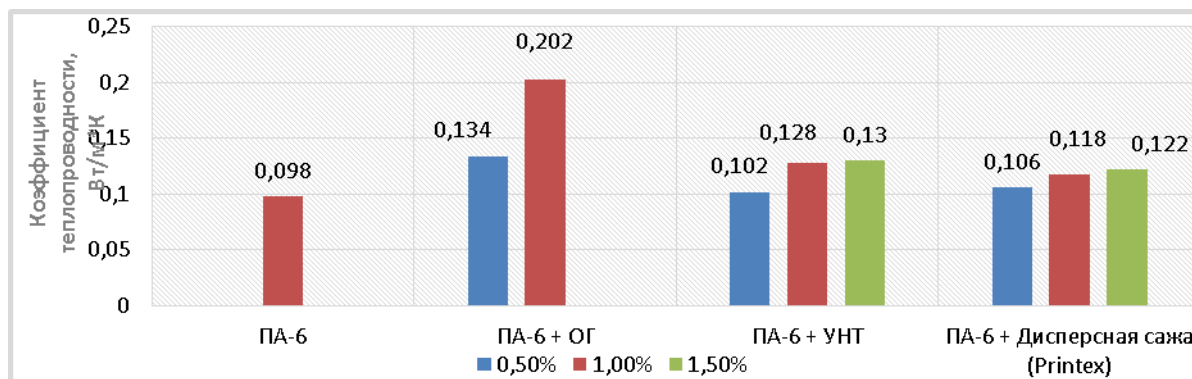


Рис.4. Зависимость коэффициента теплопроводности от модификатора, вводимого в полиамид-6.

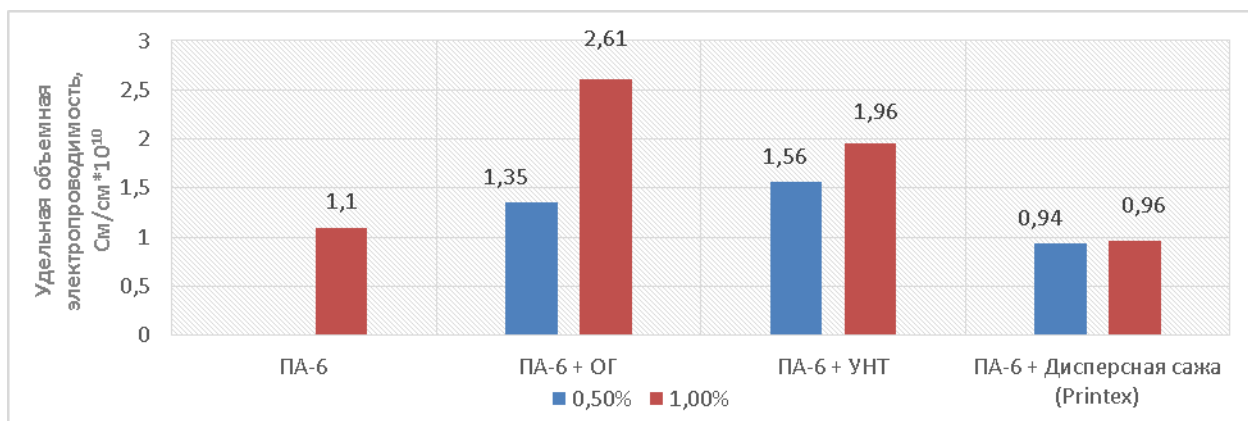


Рис.5. Зависимость удельной объемной электропроводимости от модификатора, вводимого в полиамид-6.

Исходя из полученных на данном этапе исследований результатов, а также с учетом высокой стоимости УНТ и дисперсной сажи на рынке функциональных наполнителей следует рекомендовать для использования в качестве модифицирующей добавки электрохимически окисленный графит в количестве 1 % масс.

Таким образом, введение базальтовой нити и окисленного графита на стадии синтеза полиамида-6 обеспечивает увеличение его твердости и формоустойчивости, а также теплопроводных и электропроводящих свойств, что расширяет области применения данного полимера.

Литература:

1. Леонов Д.В. Выбор состава и комплексная оценка свойств полиамида-6, модифицированного окисленным графитом / Д.В. Леонов, Н.Л. Левкина, Т.П. Устинова // Журнал прикладной химии. - 2015. - Т. 88, № 6. - С. 957-962.
2. Леонов Д.В. Комплексная оценка свойств полиамида-6, модифицированного промышленными марками окисленного графита / Д.В. Леонов, Н.Л. Левкина, Т.П. Устинова // Пластические массы. - 2017. - № 5-6. - С. 38-40.

УДК 66.0

Разработка состава биоразлагаемого полимерного композиционного материала

¹Мананкова Елизавета Андреевна, студентка 1 курса направления «Химическая технология»;

¹Сеитова Айгуль Гарифуллаевна, студентка 1 курса направления «Химическая технология»;

¹Щербина Наталья Александровна, к.т.н., доцент кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»;

²Бычкова Елена Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры
«Технология и оборудование химических, нефтегазовых, пищевых производств»

¹Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково

²Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А, г. Энгельс

В связи с экологическими проблемами и ограниченности нефтяных запасов, являются актуальными разработки в области синтеза экологически безопасных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Методом полива на стеклянную поверхность при варьировании технологических параметров, получены образцы пленок термопластичных композиций различного состава.

В последние десятилетия очень интенсивно ведутся разработки в области синтеза экологически безопасных полимерных композиционных материалов (ПКМ) - биополимеров, обладающих способностью к биоразложению. Разработка экологически безопасных ПКМ ведётся по двум основным направлениям: создание материалов на основе биоразлагаемых полимеров и модификация промышленных синтетических полимеров биодобавками. В зависимости от того, как развивается процесс синтеза, предлагаются различные классификации биоразлагаемых полимеров. По одной из классификаций биоразлагаемые полимеры можно разбить на два основных семейства: агрополимеры и биоразлагаемые полиэфиры [1].

Биоразлагаемый полимерный композиционный материал (БПКМ) - это смешанная многокомпонентная система с высокими физико-механическими свойствами, приемлемой ценой, обладающая биоразлагаемой способностью после срока эксплуатации. Одним из методов получения БПКМ является получение смешанного раствора компонентов в общем для них растворителе и формирование пленочных изделий методом испарения из раствора [2-3].

Широкое практическое применение биоразлагаемых полимеров возможно, если они будут удовлетворять ряду требований: они не должны быть токсичными, поскольку полимеры могут использоваться для изготовления тары и упаковки; полимеры должны обрабатываться обычными методами, не подвергаясь разложению при переработке; необходимо, чтобы изделия, полученные из таких полимеров, могли храниться и эксплуатироваться длительное время; время до разрушения полимера должно быть известно и варьироваться в широких пределах; продукты разложения полимеров не должны быть токсичными [1].

Целью данной работы является разработка составов полимерного композиционного материала и исследование свойств биоразлагаемых композиций.

В качестве полимерной биоматрицы выбраны: желатин (Ж) и полилактид (ПЛ), в качестве наполнителя использовался доступный полисахарид возобновляемых источников – кукурузный крахмал.

Полилактид - это бесцветный, жесткий биоразлагаемый термопластичный полимер, который разлагается в компосте в течение одного месяца, а побочные продукты имеют очень низкую токсичность; в конечном итоге полилактид превращается в углекислый газ и воду. Желатин – это природный биополимер, который имеет следующие технологические свойства: гелеобразование; образование пленки; улучшение структуры; стабилизация и образование эмульсии и др. Крахмал является природным и возобновляемым полисахаридом, существующим в виде тонкодисперсных белых гранул, которые состоят из амилозы и амилопектина с основным составным звеном глюкозы [1].

Исследована растворимость полимерных матриц, определен общий растворитель, влияние температуры на растворение полилактида и набухание желатина. Получены смеси компонентов в общем растворителе; отработана методика формирования биопленочных изделий методом испарения из раствора. Из смеси компонентов формовали биопленки

методом полива на чашки Петри из органического стекла. После высыхания и снятия с подложки были получены пленки различного композиционного состава.

Исследована поверхностная гетерогенность структуры биопленок под микроскопом. Описаны характеристики полученных биоразлагаемых пленок (табл.1).

Таблица 1

Образец	Состав композиции	Цвет	Прозрачность	Прочность
1	Ж+ПСХД	белый	не прозрачный	-
2	Ж+ПСХД+П	белый	не прозрачный	+
3	ПЛ+Ж	бесцветный	прозрачный	+
4	ПЛ+ПСХД	белый	не прозрачный	+
5	ПЛ+ПСХД+П	белый	не прозрачный	+
6	ПЛ+Ж+ПСХД	белый	не прозрачный	-
7	ПЛ+Ж+ПСХД+П	белый	не прозрачный	+

Таким образом, определен состав многокомпонентной биоразлагаемой системы; определено влияние температуры на растворение полилактида и набухание желатина; определено влияние наполнителя на прочность биопленок.

Литература:

1. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников. / Под ред. Лонг. Ю. Пер с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 464 с.
2. Полимерные композиционные биоразлагаемые материалы. / Щербина Н.А., Бычкова Е.В., Панова Л.Г. // Сборник трудов III Международной конференции. НИЯУ МИФИ, Балаковский инженерно-технологический институт 2017. С.327-329.
3. Экологические проблемы переработки полимеров и безопасные биополимеры / Щербина Н.А., Курсакова А.И., Сошкина Е.А. Научно-практические исследования. 2017. № 2 (2). С. 311-312.

УДК 616.31

Создание протеза челюсти с помощью технологии 3D-печати и усовершенствование конструкции имплантата

Минеев Алексей Сергеевич, студент 3 курса б-ХМТН-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Создание протезов с помощью технологий 3d-печати является наилучшим выбором среди всех методов изготовления протезов, поскольку данная технология позволяет наиболее точно воссоздать форму утраченной части тела пациента, позволив, тем самым, максимально точно сохранив её функционал (рис. 1...3). Использование различных напылений повышает биосовместимость протезов.

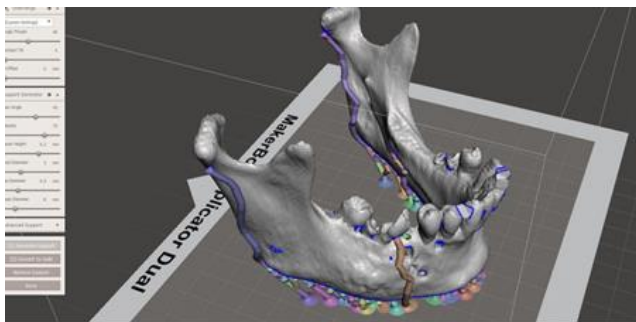


Рис.1. 3D-модель челюстного протеза для последующей обработки и печати



Рис.2. Фрагмент челюсти на 3-d принтере



Рис.3. Эскиз протеза с нанесенным покрытием

Цель работы: усовершенствование конструкции имплантата путём нанесения на его поверхность порошка $Mg_2P_2O_7$.

Печать протеза осуществляется за счёт лазерного спекания. Сначала тонким слоем насыпается порошок, выравнивается, затем лазерная головка спекает порошок. Затем следующий слой и спекание. Слои накладываются друг на друга, образуя нужную модель. Температура спекания должна быть достаточно высокая, так как работа происходит не с пластиком, который обычно применяется в 3D печати, а с металлическими порошками.

Для нанесения самого покрытия на протез используется метод плазменного напыления. При плазменном способе нанесения покрытий напыляемый материал разогревается до жидкого состояния и переносится на обрабатываемую поверхность при помощи потока плазмы с высокой температурой. Напыляемый материал выпускается в виде прутков, порошков или проволоки. В нашем случае используется порошковый способ. С целью повышения адгезии напыленных покрытий, защиты от окисления, уменьшения пористости используется метод плазменного напыления в защитной среде (вакуум, азот, смесь азота с аргонем и водородом) и с применением специальных сопел, закрывающих область между распылителем и обрабатываемой поверхностью. Процесс плазменного напыления включает 3 основных этапа:

- 1) подготовка поверхности,
- 2) напыление и дополнительная обработка покрытия для улучшения свойств,
- 3) механическая обработка для достижения чистовых размеров.

Детали перед напылением должны быть тщательно очищены и обезжирены. Далее производится активация поверхности — придание ей определенной шероховатости для обеспечения адгезии. Активацию производят при помощи обдува детали сжатым воздухом с абразивом. Для плазменного напыления следует применять порошки одной фракции, форма частиц — сферическая. Оптимальный размер частиц для металлов составляет около 100 мкм, а для керамики — 40...100 мкм. В случае, если порошки хранились в негерметичной таре, их нужно просушить при температуре 120...130 °С в течение 1,5-2 ч в сушильном шкафу. Те части детали, которые не подвергаются напылению, защищают экранами из асбеста или металла, или обмазками. Предварительный подогрев детали перед напылением осуществляют плазмотроном до температуры 150...180 °С. Общую толщину покрытия набирают несколькими циклами с перекрытием полос напыления на 1/3 диаметра пятна напыления.

