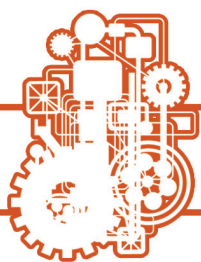


МОЛОДОЙ
Учёный



V Международная научная конференция

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Казань

УДК 62(01)
ББК 30
С56

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия сборника:

М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, Т. К. Абдрасилов, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев, М. А. Игнатова, К. К. Калдыбай, А. А. Кенесов, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, В. М. Кузьмина, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Т. В. Матроскина, Е. В. Матвиенко, М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Б. Ж. Паридинова, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова

Руководитель редакционного отдела: *Г. А. Кайнова*

Ответственные редакторы: *Е. И. Осянина, Л. Н. Вейса*

Международный редакционный совет:

З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), К. М. Ахмеденов (Казахстан), Б. Б. Бидова (Россия), В. В. Борисов (Украина), Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан), А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан), Н. С. Игисинов (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева (Россия), Е. П. Колпак (Россия), К. И. Курпаяниди (Узбекистан), В. А. Куташов (Россия), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев (Россия), М. А. Прокофьева (Казахстан), Р. Ю. Рахматуллин (Россия), М. Б. Ребезов (Россия), Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан), А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан), З. Н. Шуклина (Россия)

Современные тенденции технических наук: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). — Казань : Издательство «Бук», 2017. — iv, 86 с.

ISBN 978-5-906873-99-6

В сборнике представлены материалы V Международной научной конференции «Современные тенденции технических наук».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)
ББК 30

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Дроздова И.И., Жилин В.В.

Кибербезопасность беспилотных летательных аппаратов 1

Дупленко А.Г.

Анализ состава угроз для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» 3

Жилин В.В., Дроздова И.И.

Биометрические системы аутентификации 5

Жилин В.В., Дроздова И.И.

Сравнительный анализ современных криптосистем, основанных на модификациях сети Фейстеля 8

Якуничева Е.Н., Новикова Л.Е., Липень Я.С.

Визуальные технологии с интерактивной функцией 11

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Burtseva E.K., Kirillina E.V.

Methods of synthesis of nanoparticles (NPS) of silver to synthesis graphene oxide (OG) 14

АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Остроух А.В.

Концепция пользовательского интерфейса для интерактивной сенсорной панели управления мобильной роторной дробилкой 17

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Горюнов С.С., Рогов И.Е.

Свеча зажигания как основная часть системы зажигания двигателя внутреннего сгорания 21

ЭНЕРГЕТИКА

Ахметов И.И., Петров П.В.

Гидравлическая система ветрогенератора для регулирования частоты вращения генераторного вала 26

Горюнов С.С.

Системы оперативного постоянного тока для ПС 110–220 кВ 29

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Шаранова Д.А.

Бесконтактное выявление и оценка глубины питинговых коррозионных повреждений стенок металлических изделий магнитным методом 35

СТРОИТЕЛЬСТВО

Фетисова М.А.

Решение задач строительной механики по определению максимального прогиба и основной частоты колебаний треугольных пластинок с помощью МИКФ 40

ТРАНСПОРТ

Исаев И.А.

Разработка автоматизированной системы массогабаритного контроля большегрузных автомобильных транспортных средств 46

Тюфанова А.А.

Анализ существующих алгоритмов перевода функции алгебры логики в вероятностную функцию при расчете эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов. . . . 49

ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Москвин А.Ю., Дубова Е.А.

Проектирование одежды на основе средневекового костюма: анализ информационного и методического обеспечения 54

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Углов В.А., Бородай Е.В., Аксёнов В.В.

Производство сахаристых продуктов из крахмала (патентный поиск) 57

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Снегирев О.Ю.

Термостабилизация процесса микродугового оксидирования 60

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Гасанов И.Р.

К вопросу о влиянии начального градиента и инерционных сил на фильтрацию нефти в пористой среде 64

Герасименко И.В.

Общая характеристика биотехнической системы «доильная машина – испытательное оборудование – животное» 67

Котлярова В.В., Дулоглу Т.А.

Пути повышения энергоэффективности имеющегося жилищного фонда в Российской Федерации в контексте эколого-экономической безопасности 70

САПР И ГРАФИКА

Минченко Л.В., Кандратова Т.А.

Системы автоматического проектирования в судостроении 73

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Лемешко М.А., Романов П.В.

Использование эффекта Зеебека для увеличения интенсивности охлаждения конденсатора малой холодильной машины 76

Султанов И.Р., Аманбаева Д.А.

Актуальные вопросы эффективного газового автомобильного топлива 80

Филатова С.Н., Баканин Д.В., Гаджиева А.А., Ростовцев Н.С.

Разработка технологии брикетирования отходов полимерных материалов воздействием высокочастотного излучения 82

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Кибербезопасность беспилотных летательных аппаратов

Дроздова Ирина Игоревна, студент;

Жилин Виктор Владимирович, студент

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — летательный аппарат без экипажа на борту. Существует множество разновидностей БПЛА или от полностью автоматических до дистанционно управляемых, также эти аппараты можно классифицировать по назначению, мощности, конструкции и множеству других параметров. Подача команд на БПЛА может осуществляться двумя способами: эпизодически или же непрерывно. В случае второго вида управления БПЛА называют дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом (ДПЛА).

Основным положительным фактором создания данного вида устройств является низкая стоимость производства, обслуживания и эксплуатации относительно стандартного боевого истребителя. Согласно статистике, производство одного БПЛА стоит около 6 млн долларов США, в то время как стоимость пилотируемого истребителя составляет 100 млн долларов США.

К недостаткам же относится возможность перехвата и замены информации передаваемой на летательный аппарат. Этот вопрос стоит особенно остро в военной структуре, когда речь идёт о пилотировании БПЛА в условиях боевых действий.

Стоит отметить, что беспилотные летательные аппараты находят своё применение не только в сфере государственного вооружения, но и в других сферах. На сегодняшний момент более 70 стран выпускается данные аппараты для различных отраслей деятельности таких как полиция, охрана окружающей среды, для компаний, занимающихся ликвидацией стихийных бедствий, нефтегазовых или сельскохозяйственных комплексов.

Множество крупнейших стран ежегодно использует БПЛА для выполнения различных задач. Так, например, за 2014 год ВС США использовало около 10000 малых беспилотных аппаратов и около 1000 средних и тяжёлых БПЛА. Также США с 1 февраля 2016 года запустило в разработку проект беспилотного воздушного танкера палубного базирования. Однако Россия не отстаёт от США в гонке вооружения. Так в 2014 году был сформирован первый отряд БПЛА «Форпост» на тихоокеанском флоте, запущен в разработку проект тяжёлого ударного БПЛА взлётной массой от 10 до 20 тонн. Также активно разрабатывают данные аппараты такие страны как Китай и Израиль.

Помимо небольшой стоимости производства к достоинствам БПЛА стоит отнести факт безопасной разведки и выполнения заданий военного назначения. Использование данных летательных аппаратов позволяет сократить число человеческих жертв в воздушных боях. Также данные аппараты позволяют доставлять информацию или грузы на дальние расстояния исключая фактор человеческой ошибки в экстренных ситуациях. Известно, что причиной потерь воздушных судов примерно в 70% случаев является человеческий фактор.

Задачами оператора управляющего БПЛА с земли являются:

- планирование и подготовка полетного задания;
- оперативное перепланирование полетного задания;
- отображение целевой, телеметрической и навигационной информации;
- формирование команд управления полетом БЛА;
- формирование команд управления целевой нагрузкой БЛА;
- формирование команд управления режимами работы комплекса БРЭО (в том числе аппаратуры радиосвязи).

Однако множество важнейших аспектов берёт на себя бортовое радиоэлектронное оборудование (БРЭО). Оно выполняет следующие функции:

- подготовка к вылету;
- навигация;
- управление БПЛА на всех этапах полета;
- обеспечение радиосвязи;
- обеспечение групповых действий БПЛА и взаимодействия, при необходимости, с пилотируемыми летательными аппаратами;
- управление целевой нагрузкой;
- обеспечение применения по предназначению;
- контроль и диагностика бортового оборудования.

Целью злоумышленников является именно БРЭО, если нарушить работу хотя бы одной из важнейших функций, то практически со 100% вероятностью устройство выйдет из строя и цель полёта не будет достигнута. Однако, вывод из строя не всегда является причиной взлома беспилотного устройства. Если стоит цель уничтожения данного объекта, то существуют и более простые, а самое главное быстрые и действенные методы решения данной задачи.

Зачастую взлом производится с целью перехвата или подмены информации, передаваемой с помощью БПЛА.

Современное программное обеспечение позволяет минимизировать риск внутренней ошибки, повысить уровень автономности и гарантируется чёткое выполнение поставленной задачи. Однако, у БРЭО БПЛА существуют уязвимые места и факторы оказывающие пагубное влияние на систему, рассмотрим некоторые из них:

- разрушающие радиоэлектронные воздействия на информационно-управляющую систему;
- несанкционированный доступ к основным узлам на программном уровне и, как следствие, нарушение технологических циклов работы;
- нарушение (срыв) управления из-за деструктивного воздействия вредоносного программного обеспечения (ПО);
- человеческий фактор (свободный доступ к элементам БРЭО, ошибки программистов);
- использование штатных операционных систем и аппаратных средств с имеющимися недеklarированными возможностями.

Но самым слабым местом любого БПЛА является канал связи. Любые сигналы и команды, посылаемые GPS навигатором можно перехватывать, глушить и подменять. Для управления устройствами такого рода требуются каналы высокой пропускной способности, которые особенно трудно реализовать для спутниковой связи.

Атаки на БПЛА через уязвимость в канале связи можно разделить на несколько категорий:

- Усиление или создание помех, запуск в систему стороннего вредоносного ПО. Переговоры на частотах, используемых БПЛА значительно ухудшают или вовсе разрывают связь с его оператором. Эти два фактора в совокупности позволяют вывести из строя устройство, заглушив канал связи и внедрив стороннее ПО можно взять под контроль БПЛА;
- Перехват трафика. Заключается в использовании спутниковой антенны, ТВ-тюнера и программы типа skygrabber, чтобы перехватить частоты БПЛА;
- Имитация и подмена сигналов GPS. Портативные GPS передатчики могут посылать более мощные ложные сигналы и нарушить систему навигации БПЛА.

Всего зафиксировано 10 реальных случаев взлома беспилотных летательных аппаратов, необходимо отметить что в статистику включены не только устройства военного назначения, но и гражданские БПЛА. Рассмотрим некоторые из них.

Впервые была утеряна информация с устройства в 2008 году в Ираке. В плен был взят солдат армии США и на его ноутбуке находились данные полученные с американских БПЛА. Летом 2009 года у иракских повстанцев были обнаружены компьютеры с несколькими часами видеозаписей с беспилотных устройств марки Predator unmanned aircraft принадлежавших вооружённым силам США. Как сообщалось, для получения данных повстанцы использовали незащищённые каналы передачи данных

на БПЛА, а также стороннее программное обеспечение такое как SkyGrabber, которое можно купить через интернет всего за 25,95 доллара.

Ещё одним зафиксированным случаем является взлом персидскими специалистами в Иране ещё одного беспилотного летательного устройства принадлежащего армии Соединённых Штатов Америки марки RQ-170 Sentinel. В Иранском пресс-релизе от 2011 года сообщалось что их специалистам удалось успешно перехватить информацию с данного БПЛА используя GPS-спуфинг. Отметим что спуфинг — это замена GPS сигнала более мощным. Такой способ взлома может быть применён только в случае если система использует гражданский, незашифрованный канал передачи данных. Также фигурировала информация о том, что взлом был осуществлён с помощью стороннего оборудования через перехват GPS сигнала и замену его на вражеский. После подмены сигнала БПЛА ориентируясь на глобальную систему навигации начал возвращение домой. Родной станцией аппарата считал иранский аэродром и потому совершил там посадку. Этот случай чётко и ясно даёт понять, что при необходимости могут быть совершены и более серьёзные боевые действия.