После напыления деталь снимают с плазмотрона, удаляют защитные экраны и охлаждают до комнатной температуры. Условия: ток плазменной дуги — 300-500 А, расход транспортирующего газа — 1-3 л/мин, напряжение дуги — 30 В, расход плазмообразующего газа аргона — 20-40 л/мин, дистанция напыления — 50-170 мм, скорость перемещения

плазмотрона – 80-700 мм/мин, скорость вращения детали – 110-160 об/мин, время напыления – 5-30 мин.

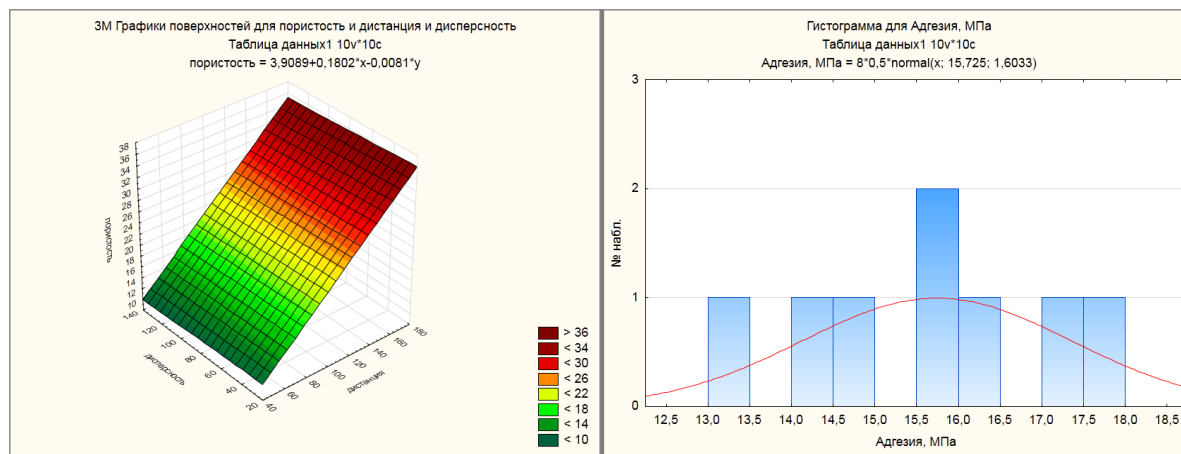


Рис.4. Зависимость пористости от дистанции напыления и от дисперсности порошка плазмонапыленных покрытий и показатели адгезии

Также были проведены исследования, направленные на выявление значений характеристик плазменной струи, при которых значение адгезии будет максимально. Опытным путем были установлены следующие значения показателя адгезии при различных конфигурациях плазменной струи, табл.1, рис.5.

Таблица 1

Результаты опытов напыления порошка $Mg_2P_2O_7$

Дистанция, мкм	Дисперсность, мкм	Адгезия, Мпа	Ток дуги, А
50	30	14,8	300
60	40	16	300
80	40	17,5	350
100	50	18	380
120	70	16,3	410
130	80	15,7	430
150	90	14,3	450
170	120	13,2	500

Ниже таблица представлена в графическом виде:

График адгезии имеет вид обратной параболы с максимумом в опыте 4.

Выводы: усовершенствована конструкция имплантата после нанесения на его поверхность порошка $Mg_2P_2O_7$, в результате чего повысилась биосовместимость, снизилась коррозия и уменьшился выход ионов опасных металлов в человеческий организм.

Литература:

1. Богданов Е.А. Получение, свойства и области применения функциональных тонко-пленочных оксидных покрытий. Диссертация ... кандидата технических наук. Санкт-Петербург. 2017. - 165с.
2. Исследование барьерных свойств TiO_2 и Ta_2O_5 , сформированных методом атомно-слоевого осаждения. Д.И. Мякота, С.В. Лисовский, А.Г. Черникова, В.В. Иванов, А.М. Маркеев. М.: МФТИ, 2016. - 3с.
3. <http://3dtoday.ru/blogs/1617db764a/3d-printing-in-oral-and-maxillofacial-surgery/>

Расчет НДС эндопротеза тазобедренного сустава

Михайлов Илья Николаевич, студент 3 курса б-ХМТН-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

В статье раскрывается общее понятие об эндопротезировании, виды эндопротезов тазобедренного сустава, а также предлагается возможный вариант усовершенствования имплантата, также были проведены исследования, направленные на выявление значений характеристик плазменной струи, с целью увеличения биосовместимости и снижения коррозии, и уменьшения выхода ионов опасных металлов.

Цель исследования: улучшение эксплуатационных характеристик протеза.

Известно, что протез - это искусственное приспособление, способное заменить функцию определенного органа [1-3]. Если протез располагается внутри человеческого тела, то он называется эндопротезом. Эндопротезирование сустава включает операцию по замене компонентов сустава имплантатами, которые имеют анатомическую форму здорового сустава и позволяют выполнять весь объём движений. После операций пациент забывает о болях в суставах и возвращается к активной жизни. Недостатком является вес конструкции гибридных и стандартных протезов. Поскольку конструкция выполняется полностью из медицинской нержавеющей стали, она имеет большой вес, что усложняет привыкание пациента к протезу.

Обычно протезирование бывает: 1) однополюсным, в этом случае протез состоит только из головки с ножкой. Ими заменяют соответствующие части тазобедренного сустава, вертлужная впадина при этом остается. Сегодня такой протез используют редко. Причина в том, что велик риск разрушения вертлужной впадины, 2) двухполюсным, или тотальным, данным видом протеза заменяют все части тазобедренного сустава – шейку, головку, вертлужную впадину. Он лучше закрепляется и максимально адаптирован к телу. Тотальный протез подходит для пожилых людей и молодых с их высокой активностью.

Имплантаты также различают по методу крепления: 1) *фиксация без медицинского цемента*. Используется для пациентов молодого возраста без признаков остеопороза. При хорошей плотности костей они врастают в протез и крепят его. Поверхность протеза имеет множество небольших выступов, отверстий и углублений. Через них со временем прорастает костная ткань, образуя так цельную систему. Данный способ увеличивает сроки реабилитации, 2) *крепление при помощи цемента*. Методика используется у лиц пожилого возраста либо у больных, чья плотность костной ткани не позволяет использовать бесцементный способ. Заключается в креплении эндопротеза к кости за счет специального биологического клея, называемого цементом. Он готовится во время операции. Фиксация же происходит благодаря затвердеванию цемента. Восстановление тазобедренного сустава в этом случае проходит быстрее, но велик риск отторжения имплантата, 3) *смешанная, или гибридная*. Заключается в сочетании обоих методов — цементного и бесцементного. Ножка закрепляется клеем, а чашку вкручивают в вертлужную впадину. Считается самым оптимальным способом фиксации протеза.

Улучшение эксплуатационных характеристик заключается в облегчении конструкции,

для этого рекомендуется делать отверстия в ножке протеза и искусственной вертлужной впадине. Данный протез также будет иметь более прочное сцепление с костной тканью за счет ее врастания в отверстия на протезе. Исследование НДС проводилось в программе Fusion 360 на головку эндопротеза, изготовленную из керамики марки Ivoclar, плотность $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$ с пределом прочности на растяжение 39 МПа. Результаты расчетов приведены на рис. 1-5. Испытания проводились под нагрузкой 3000 Н. В результате исследования выяснилось, что конструкция не испытывала критического напряжения, а деформация практически отсутствовала. График зависимости пористости от дистанции напыления и от дисперсности порошка представлен на рис.6.

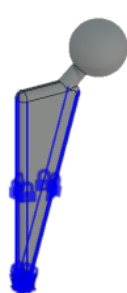


Рис.1.Точка зажима протеза

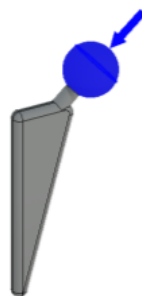


Рис.2. Точка нагрузки на протез

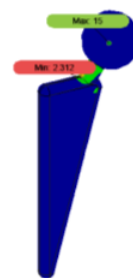


Рис.3. Статическая деформация
min 0, max 0,02003 мм

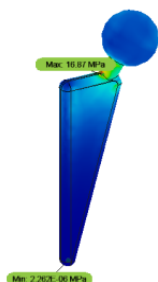


Рис.4. Напряжение по Мизесу, min $2,262 \cdot 10^{-6}$, max 16.87 МПа

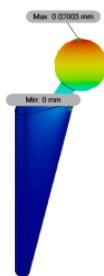


Рис.5. Относительная деформация, min 0, max 0,02003 мм

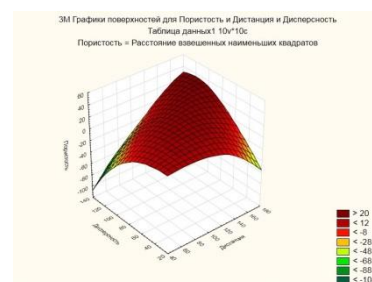


Рис.6. Зависимость пористости от дистанции напыления и от дисперсности порошка плазмонапыленных покрытий.

Исследования, направленные на выявление значений характеристик плазменной струи, при которых значение адгезии будет максимально. Опытным путем были установлены следующие значения показателя адгезии при различных конфигурациях плазменной струи, табл.1, рис.7.

Таблица 1

Результаты опытов напыления Ag – содержащего гидроксиапатита

Дистанция, мм	Дисперсность, мкм	Пористость, %	Адгезия, МПа	Ток дуги, А
50	30	13	12,6	300
60	40	15	13,5	300
80	40	18	14,1	350
100	50	21	14,9	380
120	70	25	14,2	410
130	80	28	13,8	430
150	90	30	12,9	450
170	120	33	11,6	500

Ниже таблица представлена в графическом виде:

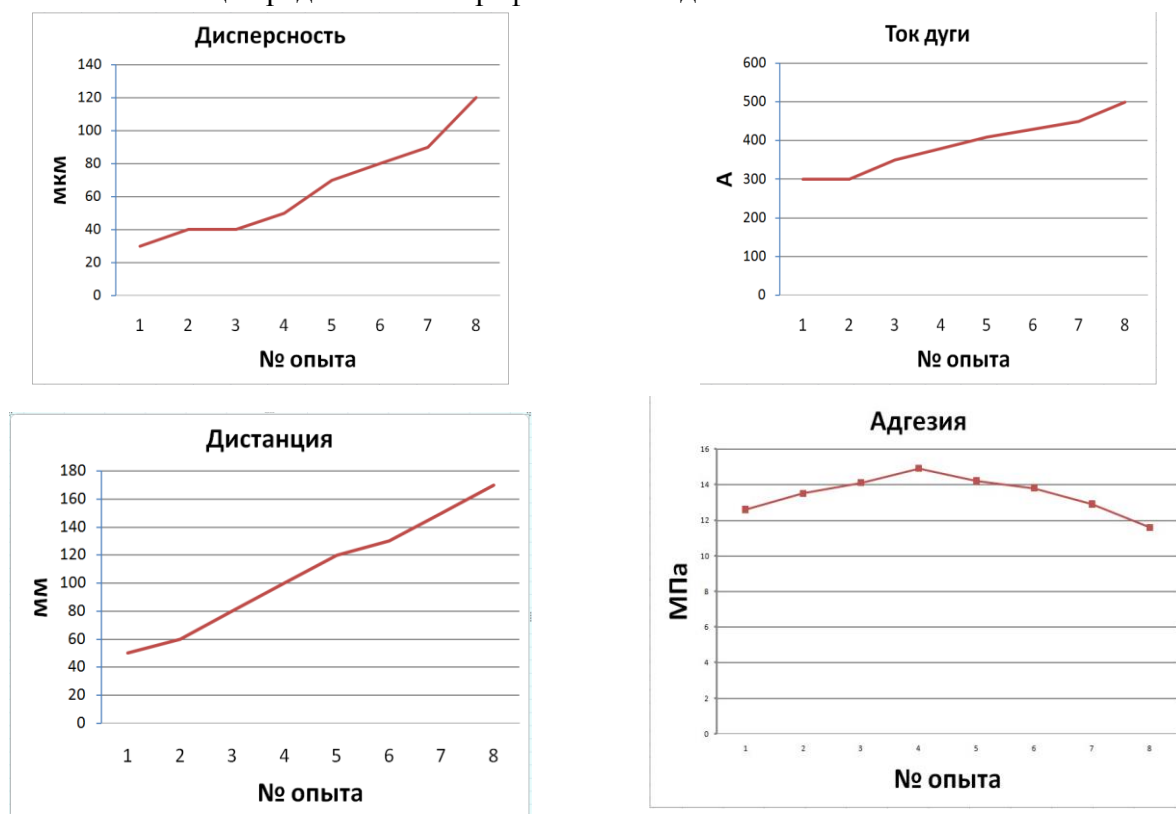


Рис.7. Обработка экспериментальных данных табл.1

Выводы: проведен анализ используемых современных эндопротезов тазобедренных суставов, на основе этого анализа было предложено решение для уменьшения веса протеза, а именно: за счет создания отверстий в ножке протеза и искусственной вертлужной впадине. Также после нанесения на поверхность имплантата порошка $Ag - GA$, повысилась биосовместимость, снизилась коррозия и уменьшился выход ионов опасных металлов в человеческий организм.