Однако злоумышленник может действовать на различных этапах жизненного цикла БПЛА. Могут быть внесены фатальные ошибки в программный код, конструкцию аппарата, при транспортировке также могут быть нанесены существенные повреждения. Если в БРЭО БПЛА будет загружено вредоносное программное обеспечение, то у злоумышленника появится практически неограниченный доступ к возможностям подконтрольного устройства, от передачи информации хранящейся или передаваемой с помощью БПЛА до перехвата или уничтожения летательного аппарата. Есть возможность «бомбы замедленного действия», например, через определённый промежуток времени может сработать скрытая часть программного кода и устройство не сможет завершить своё задание по тем или иным причинам. Определим некоторые из возможностей пагубного воздействия злоумышленника на систему БПЛА:

- создание или усиление помех;
- создание различного рода перегрузок;
- отправка разрушающих сигналов и пакетов (данных неправильного формата, которые могут привести к сбою работы устройства в составе БРЭО);
- подмена навигационных данных;
- подмена управляющей информации.

Это далеко не полный перечень возможностей влияния на БПЛО и БРЭО в целом, однако рассмотрим подробнее основные из них.

Как отмечалось ранее злоумышленник может внедрить вредоносное программное обеспечение и относительно секретно воздействовать на устройство. Также большая доля угроз приходится на незашифрованный канал передачи данных, а именно такие каналы зачастую и используются при обмене данными между оператором и устрой-

ством. Как видно из рассмотренных выше примеров взлома БПЛА практически все они произошли из-за уязвимости этого канала.

Как видно из ситуации, произошедшей в Иране перехват трафика также является достаточно серьёзной брешью в системе безопасности БПЛА. Полный захват устройства злоумышленниками может нести за собой колоссальные проблемы.

Подведём итог рассмотренного материала, на данном этапе развития техники БПЛА являются достаточно уязвимыми объектами. Учитывая факт того, что данный вид летательных аппаратов стремительно набирает свою популярность в различных сферах жизни человека вопрос

о безопасности передаваемых данных между устройством и оператором стоит как никогда остро.

Очевидно, что ахиллесовой пятой беспилотных летательных аппаратов является канал передачи данных и система GPS-навигации. Использование зашифрованного канала достаточно дорогостоящая и трудоёмкая задача, потому не целесообразно использовать данное решение. Стоит рассмотреть возможность внедрения дополнительного ПО проводящего аутентификацию оператора и сигнала при каждом сеансе связи. Существует достаточное количество алгоритмов аутентификации стойких к различным типам атак. Это всего один возможный вариант из множества доступных усилений безопасности БПЛА.

Литература:

1. Беспилотные летательные аппараты: справочное пособие / под общ. ред. С. А. Попова. — Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015. — 619 с.
2. Жуков И. Актуальные вопросы обеспечения кибербезопасности беспилотных летательных аппаратов // Радиоэлектронные технологии. — 2016. — № 1. — С. 56–60.
3. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красилыщикова и Г. Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с.

Анализ состава угроз для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город»

Дупленко Александр Геннадьевич, студент

Научный руководитель: Алешников Сергей Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (г. Калининград)

В статье представлены результаты анализа угроз для информационной безопасности в системах типа «Умный город». Состав угроз предложено классифицировать по их потенциальным носителям (разработчики информационного обеспечения, обслуживающий персонал, пользователи и злоумышленники), а также по направлениям (угрозы сбоя функционирования системы вследствие программных ошибок, внешних проблем с оборудованием, проблем с данными и нарушения информационного обмена).

Ключевые слова: информационная безопасность, криптографическая защита, угроза информационной безопасности, умный город

Одной из тенденций развития человеческого общества в последние десятилетия является стремительный рост городского населения. По некоторым оценкам, прирост населения городов в мире в совокупности за последние десять лет составил около 40 процентов [1, с. 10]. В до-революционной России в 1913 г. на долю городских жителей приходилось лишь 18 процентов, в 1985 г. — 72,4 процента. К началу 2016 г. доля городского населения в России выросла до 74,1 процента (рис. 1).

Значительный прирост городского населения имеет целый ряд негативных последствий, одним из наиболее опасных среди которых является повышенная нагрузка на службы, обеспечивающие функционирование городской инфраструктуры. Во многих странах наблюдается значительное отставание технических и технологических харак-

теристик всех инфраструктурных служб от требований, которые предъявляет все более интенсивное их использование. Не являются исключением и российские города.

Одновременно в мире все более активно развиваются технологии, позволяющие добиваться эффекта «умного» дома, района или даже города. Данные высокоорганизованные системы так и называют — «Умный дом», «Умный город» и т.п. Их задачей является повышение эффективности систем энерго-, водо- и теплоснабжения, водоотведения и пр., обеспечение безопасности и комфорта. К настоящему времени в мире насчитывается, по некоторым оценкам, около 140 проектов «Умного города» разной степени завершенности. Большинство из данных проектов сконцентрированы в Северной Америке и Западной Европе [3].

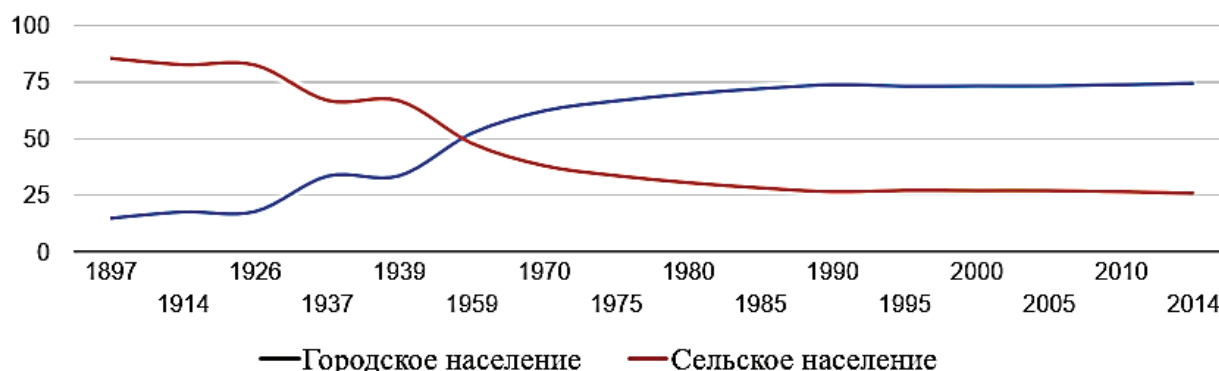


Рис. 1. Соотношение городского и сельского населения России [2]

Конкретные решения «умных технологий» уже находят эффективное применение в самостоятельных градостроительных проектах. Однако пока они не интегрированы в общий план строительства. Поэтому в масштабах города такие проекты решают чаще всего второстепенные функции, а их внедрение сопряжено с лишними затратами [4].

Поскольку высокоорганизованные системы типа «Умный город» связаны с объектами жизнеобеспечения населения, их умышленные либо неумышленные сбои и повреждения могут представлять серьезную угрозу. Этим объясняется высокий интерес к исследованиям по обеспечению информационной безопасности данных систем.

Под угрозами информационной безопасности многие специалисты понимают потенциальную возможность нарушения доступности, целостности и конфиденциальности информации. При этом угроза может быть реализована исполнителем, процессом или стихией [5, с. 3]. Применительно к системе «Умный город» самую большую опасность представляет несанкционированный доступ вследствие нарушения ее доступности, результатом чего могут быть сбои функционирования с последующим выводом из строя систем жизнеобеспечения.

Не такую большую физическую, но не меньшую для успешности реализации проекта «умного города» опасность представляет угроза несанкционированного доступа к данным, которые централизованные системы получают от отдельных пользователей. Практически все создаваемые «умные» системы связаны с данными, предоставляемыми индивидуальными гражданами, «умный город» предоставляет им бесплатные средства коммуникаций и возможность обмениваться своими данными. По оценке экспертов, в 2016 г. суммарно «умные» города насчитывают около 1,6 млрд подключенных устройств, рост по сравнению с 2015 годом составляет 39 процентов [4]. Но если жители города не будут уверены в защите своих персональных данных, они будут отказываться от использования «умных технологий», а это сделает невозможным функционирование «умного города». Таким образом, для

создания высокоорганизованных систем типа «Умный город» необходимо обеспечить соблюдение строгих стандартов, касающихся защиты персональных данных. Жители города должны быть уверены, что их данные будут использоваться только по назначению, а взаимный обмен безопасен и гарантирует достоверность передаваемой информации. Возникает проблема оценки удовлетворенности пользователей «умных технологий» оказываемыми им информационными услугами, выявления их предпочтений и обеспечения лояльности [6, с. 3].

Состав угроз для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» мы бы предложили классифицировать по их потенциальным носителям (разработчики информационного обеспечения, обслуживающий персонал, пользователи и злоумышленники), а также по направлениям угрозы — угрозы сбоя функционирования системы вследствие программных ошибок, внешних проблем с оборудованием, проблем с данными и нарушения информации обмена. В общем виде их можно соотнести следующим образом (таблица 1).

Потенциальными носителями угрозы сбоя функционирования системы «Умный город» вследствие *ошибок в программном обеспечении* являются его разработчики.

К угрозам сбоя функционирования системы вследствие *внешних проблем с оборудованием* можно отнести хищение оборудования обслуживающим персоналом или злоумышленниками; неумышленный или умышленный вывод из строя (уничтожение) оборудования, а также носителей данных.

К угрозам сбоя функционирования системы вследствие *проблем с данными* относятся порча данных, их модификация при разрешенном доступе (обслуживающий персонал) как умышленные, так и неумышленные, ошибки ввода, искажение данных и ввод ложной информации при несанкционированном доступе и т.п.

К угрозам сбоя функционирования системы вследствие *нарушения информационного обмена* можно отнести блокирование (установка помех, закладок) ТС, каналов связи, проходов, задержку передачи информации (замед-

Таблица 1

Состав угроз для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город»

Причина угрозы сбоя системы	Разработчики ПО	Обслуживающий персонал	Пользователи	Злоумышленники
Программные ошибки	+			
Проблемы с оборудованием		+++	+	+++
Проблемы с данными		++++	+	++
Информационный обмен	+	++	+	+++

ление, выставление доп. требований, пауза...); выход системы из штатного режима эксплуатации в силу случайных или преднамеренных действий обслуживающего персонала, пользователей, злоумышленников (превышение расчетного числа запросов, чрезмерный объем обрабатываемой информации и т.п.).

Соответственно, в качестве направлений снижения угроз информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» можно предложить следующие.

Во-первых, анализ и тестирование предлагаемого к использованию программного обеспечения с целью проверки обеспечения защиты от специфических угроз для систем подобного типа.

Во-вторых, обеспечение контроля за действиями обслуживающего персонала систем «Умный город», ко-

торый должен включать разделение режимов доступа, сохранение информации о произведенных операциях, введенных, скаченных и переданных данных, автоматическую блокировку команд, которые создают опасность сбоя функционирования отдельного оборудования или всей системы и т.д.

В-третьих, обеспечение контроля за действиями пользователей системы «Умный город» с целью предотвращения возможных проблем с функционированием оборудования, данными и информационным обменом.

В-четвертых, предотвращение несанкционированного доступа к оборудованию, базам данных, каналам связи системы «Умный город», что должно включать в себя целый комплекс мер. Одним из важнейших направлений при этом являются криптографические методы защиты информации.

Литература:

1. Владимирова Т. А., Соколов В. Г., Соколов С. А. Надежность функционирования и развития экономических систем с высоким технологическим укладом // Сибирская финансовая школа. 2015. — № 6 (113). — С. 7–12.
2. Официальная статистика. Население // Федеральная служба государственной статистики, 2017. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/ (дата обращения: 21.02.2017)
3. Дрожжинова В. А. Умные города: потенциал и перспективы развития в регионах России // Сайт НИУ «Высшая школа экономики». 2016. URL: <https://irsup.hse.ru/news/120291071.html> (дата обращения: 21.02.2017).
4. Новиков И. Интернет вещей и «умные» города: рекомендации экспертов / Сайт «PCWeek». 27.07.2016. URL: <https://www.pcweek.ru/iot/article/detail.php?ID=186989> (дата обращения: 21.02.2017).
5. Курчеева Г. И., Денисов В. В. Угрозы для информационной безопасности в высокоорганизованных системах типа «Умный город» // Интернет-журнал «Наукоедение» Том 8, № 3 (2016). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/146EVN316.pdf> (дата обращения: 11.10.2016).
6. Дупленко Н. Г., Леванова Н. Е. Повышение инновационной активности предприятия с помощью инструментов внутреннего маркетинга // Экономика. Управление. Право. 2011. № 4. С. 03–07.