Литература:

1. <http://k-s-m.ru/vidy-jendoprotezov-tazobedrennogo-sustava>
2. <http://sustavlive.ru/lechenie/hirurgicheskoe/protez-tazobedrennogo-sustava.html>
3. <http://msk-artusmed.ru/kompania/hod-operatsii-po-protezirovaniyu-tazobedrennogo-sustava/>

УДК 616.728

Исследование механических характеристик образцов акрилатного цемента

Небогатилов Роман Сергеевич, студент 2 курса б-БИСТ21

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Злобина Ирина Владимировна, к.т.н., доцент кафедры «ТММ»

Костин Константин Брониславович, к.т.н., доцент кафедры «Химия»

Научные руководители: Шпиняк С.П., Бекренев Н.В., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье приведен сравнительный анализ механических характеристик образцов акрилатного костного цемента. Высказано предположение о причинах большего массового износа акрилата, полученного вакуумным литьем.

Ранее [1...4] были получены результаты испытаний на изнашивание образцов, выполненных из акрилата марки P5.3 и акрилата, полученного вакуумным литьем.

Цель исследований: выявление причин различных значений износостойкости образцов из акрилата P5.3 и акрилата, сформированного вакуумным литьем.

Образцы для испытаний: акрилат вакуумный и безвакуумный P5.3 (акрилатный костный цемент SmartSet GHV Gentamycin).

Образцы из акрилата P 5.3 и вакуумного были вырезаны из заготовки округлой формы диаметром около 60 мм толщиной 10 мм. Образцы изготовлены в виде шайбы, приближенной по форме к квадрату со стороной 20 мм. Толщина образца – 8 мм. Торцовая поверхность обрабатывалась пальцевой трехзубой фрезой диаметром 10 мм. Обработка осуществлялась на универсальном фрезерном станке типа 675.

После испытаний на изнашивание, заключавшихся в обкатывании стальным шариком (материал ШХ-15, твердость HRC 50...55) с числом циклов 22500, установлен прямо противоположный характер зависимостей массового и размерного износа акрилата P5.3 и вакуумного. В первом случае размерный износ спустя 60 минут изнашивания достигает 0,4-0,45 мм, в то время, как массовый износ происходит нестабильно, что не позволяет установить четкую закономерность. Суммарная величина массового износа, определенного путем взвешивания на электронных весах RM200, составляет 0,002 г. Образцы из акрилата, сформированные вакуумным литьем, имеют почти в 2 раза больший массовый износ, при этом их размерный износ не превышает 0,1-0,5 мм.

Было высказано предположение, что такой различный характер изнашивания вызван большей плотностью структуры второго типа образцов, вследствие чего они обладают большей твердостью и жесткостью. В процессе контакта со стальным контртелом более пластичные образцы из P5.3 деформируются вследствие пластической текучести, многочисленные поры закрываются, агломераты структуры сближаются, и контртело выдавливает в поверхности образца канавку. При этом материал «течет» под вершиной сферы контртела и выдавливается по краям образованной канавки, практически не отделяясь от основного материала. В случае образцов, полученных вакуумным литьем, имеет место существенное снижение пористости структуры и твердости, что способствует уменьшению пластической и увеличению упругой составляющей деформации. В результате при контакте с контртелом, имеющем определенную шероховатость поверхности, происходит увеличение доли абразивного износа – срезание микростружек с поверхности образца элементами шероховатости поверхности обкатывающегося по нему контртелу. Таким образом, при меньшей глубине канавки, т.е. меньшем размерном износе, происходит более существенное снижение веса образца (массового износа) за счет удаления части материала.

Для проверки данного предположения о различном механизме изнашивания проведены испытания образцов из акрилата P5.3 и акрилата, полученного вакуумным литьем, с определением их податливости, что позволяет определить степень жесткости структуры и, как следствие, сопротивляемость деформационному изменению формы и склонность к размерному износу.

В экспериментах использовали компьютерную лабораторную установку (рис. 1), оснащенную механизмом нагружения, тензодатчиками и аналогово-цифровым

преобразователем. Специальное программное обеспечение LabView (г. Орел) позволяло получить графики кинетики нагружающей силы при деформировании поверхности. В процессе экспериментов образец устанавливали на опорной поверхности тензодатчика, в нажимном рычаге нагружающего механизма закрепляли стальной конус с углом при вершине 90^0 и радиусом округления 0,1 мм. Испытания проводили при постоянной величине внедрения конуса, равной 0,65 мм, которую контролировали при помощи стрелочного индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. Программное обеспечение установки позволяло определять величину нагружающего момента. Величину силы, действующей на образец, вычисляли с учетом известной длины нагружающего рычага, равной 70 мм. Податливость образца определяли по известной зависимости:

$$\lambda = \delta / F ,$$

где λ – податливость, мм / Н; δ – деформация (величина вдавливания конуса), мм; F – величина нагружающей силы, Н.

При равных условиях выполняли индентирование поверхности в пяти точках, расположенных в центре и по окружности на расстоянии 10 мм от центра образца, представлявшего собой диск диаметром 40 мм и толщиной 8 мм. Скрин-шоты с экрана компьютера, представляющие собой графики нарастания нагружающего момента, представлены на рис. 2 и 3, результаты обработки графиков – в табл. 1.

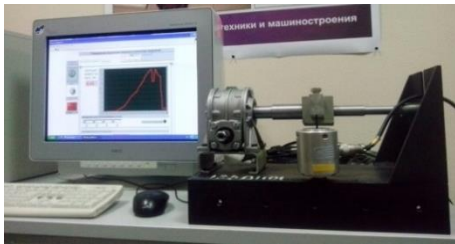


Рис. 1 Внешний вид установки для испытаний



Рис.2а



Рис.2б



Рис.2в



Рис.2г



Рис.2д

Рис. 2. Нарастание нагружающего момента при индентировании акрилата Р5.3 от 0 до 0,65 мм. (а) центральная точка



а



б

Рис. 3. Нарастание нагружающего момента при индентировании акрилата, полученного вакуумным литьем, от 0 до 0,65 мм. (а) центральная точка

Таблица 1. Податливость λ образцов из акрилата при глубине индентирования 0,65 мм

Материал	Диапазон нагружающих моментов, Н*м	Средняя нагрузка на индентор, Н	Податливость, мм/Н	Дисперсия податливости
Акрилат Р5.3	4,3 – 6,5	75,14	0,0086	0,643
Вакуумный акрилат	6,6 – 7,6	100,86	0,006	0,203

Таким образом, акрилат, полученный вакуумным литьем, характеризуется большей жесткостью, что выражается в меньшей на 43% податливости, чем у акрилата Р5.3, большей однородностью структуры. Последнее проявляется в меньшей в 3 раза дисперсии податливости по поверхности образца, определенной по пяти точкам.

Выводы: проведенные испытания в целом качественно подтвердили высказанное выше предположение о причинах большего массового износа акрилата, полученного вакуумным литьем, заключающихся в менее пластичной структуре, что способствует увеличению доли микрорезания в процессе изнашивания образца и повышенному отделению микростружек при суммарном меньшем изменении профиля поверхности.

Литература:

1. Белякова О.В., Перинская И.В., Пичхидзе С.Я. Биосовместимое антимикробное покрытие эндопротеза коленного сустава. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.
2. Герасимов С.В., Мамбетова А.И., Шарыпова Е.А., Костин К.Б., Шумилин А.И., Шпиняк С.П., Пичхидзе С.Я. Модернизация конструкции коленного эндопротеза. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.
3. Костин К.Б., Шумилин А.И., Шпиняк С.П., Кошуро В.А., Родионов И.В., Пичхидзе С.Я. Усовершенствование конструкции коленного эндопротеза. Prospects of world science-2016. Materials of the XII international scientific and practical conference. Sheffield. 2016.-P.8-10.
4. Небогатилов Р.С., Злобина И.В., Костин К.Б., Шпиняк С.П., Бекренев Н.В., Пичхидзе С.Я. Анализ образцов акрилатного цемента и СВМПЭ на износ. Балаково: БИТТИ, 2017. – 3с.

УДК 546.075

Получение и анализ кремнийсодержащего гидроксиапатита

Небогатилов Роман Сергеевич, студент 2 курса б-БИСТ21

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Костин К.Б., кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

Аннотация. В работе проведен синтез и подтверждена структура кремнийсодержащего гидроксиапатита.

Перспективным направлением повышения резорбируемости и остеоинтеграции кальций-фосфатных материалов является химическое модифицирование гидроксиапатита, прежде

всего, путем получения силикат-замещенного (содержащего SiO_4^{4-}) гидроксиапатита (Si-ГА). ГА, модифицированный силикат-анионами, способствует улучшенной пролиферации остеобластов, росту внеклеточного матрикса и ускоренной минерализации костной ткани [1-3].

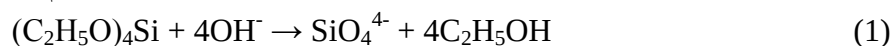
Цель нашей работы заключалась в синтезе Si - гидроксиапатита и его идентификации методами ИКС, ЭДРА и РФА.

Методика проведения исследований

Исследование ИК-спектров Si-ГА проводилось на спектрометре FT-801 «Симмекс» в интервале волновых чисел $500 \dots 4000 \text{ см}^{-1}$, таблетки с KBr.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на дифрактометре ARL X'TRA с использованием $\text{Cu-K}\alpha$ -излучения ($\lambda = 0,15412 \text{ нм}$) в диапазоне углов 2θ (5-90 градусов) и библиотеки международной электронной базы дифракционных стандартов ICDD (International Center for Diffraction Data) PDF-2 (Powder Diffraction File – 2) в программе Crystallographic Search-Match Version 3,1,0,2. В.

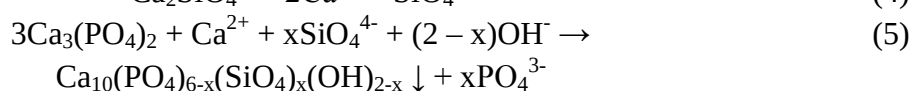
Синтез Si-ГА проводили с молярным отношением Ca/P – 2,5, молярным отношением Ca/(P+Si) – 1,67 и содержанием кремния около 5,8 мас.% (19 мас.% силикат-иона) [2]. Источником силикат-ионов являлся тетраэтилортосиликат (ТЭОС), который добавляли в раствор гидроксида кальция:



Свободные ионы SiO_4^{4-} вступали реакцию с избытком ионов Ca^{2+} :



При дозировке H_3PO_4 происходило формирование аморфного фосфата кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, который трансформировался в ГА. Поскольку Ca_2SiO_4 являлся наиболее растворимым соединением в этом ряду, то по мере формирования новой фазы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и далее ГА, силикат кальция начинал растворяться с высвобождением в объем раствора ионов Ca^{2+} и SiO_4^{4-} . Силикат ионы встраивались в кристаллическую решетку образующейся фазы с образованием Si-ГА.



При получении стехиометричного монофазового Si-ГА со степенью замещения $x=1 \dots 2$ (до 6 мас.% Si) с учетом рассмотренного химизма принципиально важно вести процесс синтеза на всех этапах таким образом, чтобы максимально синхронизировать скорости протекания сопряженных процессов (3)...(5). Если часть ионов SiO_4^{4-} после деструкции Ca_2SiO_4 не успевает встраиваться в структуру ГА, то происходит быстрая их полимеризация с образованием коллоидного SiO_2 . В итоге, наряду с Si-ГА возникают побочные продукты, например нестабильный нестехиометричный ГА, который далее может разлагаться с образованием $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaO . В ходе синтеза 0,495 М гидроксида кальция (36,679г) добавляли к 1000 мл H_2O и суспензию перемешивали в течение 10...12 мин. Затем 0,099 М ТЭОС (20,800 г) добавляли в суспензию $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Смесь перемешивали в течение 5...7 мин. Отдельно готовили 2% раствор ортофосфорной кислоты путем разбавления 0,198 М (22,828 г 85% конц. H_3PO_4) в 1000 мл H_2O . Водный раствор 2%-ной H_3PO_4 добавляли по каплям в смесь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /ТЭОС в течение 60 мин, pH более 10. Всю смесь перемешивали в течение 2 часов, а затем оставляли для старения осадка на сутки при комнатной температуре. Далее суспензию фильтровали с помощью воронки Бюхнера с

использованием фильтровальной бумаги. Осадок помещали в сушильный шкаф при 90°C в течение 2 дней и далее в муфельную печь, где его последовательно нагревали до 200, 400 и 950°C в течение одного часа.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Анализ ИК-спектров термообработанного Si-ГА при 200, 400 и 950 °C показал, что частоты колебаний основных групп PO_4^{3-} , O-P-O, OH, в основном, соответствуют образцу синтетического Si-ГА. Порошки содержат карбонат-анион. После прокаливания получены порошки с уменьшенной интенсивностью полос поглощения карбонатной группы CO_3^{2-} при 1738, 1578 и 1554 cm^{-1} , что свидетельствует о частичной деструкции карбонат-содержащего ГА. При переходе к температуре 950 °C происходит сужение основных полос поглощения, что указывает на увеличение кристалличности порошка Si-ГА, более четко проявляется полоса поглощения группы SiO_4^{4-} при 796 cm^{-1} . Так же имеет место уменьшение интенсивности полосы валентных колебаний групп связанной воды в области частот 3414,8-3415,3 cm^{-1} . При 1075 cm^{-1} наблюдается наложение полос поглощения валентных колебаний групп PO_4^{3-} и Si-O-Si.