Биометрические системы аутентификации

Жилин Виктор Владимирович, студент;

Дроздова Ирина Игоревна, студент

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

В связи с быстроразвивающимися технологиями особо актуальным остается вопрос о защите персональных данных. Кроме того, владельцами микрокомпьютеров является большая часть населения планеты. Но если раньше

смартфон представлял собой обычную «звонилку», то теперь это универсально устройство, предназначенное для полноценной работы, являющееся аналогом компьютера и выполняющее те же функции, что и современный ПК.

С усложнением технологий мобильной индустрии и её активным развитием, особое внимание уделяется системам аутентификации. За последние 4 года наиболее широкое развитие среди обычных пользователей получили статические методы биометрической аутентификации. Рассмотрим основные методы аутентификации, которые используются как на мобильных устройствах, так и на предприятиях в целом.

Для того чтобы понять, в чем заключается отличие обычных методов аутентификации от биометрических, следует описать критерии для биометрических параметров. Также следует отметить, что в большинстве современных устройств используются статические методы биометрической аутентификации. Они основаны на физиологии каждого конкретного человека и на тех данных, которые не меняются в течение жизни, а поэтому не могут быть украдены, скопированы или переданы в другие руки.

Как было описано ранее, для соблюдения должного уровня надежности системы биометрической аутентификации должны обладать рядом параметров. Во-первых, они должны обладать параметром всеобщности. То есть, пользователь, проходящий процедуру аутентификации должен обладать признаком, который также присутствует у других людей. Сюда можно отнести пальцы, глаза, руки и так далее. Во-вторых, в основе биометрической систем лежит признак уникальности. Он говорит о том, что невозможно подобрать двух различных людей, которые обладали бы одинаковыми физиологическими данными.

Далее, как уже было сказано, для того, чтобы системы аутентификации показывали результат на должном уровне в течение длительного промежутка времени, весомым является признак постоянства. Он основан на том, что физиологические данные человека не меняются с рождения до смерти.

Последними двумя критериями являются измеримость и приемлемость. То есть, для того, чтобы данные человека были занесены в базу данных, они должны быть измерены по каким-либо параметрам. Самым известным и простым является получение данных, на основе сканирования определенного числа точек. Приемлемость также является важным критерием для того, чтобы популяризация систем биометрической аутентификации не вызывала недовольства со стороны обычных пользователей. Данный параметр основан на том, что пользователи не являются противниками сбора и измерения их биометрических параметров.

Как показывает практика, все эти критерии выполняются, что открывает новые возможности в области информационных и коммуникационных технологий. В современных мобильных технологиях уже постепенно происходит процесс внедрения данных систем в смартфоны, компьютеры и так далее.

Самым распространенным способом подтверждения личности является аутентификация по отпечатку пальца. Дактилоскопический сенсор, встроенный в смартфоны считывает данные пальца и разблокирует устройство. Сле-

дует отметить, что именно этот сенсор активно развивается в современное время. Если раньше в его задачи входило только опознавание отпечатка, и в случае совпадения данных, хранящихся в его памяти и считываемых в данный момент, разблокировать доступ к устройству, то теперь его возможности сильно расширились.

Все современные дактилоскопические сенсоры поддерживают управление жестами, такие как взмах вверх, свайп, удержание, многократное нажатие и так далее. В зависимости от нужд пользователя подобные жесты могут выполнять ряд тех функций, в которых он нуждается. Это может быть открытие какого-либо приложения, раскрытие панели уведомлений, определенные команды в режиме камеры, открытие последних запущенных приложений и многие другие. Причем следует отметить тот факт, что производители отдают предпочтение ультразвуковым сканерам, нежели остальные. Именно из-за многофункциональности, чаще всего для работы сенсора выделяется отдельный процессор, который сокращает время считывания до минимума. Например, в современных смартфонах среднее время считывания отпечатка составляет 0,3 секунды, что практически незаметно в повседневном использовании.

Кроме того, существуют определенные концепции, связанные с возможностями сенсоров. Так, многие производители пытаются внедрить функцию, при которой смартфон определяют, под каким углом находится палец по отношению к датчику. Если им удастся воплотить задуманное, то количество действий, доступных для управления жестами существенно увеличится.

Основными преимуществами является скорость разблокировки и уровень защиты. Прикладывание пальца к датчику занимает гораздо меньше времени, чем ввод пароля или графического ключа. При этом разблокировать устройство можно только в том случае, если обладать отпечатком пальца владельца. Следует отметить, что в случае неудачного сканирования смартфон предложит ввести пароль, что не является достоинством данного метода. Существует вероятность того, что злоумышленник знает ваш графический пароль или PIN, и для доступа к данным, хранящимся на устройстве, ему не обязателен ваш отпечаток.

К недостаткам можно отнести невозможность применения данной системы аутентификации в некоторых сферах деятельности или для некоторых категорий лиц. Например, люди, работа которых связана с ручной деятельностью, могут испытывать проблемы со считыванием отпечатка. Обильное воздействие трения, пыли или грязи негативно влияет на палец, в результате чего провести аутентификацию будет невозможно. Наиболее простым примером кратковременного изменения биометрических данных является порез, наличие которого также делает аутентификацию по отпечатку пальца бесполезной.

Следующим методом аутентификации пользователя является аутентификация по сетчатке глаза. Впервые данная технология была использована в середине прошлого столетия. Что касается её использования в мо-

бильной индустрии, то на момент написания статьи ещё не было выпущено ни одного доступного смартфона, который использовал бы данную технологию. Но также стоит взять во внимание факт того, что многие крупные производители смартфонов уже упоминали об использовании сканера сетчатки глаза в своих устройствах.

Для реализации этой цели, в переднюю часть смартфона должен быть встроен мощный инфракрасный сенсор, имеющий низкую интенсивность. Данный сенсор считывает информацию о кровеносных сосудах, которые находятся в дальней стенке глаза. Отметим тот факт, что во многих источниках сканеры сетчатки глаза и сканеры радужной оболочки глаза приравниваются друг к другу, что является грубой ошибкой.

Если использовать данную систему аутентификации, то о потенциальном взломе речи быть не может. Среднестатистический пользователь не обладает необходимыми данными для обхода данной защиты, а получить доступ к конфиденциальным данным для злоумышленника является трудновыполнимой задачей.

К достоинствам данного метода можно отнести высокую степень защиты конфиденциальных данных. Статистика и математический расчет показывают, что сканеры сетчатки глаза имеют одну из самых низких вероятностей ошибки первого рода, которая предполагает отказ в доступе для того пользователя, который имеет полное право для данного доступа и оперирования информацией, хранящейся на устройстве. Кроме того, вероятность ошибки данного метода аутентификации практически равна нулю, что также является огромным преимуществом по сравнению с другими методами.

Как и любой другой способ защиты, аутентификация по сетчатке глаза имеет ряд недостатков. Первое, что стоит отметить, это тот факт, что данная система аутентификации на данный момент применяется только на сверхзащищённых объектах. Причиной этому является описанная выше минимальная вероятность ошибки. Что же касается мобильной индустрии, то пока неясно, каким именно образом будет работать данная технология в смартфонах. Очевидно, что внедрение инфракрасных сканеров в аппаратную составляющую приведет к увеличению стоимости устройства.

Следующим возможным недостатком является неудобство использования. То есть, для получения доступа к устройству, сенсор необходимо будет направлять непосредственно на глаза, а взгляд под углом или со стороны не будет восприниматься датчиком, что может вызвать ряд неудобств при ежедневном использовании. Ещё одним серьёзным недостатком является бесполезность данного метода при наличии определенного рода заболеваний глаз, таких как катаракта или отслоение сетчатки.

Следующий способ, который будет рассмотрен это аутентификация по радужной оболочке глаза. Данный метод имеет одно важное преимущество по сравнению с предыдущим. Оно заключается в том, что для проведения процедуры аутентификации не требуется использование ин-

фракрасных лучей, которые в некоторой степени могут негативно сказываться на зрении пользователя.

Стоит отметить, что сама аутентификация представляет собой нечто подобное фотографированию. То есть, камера, проводящая процедуру аутентификации, делает несколько десятков фотографий человеческого глаза. Такое количество фотографий объясняется тем, что свет, направленный под различными углами по-разному освещает радужку глаза. Среди полученных фотографий выбирается одна, наиболее приемлемая для проведения аутентификации, оцифровывается и помещается в специализированную базу данных.

Данный метод также обладает высокой степенью надежности. Причиной таких высоких показателей является уникальность рисунка радужной оболочки. Точно так же, как и в случае с отпечатком пальца, невозможно подобрать двух людей, у которых текстура радужной оболочки совпала бы. Даже у близнецов она является различной. Что же касается количества точек, используемых для аутентификации, то в данном методе их количество равно приблизительно двумстам. Таким образом, по сравнению с системами сканирования отпечатка пальца, которые для аутентификации используют около семидесяти точек, сканер радужной оболочки использует гораздо большее число параметров, что снижает вероятность ошибки практически до нуля.

Ещё одним достоинством является невосприимчивость к очкам или контактными линзами. Их использование никак не влияет на качество проведения процедуры аутентификации, в связи с чем, люди, имеющие проблемы со зрением не столкнутся с проблемой получения доступа к устройству с конфиденциальной информацией.

Что касается мобильной индустрии, то эта система на данный момент находится в тестовом режиме, но уже внедряется во многие смартфоны. То есть, можно сказать, что перспектива развития систем биометрической аутентификации в данном направлении очень высока. Но если ранее использование данной технологии представляло собой проблему в виде высокой стоимости, то сейчас системы идентификации и аутентификации, основанные на сканировании радужной оболочки глаза становятся более доступными для различных предприятий, а также обычных пользователей.

Выше были рассмотрены наиболее популярные системы биометрической аутентификации. Но помимо них используются и другие способы, работа которых гораздо сложнее. К таким можно отнести сканирование геометрии руки, лица, а также термограмме лица.

Аутентификация по геометрии руки заключается в том, что происходит сканирование данных кисти. То есть, вычисляются такие показатели как длина пальцев, их толщина, длина кисти, размер суставов и так далее. Уникальность строения кисти каждого человека довольно хорошо сказывается на показателях надежности данного метода, но, однако, сканирование геометрии руки сильно проигрывает отпечатку пальца или радужной оболочке.

Кроме того, оборудование, необходимое для проведения операции аутентификации гораздо больше по размерам и не обладает свойством мобильности по сравнению с дактилоскопическим сенсором, в связи с чем применение данного метода в мобильной индустрии не является возможным.

Еще один недостаток использования сканера геометрии руки аргументируется возможными травмами кисти. Например, вывих, ушиб или перелом сильно сказываются на результатах аутентификации. В связи с этим, преимущество использования других систем очевидно. Но стоит отметить, что чаще всего используется комбинированная биометрическая система аутентификации. В данном случае геометрия руки сочетается со сканером отпечатка пальца. Использование комбинированных систем в разы повышает надежность и снижает вероятность ошибки процедуры аутентификации.

Гораздо более сложные устроены системы аутентификации по геометрии лица. Они заключаются в построении объемной модели лица. В расчет берутся контуры носа, бровей, губ, разреза глаз и других частей лица. При сканировании происходит расчет расстояния между этими частями, длины носа, размер глаз и так далее. Данная система работает по сложным алгоритмам, реализация которых возможна на устройствах, обладающих мощной аппаратной начинкой.

Проблемы данного метода заключаются в ошибках аутентификации, вызванных различными наклонами головы,

углом сканирования, наличия головных уборов, очков или бороды. Кроме того, одной из проблем данного метода является невозможность различия близнецов. Чаще всего геометрия лица используется в секретных службах, а также в правоохранительных органах для поиска человека на большой местности.

Реже всего используется аутентификация по термограмме лица. Исследования показали, что каждый человек также обладает своей собственной уникальной термограммой, что позволяет использовать её для подтверждения личности. Данный метод является модификацией предыдущего. Например, проблем при различии близнецов уже не возникает. Различные изменения, происходящие с лицом в течение времени, такие как операции, старение и так далее не влияют на результат аутентификации. Но стоит отметить, что данный метод не получил широкого распространения в связи с низкой точностью и неудобством использования.

Таким образом были рассмотрены основные методы аутентификации, в связи с чем можно сделать вывод о том, что наиболее популярные системы используют в качестве входных данных сканеры отпечатка пальца, радужной оболочки и сетчатки глаза. Именно данные методы наиболее просты не только проектированию, а также в использовании, что делает их настолько распространенными. Они демонстрируют отличные показатели надежности и практически нулевую вероятность ошибки.