Дифрактограмма термообработанного Si-ГА при 950 °C, в отличие от дифрактограмм при 200, 400 °C, показывает наличие кристаллического продукта реакции, рис.1. С высокой вероятностью можно предположить образование $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{SiO}_4)_x(\text{OH})_{2-x}$, $1 \leq x \leq 2$, т.к. при 400°C наблюдались бы линии ГА и ТКФ, а они отсутствуют [4...10].

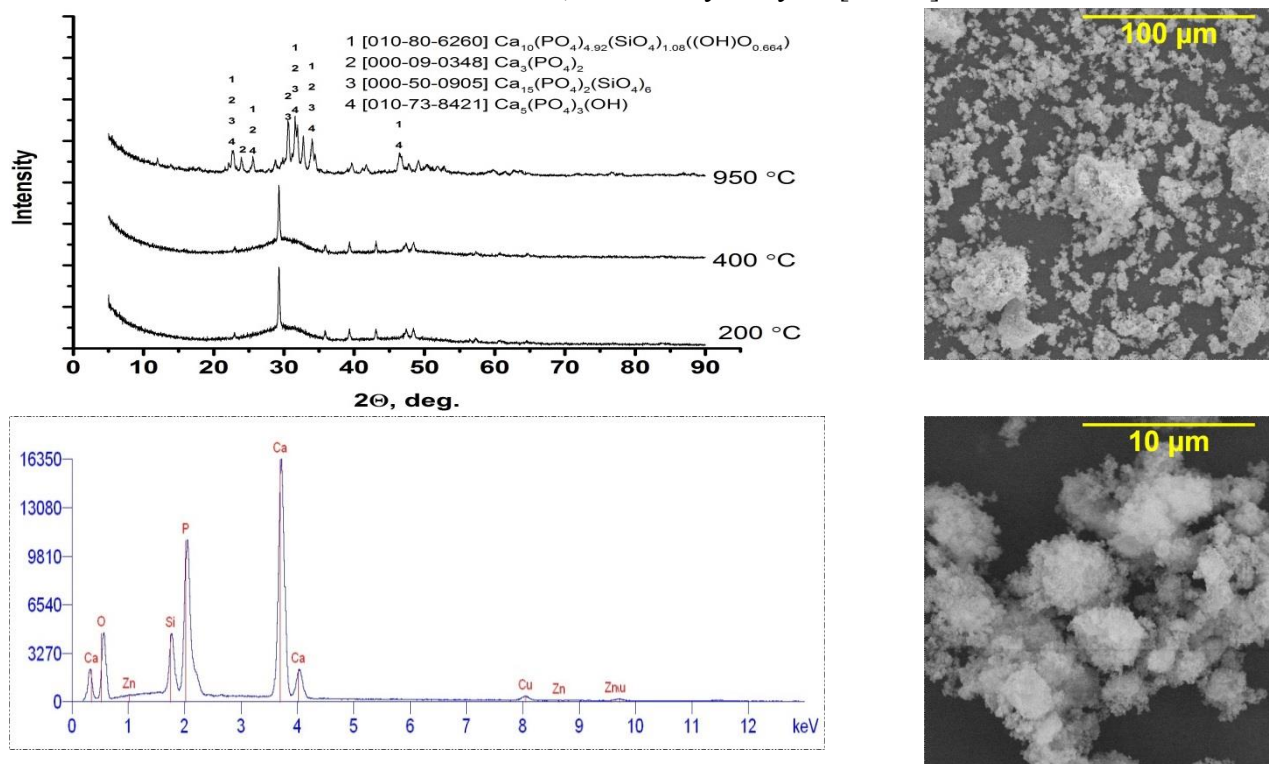


Рис.1. Дифрактограмма и РЭМ/ЭДРА синтезированного Si-ГА

Выводы: проведен синтез Si - гидроксиапатита и его идентификации методами ИКС, ЭДРА и РФА.

Литература:

1. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М.: Наука, 2005. – 204 с.
2. Патент US 20100173009 A1. Silicate-substituted hydroxyapatite. I.R.Gibson et al., 2010.

3. Патент РФ № 2500840. Способ получения нанокристаллического кремнийзамещенного гидроксиапатита. Трубицын М.А., Габрук Н.Г., Доан Ван Дат, Ле Ван Тхуан, 2011.
4. Gomes, S., Nedelec, J.M., Jallot, E., Sheptyakov, D., Renaudin, G. Silicon location in silicate-substituted calcium phosphate ceramics determined by neutron diffraction. Cryst. Growth Des. 11, 2011. - p. 4017.
5. Mumme W. G. et al. Rietveld crystal structure refinements, crystal chemistry and calculated powder diffraction data for the polymorphs of dicalcium silicate and related phases //Neues Jahrb. Mineral. Abh., v. 169, 1995. – p. 35-68.
6. Saenger, A.T., Kuhs, W.F. Golden Book of Phase Transitions, Wroclaw, v.1, 2002. – p. 1.
7. Saenger, A.T., Kuhs, W.F. Structural disorder in hydroxyapatite. Z. Kristallogr. 199, 1992. – p. 123.
8. Кривенцов Н.М., Байбара В.С., Денисов Д.С., Викулова М.А., Горшков Н.В., Пичхидзе С.Я. Спектральный анализ силикатсодержащего гидроксиапатита. Курск: ЮЗГУ, 2015. – 3с.
9. Лясникова А.В., Маркелова О.А. Электроплазменные покрытия на основе кремнийсодержащего гидроксиапатита: технология получения и исследование свойств. Журнал технической физики. Вып.9, 2016. – с.147 -149.
10. Патент 2635189. Способы получения кремнийзамещенного гидроксиапатита и биоактивного покрытия на его основе. Лясникова А.В., Маркелова О.А., Гришина И.П., Дударева О.А., Лясников В.Н., Пичхидзе С.Я.

УДК 616.728

Анализ и улучшение статических и медико-биологических характеристик эндопротеза грудной клетки

Ноликов Максим Сергеевич, студент 3 курса б-БИСТ31

Дядьков Виктор Александрович, студент 3 курса б-БИСТ31

Загибашев Максим Витальевич, студент 3 курса б-БИСТ31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье получены результаты анализа статических характеристик эндопротеза грудной клетки из материала Ti_3Al и предложен способ увеличения шанса на его успешную приживаемость.

Ключевые слова: эндопротез грудной клетки, Zn-трикальцийфосфат, сплав титана-золото, антимикробное покрытие.

Цель работы: проанализировать и улучшить физические и медико-биологические характеристики эндопротеза грудной клетки при помощи замены материала на более биосовместимый сплав Ti_3Al и использовать покрытие биосовместимого Zn-ТКФ для лучшей приживаемости с тканями организма человека.

Выбор Zn-ТКФ связан с антимикробной активностью частиц цинка, которая в два раза

превосходит активность серебросодержащих препаратов, что можно использовать в травматологии для предупреждения периимплантной инфекции [1-5].

Обычные эндопротезы состоят, главным образом, полностью из металла или сплава, в основном из медицинской нержавеющей стали. Замена обычных материалов на сплав Ti_3Au позволит увеличить срок службы эндопротеза, который составит 15-20 лет, что говорит о гораздо лучшей приживаемости эндопротеза в организм человека.

Материалы и методы. Виртуальный анализ проведён в программе SolidWorks Simulation модели эндопротеза грудной клетки и произведена оценка НДС при нагрузке 500 Н, рис. 1.

Результаты и обсуждение. По результатам исследования выявлены максимальное напряжение 147,5 МПа и наибольшее смещение, составляющее 1,8 мм. Конструкция достаточно надёжная, с запасом прочности 8-10 раз.

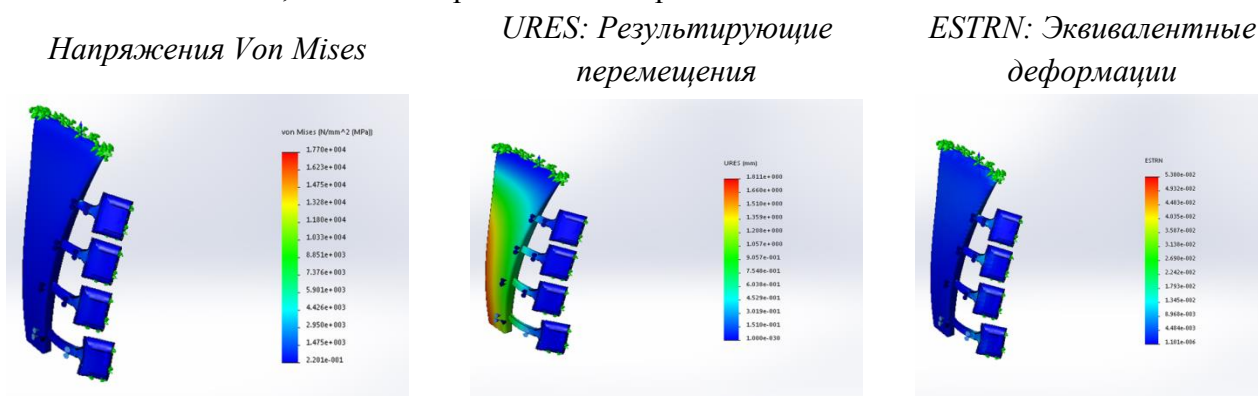


Рис. 1. Анализ статических характеристик эндопротеза грудной клетки

Выводы: усовершенствован эндопротез грудной клетки. Замена материала на сплав Ti_3Au повышает прочность и износостойкость конструкции, увеличивая срок службы протеза. Нанесение на поверхность эндопротеза Zn-ТКФ покрытия повышает его биосовместимость.

Литература:

1. World's First 3-D Printed Titanium Chest Implant [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://herox.com/crowdsourcing-news/459-worlds-first-3-d-printed-titanium-chest-implant>.
2. Новый сверхпрочный сплав титана с золотом Ti_3Au [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nnd.name/2016/07/novyiy-sverh-prochnyy-splav-titana-s-zolotom-ti3au/>.
3. Особенности морфологии цинкзамещенных трикальцийфосфатных покрытий / А.В. Лясникова, О.А. Дударева, О.А. Маркелова, И.П. Гришина, М.В. Загибашев // Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы. – 2016 - С. 102-104.
4. A technique for pediatric chest wall reconstruction using custom-designed titanium implants: description of technique and report of two cases [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/290963491>.
5. Пятакова К.С., Перинская Е.Д. Способ формирования серебросодержащего биосовместимого покрытия // Современные биоинженерные и ядерно-физические технологии в медицине: сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции. 13-15 октября 2014 г. – М.: Прондо, 2014. – С. 48-51.

**Влияние горячих растворов модификаторов на физико-механические свойства
химических волокон**

Паршкова Е.С., студентка группы ХМТН-21,

Зубова Н.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково

Исследовано влияние горячего раствора сульфата гидроксомеди (II) на физико-механические свойства гидратцеллюлозных технических нитей. Приведены сорбционные характеристики модифицированных нитей. Показана зависимость механических свойств модифицированных ГЦТН от параметров их модификации растворами солей гидроксомеди (II). Обосновано применение повышения температуры водного раствора до 65 °С.

Производство химических волокон и нитей — одна из важнейших сфер современной мировой экономики, динамично развивающаяся, несмотря на изменчивость рынка. Наряду с наращиванием объемов выпуска традиционных волокон и нитей расширяется ассортимент выпускаемой продукции в направлении и придании улучшенных потребительских свойств. Изменением строения поверхности волокон химическим или физическим модифицированием можно направленно регулировать как свойства волокна, так и свойства полимерных композиционных материалов (ПКМ) на его основе [1-2].

Целью настоящей работы являлось изучение влияния горячих растворов сульфата гидроксомеди (II) на физико-механические свойства гидратцеллюлозных технических нитей.

Объекты исследования: гидратцеллюлозная техническая нить (ГЦТН), сульфат гидроксомеди (II) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

В работах [3-4] было показано влияние раствора $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, растворенного в воде при комнатной температуре на свойства ГЦТН. При этом модифицированные нити характеризуется увеличением структурных и физико-механических характеристик.

В настоящей работе изучался процесс модификации ГЦТН раствором, полученным при смешении сульфата гидроксомеди (II) с умягченной водой, нагретой до 65 °С. Концентрация модификатора в растворе составила 2, 5 и 10% и время обработки - 30, 60 и 90 с. Для сокращения времени модификации обработанные волокна подвергали дополнительной сушки при температуре 50°С.

Модифицированные нити исследовали на сорбционные свойства, значения которых приведены на рис. 1.

Из представленных данных видна прямая зависимость изменения массы волокнистого материала от содержания соли в водном растворе. При этом наибольшее изменение массы ГЦТН характерно после ее обработке в 10%-ном растворе соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Следующим этапом экспериментальной работы было исследование физико-механических свойств модифицированных нитей и выбор режима модификации. Для этого образцы исследуемых ГЦТН подвергали механическим испытаниям на разрывной машине марки FM-27M. Обработанные значения относительной разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения представлены в табл. 1.