Литература:

1. Буй П. М. Эффективность средств аутентификации. —: 2011. — 180 с.
2. Р. М. Болл, Дж. Х. Коннел, Ш. Панканти, Н. К. Ратха, Э. У. Сеньор. Руководство по биометрии. —: 2007. — 368 с.

Сравнительный анализ современных криптосистем, основанных на модификациях сети Фейстеля

Жилин Виктор Владимирович, студент;
Дроздова Ирина Игоревна, студент
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Все шифры можно разделить на ассиметричные и симметричные. В свою очередь симметричные шифры бывают блочными и поточными. В данной статье будут рассмотрены некоторые алгоритмы, основанные на модификациях сети Фейстеля. Отметим, что сеть Фейстеля является одним из методов построения блочных шифров. Рассмотрим принцип её работы.

На вход алгоритма поступает информация, которая делится на 2 блока: левый и правый (L_i , R_i). Далее, на каждом раунде, число которых варьируется от 8 до 32, правый блок данных для текущего раунда становится левым для последующего. В то же время, левый блок изменяется при помощи функция шифрования $f(L_i, K_i)$, зависящей от раундового ключа K_i . Правой частью входных

данных для следующего раунда будет являться результат битового сложения (XOR) правого блока текущего раунда с выходными данными функции f . Эти вычисления выполняются $N-1$ раз, где N — количество раундов в заданном алгоритме шифрования. Также стоит отметить, что на каждом раунде используется свой уникальный ключ.

Простота программной и аппаратной реализаций стала причиной использования сети Фейстеля в качестве основы для современных блочных шифров, которые базируются на SP-сети. Криптоалгоритмы, основанные на SP-сети получают в качестве входных данных блок и ключ. После чего они совершают несколько последовательных раундов, состоящих из чередующихся стадий подстановки и перестановки.

Все современные шифры, основанные на модификациях сети Фейстеля, отличаются друг от друга размерами блока, длиной ключа и количеством раундов.

Первым блочным шифром, который будет рассмотрен, является криптоалгоритм Present. Размер его блока составляет 64 бита, длина ключа 80 или 128 бит, количеством раундов равно 31. Данный шифр в основном используется в узкоспециализированных приборах гражданской авиации, спутниковой связи, гидролокации и т.д. Чаще всего алгоритм используется в так называемых RFID метках или сетях сенсоров для считывания данных или их записи посредством радиосигналов. Большим достоинством данного метода является меньшее по сравнению с другими шифрами количество логических элементов, необходимых для построения схемы алгоритма.

Каждый раунд алгоритма состоит из операции XOR с раундовым ключом K_i определяемым функцией обновления ключа. Каждый раундовый ключ состоит из 64 левых бит исходного ключа. При этом ключ для каждого последующего раунда ключ обновляется по соответствующему алгоритму с использованием заранее известного S-блока.

Далее производится рассеивающее преобразование, то есть блок пропускается через 16 идентичных четырёхбитных S-блока. Затем блок подвергается перемешивающему преобразованию, в котором происходит перестановка бит по стандартно заданным P-блокам.

Теоретически, этот метод является взламываемым с вероятностью близкой к единице. Так, например, Атака на версии шифра с 16 раундами шифрования требует 2^{64} шифротекстов, 2^{64} доступов к памяти, 2^{32} 6-битных счетчиков и 2^{24} ячеек памяти для хэш таблицы. В этом случае вероятность нахождения ключа приблизительно равна 0,999. Но данный результат будет получен за не полиномиальное время. Например, если длина ключа равна 80 бит и количеством раундов равным 16, то 4 разряда ключа можно узнать за $6 \cdot 2^{12}$ секунд, что приблизительно равно 7 часам.

Следующим криптоалгоритмом, который будет рассмотрен, является BelT. Этот шифр является государственным стандартом симметричного шифрования и контроля целостности Республики Беларусь. BelT обладает следующими параметрами: размер блока равен 128 бит, размер ключа составляет 256 бит, количество раундов — 8. Данный криптоалгоритм основан на работе основных режимов шифрования блоков, таких как простая замена, сцепление блоков, гаммирование с обратной связью, счетчик, выработка имитовставки и хеширование.

Первые четыре режима являются основными, без них работа алгоритма будет невозможна. Цель их использования — обеспечение безопасного обмена сообщениями. Причем, в первых двух из них происходит шифрование сообщений, которые состоят хотя бы из 1 блока, в других же шифрование возможно для сообщений произвольной длины.

Также в этом алгоритме присутствует возможность использования имитовставки. Они используются в том

случае, когда необходимо проверить подлинность самих сообщений, либо удостовериться в том, что вторая сторона знает секретный ключ. Алгоритм хеширования по цели использования схож с имитовставкой, за исключением того, что для него не обязательно знание ключа. Две стороны могут проверить подлинность сообщений путём сравнения значений хеш-функций, потому как незначительное изменение сообщения сильно изменяет значение хеш.

Для шифрования входные данные делятся на четыре 32-битные последовательности, а ключ при этом — на восемь 32-битных последовательностей. После чего циклически происходит выполнение определенного числа операций, после которых, на выходе получаем зашифрованное сообщение.

Далее будет рассмотрен криптоалгоритм Threefish. Он был разработан для того, чтобы минимизировать количество используемой памяти для устойчивости к возможным атакам, иметь более простую реализацию по сравнению с более старыми алгоритмами. Кроме того, одной из главных его особенностей является возможность применения этого шифра на современных 64-разрядных процессорах.

Threefish имеет гораздо большие значения параметров в отличие от рассмотренных ранее. Так для него размер блока может иметь значения 256, 512 или 1024 бита. Размер ключа аналогичен возможным размерам блока и также составляет 256, 512 или 1024 бита. Число раундов равно 72 или 80 в случае выбора ключа длиной 1024 бита.

Кроме того, алгоритм демонстрирует гораздо большую быстроту выполнения и простоту реализации по сравнению со многими другими блочными алгоритмами. Одной из причин такого отличия является отсутствие S-блоков. При этом во время генерации функции шифрования алгоритм использует определенное значение, которое изменяет выходные раундовые данные, но при этом оставляет неизменным ключ. Это значение называется tweak-значением. При этом помимо tweak-значения для генерации функции f используются ключ и открытый текст.

Шифрование в алгоритме происходит в 3 этапа: добавление раундового ключа, применение функции MIX по стандартной таблице и применение функции основанной на смешении блоков.