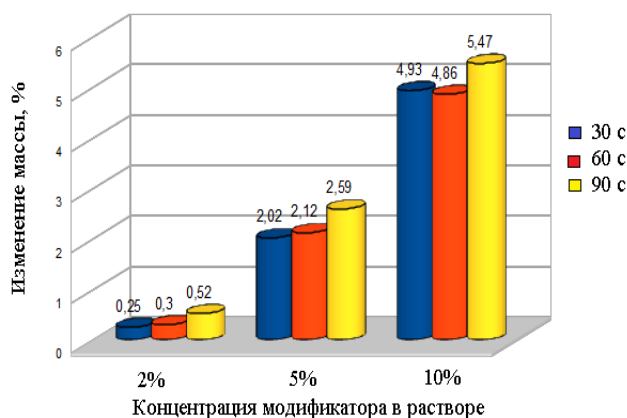


Рис. 1 Зависимость изменения массы ГЦТН от параметров модификации

Данные таблицы свидетельствуют о значительном влиянии горячего раствора модификатора на физико-механические ГЦТН, что вероятно всего связано с активным проникновением молекул соли в поры волокнистого материала. Наиболее активное влияние на разрывную нагрузку при растяжении оказывает модификация нити горячим 5%-ным раствором $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, увеличивающий данный показатель по сравнению с немодифицированной ГЦТН на 44 сН/текс.

Таблица 1

Зависимость механических свойств модифицированного ГЦТН от параметров модификации растворами солей гидроксомеди (II)

Время модификации, с	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное разрывное удлинение, %
Концентрация ванны 2%, температура модификации 65 °С		
30	49	12
60	52	18
90	50	17
Концентрация ванны 5%, температура модификации 65 °С		
30	52	18
60	54	22
90	49	17
Концентрация ванны 10%, температура модификации 65 °С		
30	50	22
60	51	20
90	46	13
Исходная ГЦТН	10	11

Сравнительная оценка физико-механических свойств модифицированных нитей показывает, что при времени обработки 60 с нити при разном содержании соли в водном растворе достигаются практически равные значения относительной разрывной нагрузки ГЦТН (рис. 2).



Рис. 2. Зависимость относительной разрывной нагрузки ГЦТН от концентрации соли в растворе при времени модификации 60 с

Таким образом исследование процесса модификации ГЦТН горячими растворами сульфата гидроксомеди (II) свидетельствует о целесообразности и перспективности использования изменения условий обработки волокнистых материалов.

Литература:

1. Артеменко С.Е. Композиционные материалы, армированные химическими волокнами: монография / С.Е. Артеменко. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1989. - 160 с.
2. Жмыхов И.Н. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов: учеб. пособ. / И.Н. Жмыхов [и др.]. - Минск: Вышэйшая школа, 2013. - 587 с.
3. Зубова Н.Г. Исследование смачиваемости модифицированных химических волокон / Н.Г. Зубова, А.В. Кочнева, К.А. Малкина // Сборник статей II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий». М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ. - 2017. – С. 256-258..
4. Зубова Н.Г. Модификация ГЦВ раствором сульфата гидроксомеди (II) / Н.Г. Зубова, К.А. Малкина // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Технология и переработка современных полимерных материалов». - Балаково: Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». – 2016. – С. 45-47.

УДК 677.4; 678.04

Сравнительная характеристика физико-механических свойств гидратцеллюлозных волокон, модифицированных при различных условиях

Паршкова Е.С., студентка группы ХМТН-21,

Кочнева А.В., студентка группы ХМТН-41,

Ризаева К.А., студентка группы ХМТН-41,

Зубова Н.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) Национального

исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково

В работе рассмотрена возможность регулирования физико-механических свойств гидратцеллюлозных нитей, путем их модификации растворами, содержащими сульфат гидроксомеди (II). Доказано активное влияние горячих растворов соли на увеличение относительной разрывной нагрузки исследуемых нитей по сравнению с холодными растворами.

Волоконные полимерные композиционные материалы (ВПКМ) — анизотропные гетерофазные композиции на основе непрерывных армирующих высокопрочных и высокомодульных волокон в виде различных текстильных форм (нити, жгуты, ровинги, ленты, ткани). Стекло-, угле-, органопластики, поливолоконистые (гибридные) межслоевые и внутрислоевые ВПКМ широко используются в различных областях техники. ВПКМ, как правило, являются материалами многофункционального значения, которые в зависимости от свойств компонентов могут сочетать конструкционные свойства с тепло- и термостойкостью, химической стойкостью, способностью экранировать ионизирующие излучения, радиопрозрачностью, радиоэкранированием и радиопоглощением [1].

Улучшение прочностных, структурных, адгезионных и других характеристик волоконистых материалов, используемых в качестве армирующих наполнителей для ВПКМ, является одной из важных задач современного полимерного материаловедения.

Цель настоящей работы: сравнение физико-механических свойств гидратцеллюлозных технических нитей (ГЦТН), модифицированных холодным и горячим растворами сульфата гидроксомеди (II) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Модифицирование проводили при разных условиях:

- Концентрация соли в водном растворе 2, 5 и 10 %, время модификации 30, 60 и 90 с, температура водного раствора 25 ± 3 °C (холодный раствор);
- Концентрация соли в водном растворе 2, 5 и 10 %, время модификации 30, 60 и 90 с, температура водного раствора 65 ± 3 °C (горячий раствор).

Зависимость механических свойств модифицированных ГЦТН от состава, времени и условий модификации представлена в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства ГЦТН, модифицированных растворами $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Время модификации, с	Относительная разрывная нагрузка элементарной нити, сН/текс		Относительное разрывное удлинение элементарной нити, %	
	Холодный раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Горячий раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Холодный раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Горячий раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Концентрация раствора соли 2%				
30	10	49	23	12
60	11	52	29	18
90	14	50	19	17
Концентрация раствора соли 5%				
30	10	52	22	18
60	10	54	23	22
90	12	49	26	17
Концентрация раствора соли 10%				
30	10	50	27	22
60	11	51	24	20
90	13	46	19	13
Исходное ГЦТН	10		11	

Значения, показанные в таблице, свидетельствуют об активном влиянии горячего водного раствора сульфата гидроксомеди (II) на относительную разрывную нагрузку элементарной (одиночной) гидратцеллюлозной технической нити, что приводит к ее увеличению в среднем в 5 раз по сравнению с нитью, модифицированной при нормальным условиях, т.е. при комнатной температуре.

Таким образом изменение условий модификации приводит к значительному увеличению физико-механических свойств исследуемого волокнистого материала, которые позволяют расширить его область применения.

Литература:

1. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. / Ю.А. Михайлин. - СПб.: Научные основы и технологии, 2015. - 824 с.

УДК 678.026

Модернизация конструкции коленного сустава

Полышев Александр Игоревич, студент 3 курса БМВТМ-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в настоящей работе показано, что эндопротез коленного сустава, а именно: большеберцовый и бедренный компоненты, изготовленные из тантала, не уступают по прочности эндопротезам из титана.

Обычно [1...7] под протезированием подразумевают замену утраченных или необратимо повреждённых частей тела искусственными заменителями. Протезирование представляет собой важный этап процесса социально-трудовой реабилитации человека, утратившего конечности, или страдающего заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

Известно, что протезирование коленного сустава проводится двумя методами: 1) частичное эндопротезирование, при котором сохраняется связочный аппарат колена; 2) полное эндопротезирование, когда часть связок удаляют и используют для стабилизации коленного сустава специфические крепления. Протезы существуют самых разнообразных модификаций и размеров и выпускаются разными производителями.

Цель работы: улучшить конструкцию эндопротеза коленного сустава, сделать его более комфортным для использования.

Для того чтобы сделать эндопротез более комфортным для использования, его бедренный и большеберцовый компоненты были изготовлены из тантала, вкладыш из полиэтилена. Тантал имеет следующие свойства: 1) высокая коррозионная стойкость, 2) высокая биосовместимость, 3) высокая поверхностная жесткость, 4) высокая твердость, 5) возможность создания трабекулярного элемента. Вкладыш использовался из полиэтилена ультравысокой плотности для повышения модуля упругости и износостойкости.

Ниже представлена модель эндопротеза коленного сустава, рис.1-2.

Исследование НДС проводилось в программе SW16. На модели эндопротеза

коленного сустава, изготовленной из тантала, плотностью 4600 кг/м^3 с пределом прочности на растяжение 235 МПа. Результаты расчетов приведены на рис. 3-5. Испытания проводились под нагрузкой 3000 Н. В результате исследования выяснилось, что конструкция не испытывала критического напряжения, а деформация практически отсутствовала.

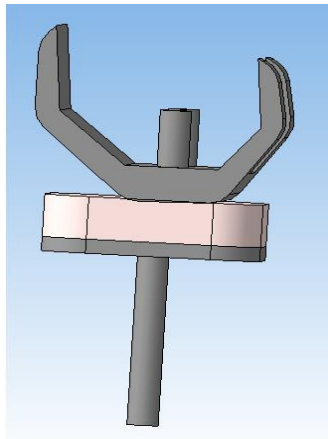


Рис. 1. Эндопротез коленного сустава 3д модель

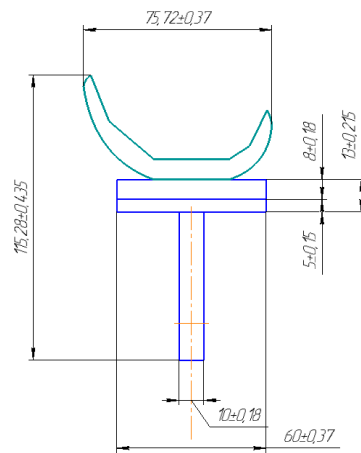


Рис.2. Эндопротез коленного сустава 2д чертёж

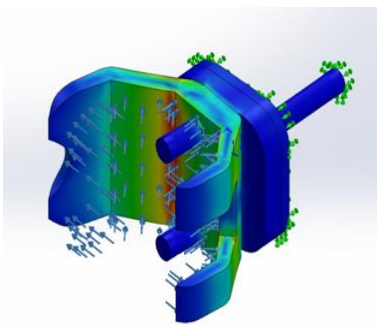


Рис. 3. Напряжения Von Mises: min-4.77208 N/m^2
max-7.46458 N/m^2

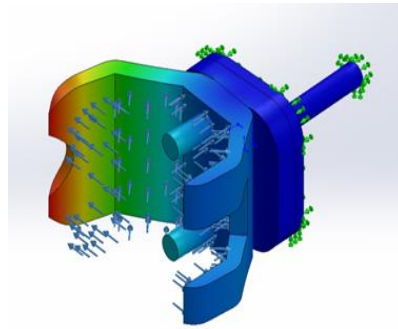


Рис. 4. Результирующие перемещения: min-0 mm max-0.000431481 mm

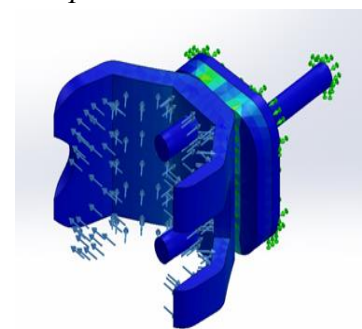


Рис. 5. Эквивалентные деформации: min-3.59334 max-4.30312

Выводы: таким образом, эндопротез коленного сустава, а именно: большеберцовый и бедренный компоненты, изготовленные из тантала, не уступают по прочности эндопротезам из титана.

Литература:

1. Эндопротезы крупных суставов: каталог / Джонсон & Джонсон, 2012.–104 с.
2. Каталог протезов крупных суставов [Электронный ресурс] URL: <http://www.biomet.com>
3. Белякова О.В., Перинская И.В., Пичхидзе С.Я. Биосовместимое антимикробное покрытие эндопротеза коленного сустава. Самара: Л-Журнал, 2016. – 2с.
4. Силиконовые протезы – [электронный ресурс] - <http://www.prosthesis.com.ua/ru/produksiya/silikonovye-protezy>
5. Эндопротезирование суставов - [электронный ресурс] - <http://www.orthoscheb.com/technology/endoprotezirovanie-sustavov/>
6. FREEPATENT – [электронный ресурс] – Патент РФ, 2379006, Искусственные руки или кисти рук, их части, Куббер Ян де (ВЕ), 20.01.2010.
7. Медицинский журнал – [электронный ресурс] – Кош, Р. Хирургия кисти / Р. Кош // Издательство Академии наук Венгрии. – Будапешт, 1996. –С. 186-203.

Влияние технологических параметров электроосаждения на физико-химические свойства покрытий сплавом цинк-никель на стали

¹Почкина Светлана Юрьевна, аспирант кафедры «Химия и химическая технология материалов»;

²Шibaков Игорь Александрович, студент;

²Ченцова Елена Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»;

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

²Энгельский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Энгельс

Выполнена оценка влияния технологических параметров электроосаждения покрытия сплавом цинк-никель на стальной подложке в сульфатно-глицинатном растворе методом полного факторного эксперимента. Для повышения степени легирования сплава цинка никелем рекомендуется повышение тока осаждения и температуры раствора.

Гальванические сплавы цинк-никель применяют в качестве защитно-декоративных покрытий стальных изделий в автомобильной, авиационной промышленности и в других отраслях благодаря лучшей защитной способности по сравнению с цинковыми покрытиями, ингибированию наводороживания и высокой адгезии к стальной подложке [1]. Качество электролитических покрытий (состав, структура и пористость) зависит от условий осаждения [2,3]. Целью работы было исследовать влияние технологических параметров электролиза на свойства гальванических сплавов цинк-никель.

Электролитические сплавы цинк-никель наносили на стальные пластины (Ст 45) током $0,5-2 \text{ А/дм}^2$ с помощью потенциостата Р-30. Осаждение покрытий проводили в сульфатно-глицинатных растворах ($\text{pH} = 4 \dots 8 \pm 0,2$) в диапазоне температуры электролита $25-45^\circ\text{C}$ [4]. Количественный состав образцов определяли с помощью портативного анализатора химического состава X-Met 7500, model XMDS 2726. Микроструктуру образцов исследовали с помощью металлографического микроскопа марки АЛЬТАМИ МЕТ.

Формирование гальванического покрытия представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов, описание которых затрудняется необходимостью установления закономерностей протекания элементарных стадий и их взаимовлияния друг на друга. При осаждении электролитических сплавов помимо величины тока осаждения и взаимодействия металлов при формировании гальванического сплава, необходимо учитывать явления сольватации и комплексообразования в растворе, влияние на физико-химические процессы в электролитах температуры, концентрации компонентов раствора, pH среды. Для оценки взаимного влияния технологических параметров электролиза на физико-химические свойства сплава цинк-никель был использован метод полного факторного эксперимента. Как известно [1-3] одним из критериев защитной способности покрытий является степень легирования сплавов цинка металлами группы железа. Поэтому в качестве параметра

оптимизации было выбрано содержание никеля в сплаве (Y). Факторами служили величины температуры (X₁) и pH (X₂) раствора, тока электролиза (X₃). Интервалы варьирования изучаемых факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Интервалы варьирования факторов оптимизируемого процесса

	факторы		
	X ₁	X ₂	X ₃
Основной уровень	35 ⁰ C	6	1,25 А/дм ²
Интервал варьирования	10 ⁰ C	2	0,75 А/дм ²
Верхний уровень	45 ⁰ C	8	2 А/дм ²
Нижний уровень	25 ⁰ C	4	0,5 А/дм ²

Оценка критерия Кохрена показала воспроизводимость опытов, критерия Фишера – адекватность уравнения регрессии. В результате выполненного математического моделирования влияния параметров электролиза на количественный состав сплава цинк-никель было получено уравнение регрессии:

$$Y = 10,7 + X_1 + 0,225 X_2 + 1,2 X_3 + 0,225 X_1 X_2 - 1,4 X_2 X_3 + 0,725 X_1 X_3.$$

Согласно полученному уравнению в исследованных условиях наибольшее положительное влияние на включение в сплав никеля оказывает величина тока электролиза. Полученные результаты согласуются с представлениями [2] о влиянии химической стадии электродного процесса на восстановление цинка и роли химической и электрохимической стадий в осаждении никеля на электроде. Легированию сплава цинка никелем также способствует повышение температуры, pH раствора, взаимное влияние параметров повышения величины температуры и pH раствора, а также взаимодействие параметров повышения температуры раствора и тока электролиза. Негативное действие на степень легирования сплава цинка никелем оказывает взаимное влияние факторов повышения pH раствора и тока электролиза.

Влияние температуры на повышение содержания никеля в гальваническом осадке помимо влияния на скорость массопереноса в растворе и электрохимическую стадию электродного процесса также связано с разрыхлением приэлектродного слоя раствора из гидроксидов разряжающихся металлов, который оказывает ингибирующее действие на осаждение никеля на электроде.

Влияние pH раствора на соотношение металлов в гальваническом сплаве обусловлено зависимостью состава растворов, содержащих аминокислоты, от их формы взаимодействия с другими компонентами. Аминокислотная кислота может присутствовать в растворе в различной форме. С повышением pH раствора отмечается переход от положительнозаряженной через нейтральную к отрицательнозаряженной форме аминокислотной кислоты, соотношение которых постепенно изменяется. Соответственно, отмечается изменение состава комплексных частиц разряжающихся металлов в растворе и изменяется скорость их восстановления на электроде. При повышении pH электролита формируются более устойчивые глицинатные ионы никеля, что способствует включению этого компонента в покрытие.

Отрицательное действие на легирование сплава никелем взаимодействия параметров повышения pH раствора и тока электролиза можно объяснить тем, что при формировании более стабильных глицинатных комплексов никеля увеличение тока обуславливает повышение скорости разряда ионов цинка.

Величина параметров электролиза влияет на морфологию полученных

гальванических покрытий (рис.1).

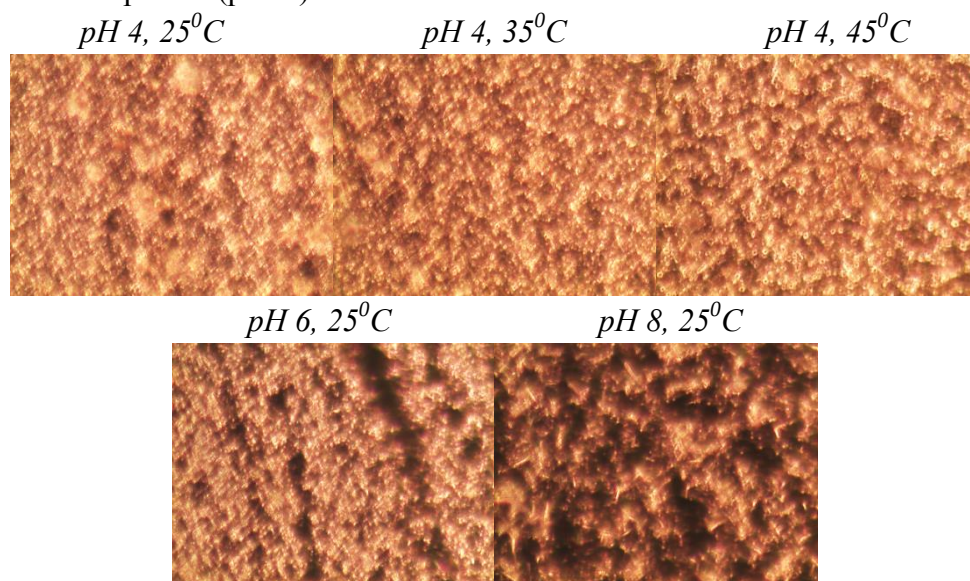


Рис. 1. Влияние pH и температуры раствора на микроструктуру гальванического сплава цинк-никель (увеличение 1000 крат)

Результаты микроструктурного анализа морфологии образцов показывают, что при увеличении температуры раствора повышается однородность микрораспределения осадка цинк-никель на электроде. Увеличение pH раствора отрицательно влияет на морфологию осадков: на поверхности образцов формируются микроуглубления. На поверхности образцов, полученных в растворе с pH 8, формируется порошкообразный осадок.

Результаты анализа влияния технологических параметров электроосаждения сплава цинк-никель показывают, что для повышения степени легирования сплава цинка никелем следует рекомендовать повышение тока осаждения и температуры раствора.

Литература:

1. Воячек И.И. Обеспечение коррозионной стойкости резьбовых соединений / И.И. Воячек, Д.В. Кочетков, А.Н. Вантеев, М.А. Косова // Современные научные исследования и инновации. - 2017. - Т.74. - № 6. - С.22.
2. De Oliveira E.M. Study of the effect of mannitol on ZnNi alloy electrodeposition from acid baths and on the morphology, composition, and structure of the deposit / E. M. de Oliveira, I. A. Carlos // Journal of Applied Electrochemistry. – 2009. – V.39. – P. 1849-1856.
3. Tuaweri T. J. Zn-Ni electrodeposition for enhanced corrosion performance/ T. J. Tuaweri, R. Gumus// International Journal of Materials Science and Applications Tolumoye. – 2013. – V.2 (6). – P. 221-227
4. Ченцова Е.В. Влияние состава сульфатно-глицинатного раствора на его физико-химические свойства и формирование сплава цинк-никель // Е.В. Ченцова, А.С. Боц // Актуальные проблемы теории и практики электрохимических процессов: сборник материалов III Международной научной конференции молодых ученых. Том 1. - Саратов: ГАУ ДПО "СОИРО", 2017. - С. 204-207.

Эндопротез тазобедренного сустава, модернизация узла трения

Сёмина Татьяна Юрьевна, студентка 1 курса ББИСТ-11

Андреева Оксана Алексеевна, студентка 1 курса ББИСТ-11

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье раскрывается общее понятие об эндопротезировании. Исследуется эксплуатационные качества кинематических узлов эндопротеза. Осуществляется рассмотрение различных титановых сплавов с целью уменьшения износа полимера.

По данным ВОЗ количество заболеваний и повреждений тазобедренного сустава растет с увеличением продолжительности жизни и общим старением населения. Актуальность проблемы с каждым годом повышается, до сих пор нет единого взгляда на принципы современного оперативного лечения и медикосоциальную реабилитацию этой сложной категории больных, рациональный выбор имплантов, философию построения эндосистем и эндопротезов.

Несмотря на насыщенность рынка эндопротезов, в частности эндопротезов тазобедренного сустава, большое многообразие предлагаемых конструкций, далеко не все из них обеспечивают длительное и безопасное функционирование в организме, что обусловлено в основном неоптимальным выбором материалов и несовершенством технологии производства.

Все виды эндопротезов делятся на три группы по типу закрепления в суставе: имплантаты с цементной, бесцементной и гибридной фиксацией. Элементами бесцементной конструкции являются: головка, опорная ножка, чаша и вкладыш. У цементного протеза аналогичное устройство, но только вертлужный компонент является цельным, т.е. не разделен на чашу и вкладыш. По конструктивному устройству различают однополюсные и двухполюсные эндопротезы. Однополюсные используют для замены головки шейки бедренной кости, двухполюсные – для замены головки и вертлужной впадины тазобедренного сустава.

Контактные области протезов (вкладыш-головка) называют *узлами трения*. Срок службы эндопротеза зависит от износостойкости материалов в зоне соприкосновения. По видам шарнирных пар в области трения присутствуют различные сочетания, рис.1:



Рис. 1. Общий вид головок и вкладышей эндопротеза

Исследуем сочетание металла и полиэтилена. В мировой практике для изготовления головок широко используются сплавы CoCr. Так же употребление сплавов титана в узле

трения ограничено из-за низкой твердости и невозможности качественной полировки поверхности головки, рис.2.

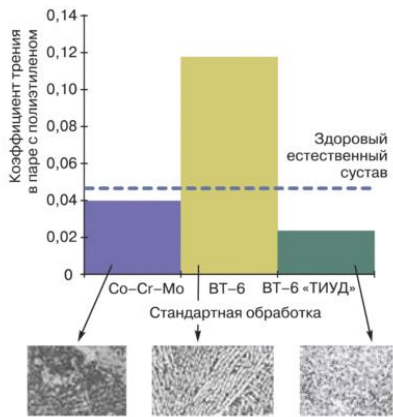


Рис. 2. Соотношение коэффициентов трения CoCrMo (слева) и сплава титана VT-6 с ТВО (справа) в паре с полиэтиленом к сплаву титана VT-6 стандарт (в центре). Структура поверхностей головок (20 мкм)

Таблица 1.Соотношение коэффициентов трения

Co-Cr-Mo	0,04	Соотношение коэффициентов трения	
VT-6	0,12		
VT-6 «ТИУД»	0,03		

Существуют способы упрочнения титана и поверхности головки (термоводородная обработка – ТВО, обработками ионами азота и т.д).

Титановые сплавы обладают прекрасной доказанной биосовместимостью, рис. 3.

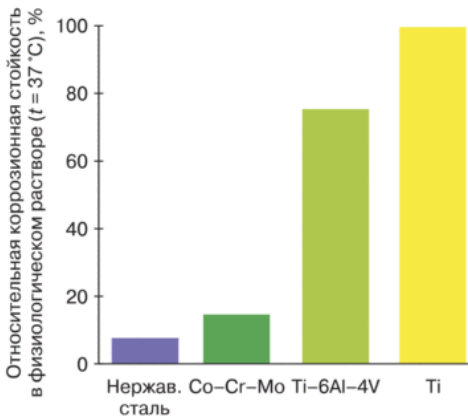


Рис. 3. Уровень биологической совместимости титана и его сплавов (данные многих фирм и лабораторий по всему миру)

Твердость титановых головок с ТВО находится на уровне сплава CoCrMo и составляет величину HRC = 40-42.Коэффициент трения и работоспособность головок из

титана с ТВО в паре с СВМП находится на уровне головки из CoCrMo, рис.4.

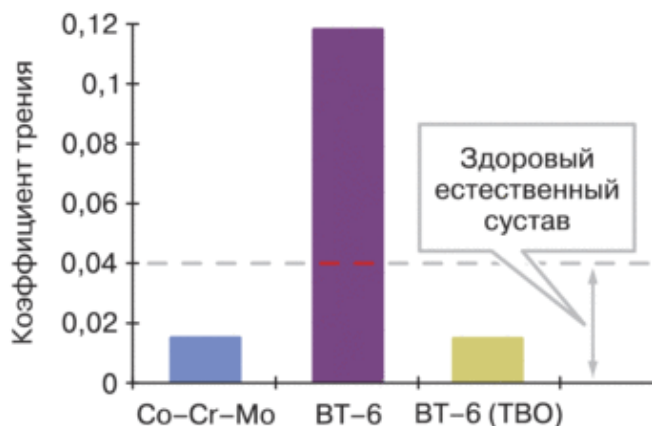


Рис. 4. Коэффициент трения и работоспособность головок из титанового сплава с ТВО и вобальт-хрома в паре с СВМП (данные Имплант-МТ)

Таблица 2. Уровень биологической совместимости титана и его сплавов

Нержавеющая сталь	8
Co-Cr-Mo	18
Ti-6Al-4V	80
Ti	100

Уровень биологической совместимости титана и его сплавов Относительная коррозионная стойкость в физиологическом растворе (t=37°C), % Названия сплавов Уровень совместимости	
--	--

Выводы: знание диапазона эксплуатационных качеств кинематических узлов эндопротеза позволяет сделать обоснованный выбор технологии артропластики на основе изучения адгезионных взаимодействий фрикционных пар, что может быть одним из ключевых факторов увеличения срока службы конструкции. В данный момент широкое клиническое использование титановых сплавов в узле трения пока преждевременно, но уже сейчас предлагаются новые принципы обработки металлов, которые в дальнейшем будут способствовать уменьшению износа полимера.

Литература:

1. Фокин В.А. Пары трения для тотальных эндопротезов тазобедренного сустава и проблема износа // Margo Anterior, № 4, 2000. - С. 1–4.

2. Надеев А. А., Иванников С. В. Эндопротезы тазобедренного сустава в России - М.: Бином, Лаборатория знаний, 2014.- 177 с.
3. Лясникова А.В. Материалы и покрытия в медицинской практике - Саратов: Научная книга, 2011. - 300 с.
4. Лясников В.Н. Биосовместимые материалы и покрытия медицинского назначения: учеб. пособие – М.: Спецкнига, 2015. – 519 с.

УДК 678.026

Усовершенствование конструкции протеза пястно-фалангового сустава пальца

Силкин Максим Витальевич, студент 3 курса БМВТМ-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научный руководитель: Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация: в статье предложено техническое решение, заключающееся в усовершенствовании конструкции протеза, увеличении срока его эксплуатации.

Кобальт хромовые сплавы являются наиболее оптимальным вариантом по параметрам стоимости и биосовместимости. Кобальтовый сплав не токсичен, не вызывают аллергических реакций. К тому же, он обладает высокой прочностью. Сплавы хрома также не представляют опасности. Чем выше содержание хрома, тем устойчивее сплав к коррозии. Поэтому производители стараются максимально увеличить количество хрома, не допуская образования второй хрупкой фазы. Молибден вводят для образования мелкозернистой структуры материала путем создания большего количества центров кристаллизации во время процесса затвердевания. Это имеет дополнительное преимущество, так как молибден вместе с железом дают существенное упрочнение твердого раствора. Тем не менее, зерна имеют довольно большие размеры, хотя их границы очень трудно определить из-за грубой дендритной структуры сплава.

Протез – искусственное приспособление, которое заменяет функцию какого-либо органа.

Протезирование – это индивидуальный процесс для каждого пациента, который учитывает все особенности руки. Силиконовые протезы крепятся к культю руки или стоп при помощи остеointегрируемых фиксаторов. Остеointеграция — это один из видов внедрения имплантата в костную ткань человека.

Специфика протезирования пальцев рук заключается в создании функционального протеза при отсутствии 1-2 фаланг. При полном отсутствии пальца, протез не сможет функционировать как полностью.

Типы материалов для протеза:

1) косметические, пассивного типа. Они изготовлены из силикона, на ощупь и внешне отличить их от настоящего пальца сложно. Закрепляются на культю с использованием вакуума, по типу присоски. Они предназначены для создания внешнего физического вида руки,

2) пассивные функционального типа. Они имплантируются в костяную основу культю. Движение осуществляется за счет тяги к сухожилию мышцы предплечья,

3) активные функционального типа или бионические. Они используются, если ампутирован большой палец. В них обычно имеются электрические микродвигатели и микротяги для приведения пальца в движение. Контроль движения протеза осуществляется при помощи датчиков на культе, а также считывания сигналов мышц. Биоматериалы, которые применяют для протезирования, должны обладать специфическими свойствами, это: биологическая совместимость и коррозионная стойкость. Основными биоматериалами являются нержавеющие стали, титан и его сплавы. Для изготовления современных конструкций протезов сустава лучше всего применять сплав из кобальта и хрома. Кобальт имеет высокие механические свойства, а хром придает сплаву твердость и антикоррозионные свойства. У сплавов кобальта и хрома модуль эластичности почти в 2 раза больше, чем у никелевых сплавов.

Цель работы: усовершенствование конструкции протеза, увеличение срока его эксплуатации, за счет внедрения имплантата в кость стержня.

Ниже представлена модель эндопротеза, рис.1-2.

Исследование НДС проводилось в программе SW16. Эндопротез изготовлен из сплава ВТ6, плотность $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$ с пределом прочности на растяжение 600 МПа. Результаты расчетов приведены на рис. 3-5. Испытания проводились под нагрузкой 3000 Н. В результате исследования выяснилось, что конструкция не испытывала критического напряжения, а деформация практически отсутствовала.



Рис.1. 3д модель протеза

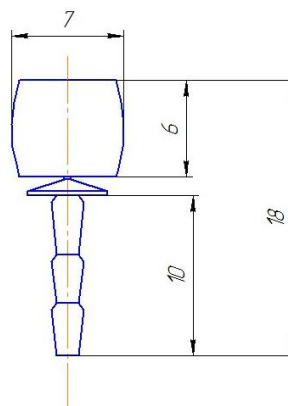


Рис.2. Размеры протеза

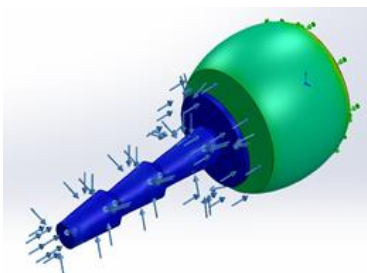


Рис.3. Напряжения Von Mises: $\min 0.206222 \text{ N/m}^2$
 $\max 6.189 \text{ N/m}^2$

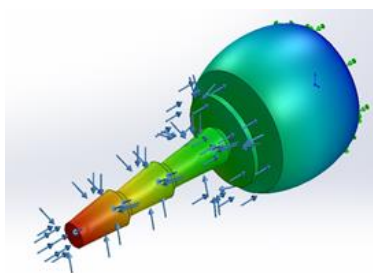


Рис.4. Результирующие перемещения: $\min 0 \text{ mm}$,
 $\max 2.0818 \text{ mm}$

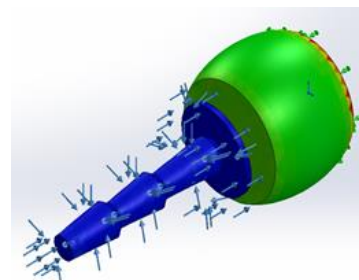


Рис.5. Эквивалентные деформации: $\min 1.83057$, $\max 6.56457$

Предлагаемое решение уменьшает отечность, улучшает циркуляцию крови при выполнении сгибательно-разгибательных движений.

Выводы: предложено техническое решение, заключающееся в усовершенствовании конструкции протеза, увеличении срока его эксплуатации.

Литература:

1. Силиконовые протезы – [электронный ресурс] - <http://www.prosthesis.com.ua/ru/produktsiya/silikonovye-protezy>.
2. Эндопротезирование суставов - [электронный ресурс] - <http://www.orthoscheb.com/technology/endoprotezirovanie-sustavov/>
3. FreePatent – [электронный ресурс] – Патент РФ, 2379006, Искусственные руки или кисти рук, их части, Куббер Ян де (BE), 20.01.2010.
4. Медицинский журнал – [электронный ресурс] – Кош, Р. Хирургия кисти / Р. Кош // Издательство Академии наук Венгрии. – Будапешт, 1996. –С. 186-203.
5. Протезирование конечностей при ампутации – [электронный ресурс] - <http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/ProstheticfingersIsrael/>

УДК 661.865

Исследование растворимости сернокислотного лантана в присутствии сульфата кальция

Синицына И.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»

Игнатенко А.О., студентка направления «Химическая технология»

Паршкова Е.С., студентка направления «Химическая технология»

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

В последнее время большое внимание уделяется комплексному использованию сырья. В апатите Кольского полуострова содержится до 1% редкоземельных элементов (РЗЭ). В фосфатных месторождениях сосредоточены огромные запасы редкоземельных элементов, которые при сернокислотной переработке на 70% переходят в осадок сульфата кальция, являющийся отходом в производстве минеральных удобрений.

Большие запасы редкоземельных элементов в фосфогипсе обуславливают проведение работ по изучению растворимости сернокислотных солей редкоземельных элементов. Представляет интерес изучение растворимости сернокислого лантана в присутствии большого количества сульфата кальция с целью возможного применения подобранного реагента для извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса. Согласно литературным данным водный раствор хлорида аммония является эффективным растворителем окислов редкоземельных элементов. Для выбора оптимальных условий извлечения редкоземельных элементов изучалась растворимость компонентов фосфогипса при варьируемой температуре в растворах хлорида аммония различной концентрации. Так как фосфогипс имеет переменный состав, то с целью получения сопоставимых результатов исследования проводили на синтетическом фосфогипсе с заданным содержанием редкоземельных элементов около 1 %.

Синтетический фосфогипс получали следующим способом. К 20% -ному раствору азотнокислого кальция добавляли азотнокислый лантан из расчета Ca:La = 99:1. К

полученному таким образом раствору добавляли небольшой избыток 20%-ного раствора H_2SO_4 . Образовавшийся осадок оставляли на 5-6 часов, промывали декантацией водой до полной отмывки, отфильтровывали и сушили до постоянной массы.

Определение растворимости сернокислотного лантана проводили в специальном сосуде с механической мешалкой. Сосуд помещали в термостат, в котором устанавливалась температура для изучения растворимости. Температура измерялось ртутным термометром с точностью $\pm 0,05^\circ\text{C}$.

10 г синтетического фосфогипса и 50 мл растворителя перемешивали в течении определенного времени, при температурах 10°C , 20°C и 30°C . После достижения равновесного состояния за 15 минут до отбора проб перемешивание прекращалось. Установлено, что равновесие достигалось после 4 часов термостатирования. Для определения растворимости сульфатов лантана и кальция после 4 часов термостатирования отбирали 4 пробы.

Содержание лантана в растворах определяли спектрофотометрическим методом с реактивом арсеназо III (рис.1).

Содержание CaO определяли трилонометрическим титрованием в присутствии индикатора мурексида (рис.2).

Установлено, что количество извлеченного в водную фазу лантана при увеличении температуры и концентрации хлорида аммония практически не изменяется, а содержание оксида кальция возрастает, поэтому относительная доля лантана уменьшается. Это указывает на слабую зависимость растворимости сернокислотных солей редкоземельных элементов от температуры, а также изоморфизм кристаллов сульфатов редкоземельных элементов и кальция.

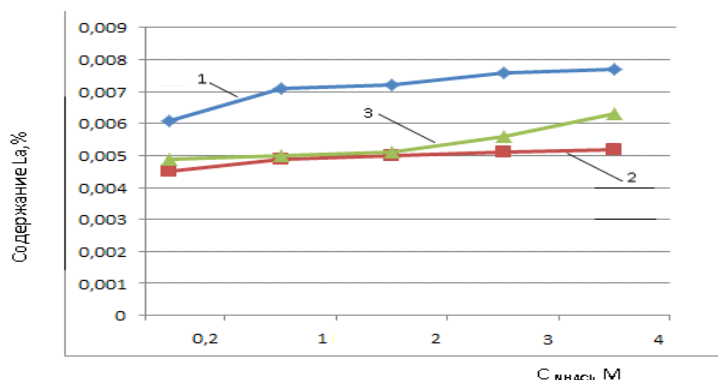


Рис.1 Влияние концентрации NH_4Cl и температуры на растворимость сульфата лантана: 1- 10°C , 2- 20°C , 3- 30°C

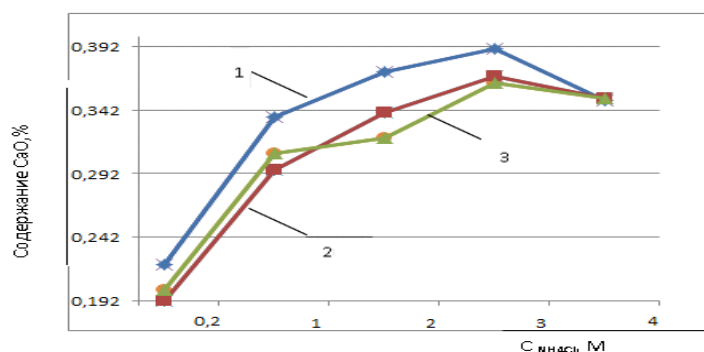


Рис.2 Влияние концентрации NH_4Cl и температуры на растворимость сульфата кальция: 1- 10°C , 2- 20°C , 3- 30°C

Производство маслостойкой резиновой смеси

Синицына И.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»

Филипова В.В., студентка направления «Химическая технология»

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

Маслостойкую резиновую смесь изготавливают для работы в агрессивных средах. Данная резиновая смесь не подвергается разрушению под действием масла и других компонентов.

В большинстве случаев маслостойкую резиновую смесь изготавливают на основе синтетического бутадиен-нитрильного каучука БНКС-40АМН. Он предназначен для производства резинотехнических изделий, работающих в повышенных маслостойких условиях. Каучуки БНКС-40АМН очень эластичны и хорошо противостоят любым физическим воздействиям, в особенности высоким температурам и старению.

Вспомогательными компонентами маслостойкой резиновой смеси являются данные ингредиенты, которые играют важную роль в структуре и составе смеси. Этими компонентами являются наполнители, пластификаторы, и ускорители вулканизации.

Известными наполнителями в данной смеси, с которыми хорошо сочетается каучук является сажа БС-100 и технический углерод П-514.

Пластификаторами, выступают такие компоненты как стеариновая кислота, белила цинковые, ацетон анил, диафен ФП, церезин.

Главную вулканизирующую группу, наполняют такие ингредиенты как сера, альтакс, сульфенамид Ц.

Для производства маслостойкой резиновой смеси используют следующее оборудование:

На первой стадии используют резиносмеситель РС-250. Он предназначен для изготовления резиновой смеси, в них реализуется процесс смешения каучука с наполнителями, пластификаторами и вулканизирующей группой. Процесс смешения происходит при температуре не более 95⁰ С, и времени смешения 8 минут, максимальная загрузка смесителя не более 200 кг.

На второй стадии для предварительного перемешивания и хорошего смешения компонентов используют подогревательные вальцы. На этой стадии резиновая смесь подвергается равномерному разогреву, это обуславливается многократным пропусканием её через зазор валков с последующим подрезанием резиновой смеси валков ножом. Максимальная загрузка вальцов 110 кг. Разогретая резиновая смесь в виде "кукол" подается на прецизионный предформователь "Барвелл".

Третьей стадией изготовления является рубка резиновых заготовок на предформователе "Барвелл".

Разогретая на вальцах СМ2300 маслостойкая резиновая смесь в виде "кукол" запрессовывается в загрузочную камеру "Барвелла". В "Барвелле" резиновая смесь подвергается сжатию и затем выдавливается в виде различных заготовок, установленных

профилей, т.е. проходят через фильеру. Температура на выходе заготовок не более 80⁰С. Температура предформователя "Барвелл" 65⁰ С, а скорость резки ножа устанавливается в зависимости от массы заготовок. После изготовления заготовок их охлаждают в ванне при температуре 10-15⁰ С.

На завершающей стадии заготовки резиновой смеси отправляют на участок вулканизации, где происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную сетку. Тем самым повышаются прочностные характеристики резиновой смеси, его твёрдость и эластичность, снижаются пластические свойства, степень набухания и растворимость в органических растворителях.

Широкое применение резиновой смеси имеет в производстве резинотехнических изделий в отрасли машиностроения, а также в нефтяной промышленности.

УДК 678.7

Резина на основе хлоропренового каучука

¹Филипова Виктория Владимировна, студентка 4 курса направления

«Химическая технология»

²Синицына Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Физика и естественнонаучные дисциплины»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ

В резинотехнической промышленности хлоропреновые каучуки используются в производстве транспортных лент, прорезиненных прокладок, и для производства различных видов автодеталей. В работе рассмотрен рецепт резины на основе каучука марки Байпрен.

В промышленной отрасли существует большое количество разновидностей хлоропреновых каучуков. Это скайпрены, шопрены, хлоропреновые каучики CR, денка-хлоропрены, байпрены, неопрены, наириты.

Процесс изготовления хлоропренового каучука происходит в результате радикальной гомо-или сополимеризации хлоропрена в водных растворах.

Положительные аспекты хлоропреновых каучуков в том, что они сочетают в себе высокую стойкость к воздействиям окружающей среды с высоким показателем прочности, средней теплостойкостью и низкой скоростью кристаллизации. Хлоропреновые каучуки не в чем, не уступают натуральному каучуку, так как они не подвергаются воздействию масел и жиров, лучей солнца, огня, озона.

Хлоропреновый каучук нашел применение в следующих отраслях, таких как резинотехническая, кабельная и строительная промышленность. В резинотехнической промышленности хлоропреновые каучуки используются в производстве транспортных лент, прорезиненных прокладок, и для производства различных видов автодеталей. Например, для производства, чехлов привода автомобилей марки ВАЗ.

В работе рассмотрен рецепт резины на основе каучука марки Байпрен.

Из-за того что некоторые детали автомобилей имеют конструкционную особенность и жесткие условия эксплуатации, применяют особый рецепт резиновой смеси, со следующим составом:

- Байпрен 110 - 100 кг
- Маргарин- 6 кг
- Воск ЯВ-1 - 1, 3 кг
- Стеариновая кислота-1,5 кг
- Белая сажа БС-100 - 4,5 кг
- Технический углерод П-324 - 43 кг
- Цинковые белила БЦОМ- 0,5 кг
- Ацетонанил Р- 1,8 кг
- Диафен ФП- 1,8 кг

Вулканизирующая группа:

- Сера - 2,4 кг
- Альтакс (MBTS) - 1,5 кг

В результате смешения получают резину с показателями:

- Твердость по ШОР А, 60 ± 5 усл. ед.
- Эластичность по отскоку - 40 %
- Плотность - $1,200 \pm 0,015$ г/см³
- Предел прочности при разрыве - 200 %

Важнейшим недостатком резиновой смеси является не большой срок хранения, в интервале от 3-х до 7 дней, при определенной температуре. В следствие резина теряет все свои физические свойства и становится не пригодна для дальнейшего использования в производстве.

УДК 678.026

Определение краевого угла смачивания и открытой пористости пассивных слоев на стали 40Х

Шаронов Павел Александрович, студент 3 курса бМВТМ-31

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

Научные руководители: Гоц И.Ю., Пичхидзе С.Я.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов

Сталь 40Х является конструкционной углеродистой легированной сталью. После закалки и соответствующего отпуска сталь 40Х приобретает высокую прочность при одновременном сохранении достаточной пластичности, позволяющей применять её при производстве валов-шестерен первой ступени редукторов типа РМ. В данной стали есть особенность – это трудная свариваемость. В связи с этим сталь 40Х в процессе сварки подвергается нагреву до 300°С, а после нее – термической обработке. Кроме этой особенности, имеется склонность к отпускной способности, а еще флокеночувствительность. Сталь 40Х применяется в медицине в виде хирургических скальпелей, ножниц и т.д. Окончательной технологической операцией является химическая пассивация в кислотных растворах. Оксидирование металлов в промышленных масштабах осуществляют не только для их противокоррозионной защиты, но и для придания электроизоляционных свойств.

Целью данной работы являлось исследование влияния длительности процесса пассивации и состава раствора на величину краевого угла смачивания и открытую пористость сформированных оксидных пленок.

В качестве электролитов пассивации стали были выбраны составы [1] согласно ГОСТ 9.305-84, табл.1.

Таблица 1

Составы растворов и режимы обработки стали

№ электролита	Состав раствора		Режимы обработки	
	Наименование компонентов	Количество, г/дм ²	Температура, °С	Продолжительность, мин.
1	2	3	4	5
1	Кислота азотная HNO ₃	280-500	45-55	15-40
2	Кислота азотная и калия бихромат (технический)	180-220 20-25		15-40

Исследование кинетики и механизма пассивации стали проводили в течение 15...40 мин. с шагом 5 мин. при температуре 60 °С. Перед погружением в электролиты образцы подвергались обезжириванию в органическом растворителе, а затем помещались в различные электролиты пассивации [2-3].

Открытую пористость сформированных оксидных слоев на стали 40Х определяли с помощью металлографического микроскопа АГПМ-6М с компьютерной обработкой в программе «Металлограф» по аналогии [4].

Смачиваемость проводилась методом сидячей капли (метод Зисмана) ГОСТ 7934.2-74 [5]. Результаты экспериментов по смачиваемости на образцах стали 40 Х представлены на рис.1-5, а также в табл.2. В качестве смачивающей жидкости использовали дистиллированную воду.

Для исследования смачиваемости были взяты три вида образца:

1 - чистый металл (не подвергавшийся пассивации);

2 – образец, подвергшиеся пассивации в 1-ом электролите, при t=15; 20; 25; 30; 40 мин;

3 – образец, подвергшиеся пассивации в 2-ом электролите, при t=15; 20; 25; 30; 40 мин.



Рис.1. Образец, не подвергавшийся пассивации, угол смачивания $\Theta = 56^\circ$

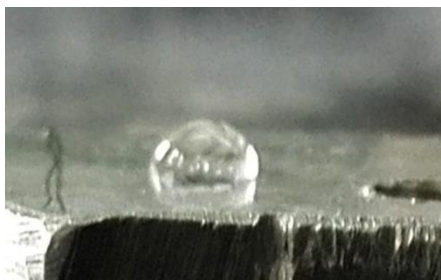


Рис.2. Образец, подвергавшийся пассивации в растворе электролита 1 ($t=15$ мин. $\Theta = 117^\circ$)



Рис.3. Образец, подвергавшийся пассивации в растворе электролита 2 ($t=15$ мин. $\Theta = 100^\circ$)

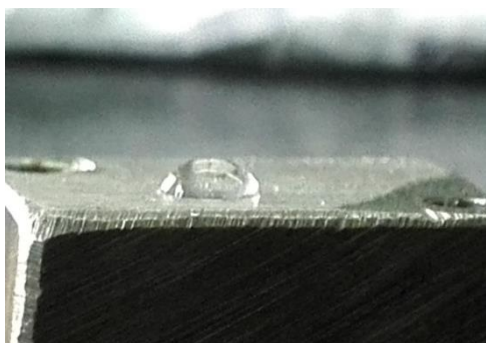


Рис.4. Образец, подвергавшийся пассивации в растворе электролита 1 ($t=40$ мин. $\Theta=101^\circ$)



Рис.5. Образец, подвергавшийся пассивации в растворе электролита 2 ($t=40$ мин. $\Theta=95^\circ$)

Таблица 2

Результаты исследования влияние длительности химической пассивации стали 40Х в растворах электролита №1 и №2

№ электролита	№ образца	t, мин	Δm , мг/см ²	Θ , град	П, %
	эталон	0	0	56	40
1	1	15	2,366	117	32
	2	20	3,0589	115	30
	3	25	3,6986	105	29
	4	30	4,1411	100	28
	5	40	4,8583	101	27
2	6	15	0,0321	100	35
	7	20	0,0512	111	33
	8	25	0,0689	105	31
	9	30	0,0774	99	30
	10	40	0,1272	95	29

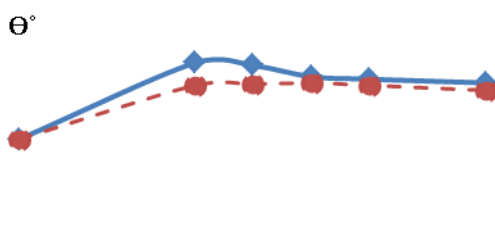


Рис.6. График зависимости угла смачивания от времени
1 – электролит №1; 2 – электролит №2

Согласно рис.6 и табл.1 с увеличением длительности процесса возрастает привес и

толщина полученных оксидных слоев. Это приводит к увеличению краевого угла смачивания и снижению открытой пористости. В электролите № 1 краевой угол смачивания начинает уменьшаться через 15 минут пассивации, а в электролите № 2 - к 20 минутам. Все значения краевого угла смачивания для электролитов №1 и №2, кроме эталона, после пассивации больше 90° , что указывает на лиофобность полученной оксидной пленки, обладающей водоотталкивающими свойствами. Согласно табл.2 снижение пористости приводит к незначительному снижению краевого угла смачивания, что связано с изменением морфологической структуры оксидной пленки.

Выводы: исследовано влияние длительности процесса пассивации и состава раствора на величину краевого угла смачивания и открытую пористость сформированных оксидных пленок на стали 40Х. Показано, что краевой угол смачивания и пористость уменьшаются пропорционально времени пассивации.

Литература:

1. ГОСТ 9.305-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.
2. Федоров Ю.С. Определение твердости материалов / Методические указания к учебно-исследовательской лабораторной работе для студентов всех специальностей дневной, вечерней и заочной форм обучения / Саратов: СГТУ, 2009. - 13 с.
3. Влияние режимов оксидирования на кинетику формирования оксидированных покрытий / Д.В. Леонов, Я.А. Балановский, С.С. Иванов и др. // Сборник материалов VI Международной научной конференции для молодых ученых. Саратов: СГТУ, 2017. - С. 169-171.
4. Повышение прочностных характеристик медицинских сталей формированием мономерных пассивных слоев стали 40Х Я.А. Балановский, П. Шаронов, Гоц И.Ю. // Сборник материалов VI Международной научной конференции для молодых ученых. Саратов: СГТУ, 2017. - С. 171-174.
5. ГОСТ 7934.2-74. Масла часовые. Метод определения краевого угла смачивания.