Криптостойкость алгоритма выдерживается на должном уровне в связи с большой длиной ключа. Таким образом узнать ключ путём полного перебора невозможно. При различных вариациях алгоритма большое количество раундов также обеспечивает стойкость, необходимую для использования в современных нуждах.

Одним из самых современных шифров является Российский стандарт ГОСТ Р 34.12–2015. Алгоритм основан на операциях подстановки и перестановки блоков. Размер блока составляет 128 бит, размер ключа равен 256 бит, а число раундов — 10.

Каждый раунд данного шифра представляет собой линейные и нелинейные преобразования, а также наложение ключа. В отличие от предыдущих способов шифрования,

непосредственно алгоритм ГОСТа основан на SP-сети, но ключевая развёртка использует сеть Фейстеля где в качестве функции берётся раундовое преобразование исходного алгоритма. Важной особенностью этого алгоритма является факт того, что линейное преобразование может быть реализовано с помощью регистра сдвига. Эти два аспекта выгодно выделяют ГОСТ на фоне других шифров и являются отличительными чертами от его предыдущей версии.

В начале работы алгоритм вырабатывает 10 раундовых ключей, по два ключа в одном цикле. Каждый цикл включает в себя 8 раундов сети Фейстеля. Раундовые ключи сформированные таким образом существенно снижают риск того, что какой-либо блок открытого текста будет зашифрован на использовавшемся ранее ключе. Шифрование каждого блока текста на уникальном ключе значительно повышает криптостойкость всей системы.

После выработки всех необходимых ключей алгоритм переходит к непосредственно шифрованию открытого текста. Эту процедуру можно условно разбить на 3 этапа:

— линейное преобразование, как отмечалось ранее может быть реализовано с помощью линейного регистра сдвига, но и существует возможность использования матрицы над полем Галуа как в обычных блочных шифрах

— нелинейное преобразование использует матрицу, построенную в поле Галуа по модулю неприводимого многочлена восьмой степени. Криптоаналитики исследовали данное преобразование на «прозрачность» (выявление закономерностей между исходным и зашифрованным вариантом), некая зависимость была выявлена, но извлечь из этого какую-либо пользу пока не удалось. Также стоит отметить, что данное преобразование имеет схожесть с хэш-функцией «Стриборг»

— третьим этапом является перестановка, она задаётся фиксированной стандартной таблицей.

После выполнения всех этих преобразований над одним блоком открытого текста происходит его зашифрование на сгенерированном ранее раундовом ключе.

Аналогичные действия происходят со всеми блоками текста, после чего выполняется функция XOR последнего раундового ключа и шифротекста.

Литература:

1. Jesse Russell. Сеть Фейстеля. — VSD, 2012. — 120 с.
2. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. ГОСТ Р 34.12 2015. — М.: Стандартинформ, 2015. — 25 с.
3. Как устроен блочный шифр? // Enlight. URL: http://www.enlight.ru/crypto/articles/vinokurov/blcypn_i.htm (дата обращения: 25.04.2017).

Предполагается что данный шифр будет устойчив ко всем атакам на блочные шифры. Разработчики уверяют, что все случайные числа, сгенерированные для нелинейного преобразования на самом деле не случайны, а выработаны по специальному алгоритму.

Неоспоримым достоинством сети Фейстеля и её модификаций является факт того, что не требуется какой-либо специальный алгоритм для дешифровки. Достаточно выполнить все те же процедуры что и для зашифрования, но в обратном порядке и в результате будет получена исходная информация. Однако, данное свойство не влияет на криптостойкость системы. Выявить связи между открытым и закрытым текстом невозможно.

Подведём итог работы, блочные шифры занимают большую нишу в криптографии, но у них есть ряд недостатков. Злоумышленник может перехватить блок закрытого текста и заменить его на необходимый ему фрагмент. Получатель может и не догадываться о подобной подмене и воспринимать расшифрованную информацию как должно. Также существует вероятность зашифровать блок открытого текста в точно такой же блок закрытого текста. Вредоносность этой ошибки очевидна и даже если такой блок будет всего один это ставит под угрозу всё секретное сообщение.

Однако, если применить блочные шифры в сочетании с сетью Фейстеля или же её модификациями, то эти недостатки не актуальны. Замена блоков моментально видна при расшифровке. Крайне мала вероятность подобрать открытый текст такой, чтобы его зашифрованный аналог совпадал с перехваченным блоком открытого текста. Так, при подмене зашифрованного на сети Фейстеля блока во время его расшифровки не удастся получить внятного результата, получатель поймёт, что в передачу вмешались и примет необходимые меры.

Возможность генерации зашифрованного блока текста идентичного открытому практически нулевая. Как уже говорилось ранее, раундовые ключи в сети полностью блокируют возможность такой ошибки.

Рассмотренные в данной статье шифры являются актуальными и могут применяться для различных целей, как личных, так и в целях безопасности в какой-либо структуре.

Визуальные технологии с интерактивной функцией

Якуничева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент;

Новикова Любовь Евгеньевна, студент;

Липень Яна Сергеевна, студент

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

В среде коммуникаций и технологий искусство ищет новые формы выражения. Для абстрактного искусства технологии — не столько новинка, сколько возможность сформировать в сознании зрителя представление о произведении. Kinect-технология — это технология интерактивного взаимодействия между программой и пользователем. Она способна предоставить исключительные возможности по управлению мультимедийными файлами без прикосновений к экрану.

Ключевые слова: медиаискусство, медиа-проект, цифровое искусство, нодовое программирование, Kinect-технология

Сейчас наступил век информационных технологий, в котором почти каждый человек не представляет себя без каких-либо технических средств, делающих его жизнь ярче и насыщеннее. Так применение мультимедиа технологий, например, в музеях, позволяет сделать их посещение намного интереснее и разнообразнее.

Медиаискусство — вид искусства, произведения которого создаются и представляются с помощью современных информационно-коммуникационных (или медиа-) технологий, преимущественно таких как видео, компьютерные и мультимедийные технологии, интернет. Отдельные группы произведений часто характеризуют как «искусство новых медиа», «электронное искусство», «цифровое искусство» [1].

Искусство должно быть активным, ведь это форма выражения коллективного сознания, оно раскрывает понимание жизни вообще. И цифровое искусство, конечно, тоже. Цифровое искусство будет двигаться в сторону творческого взаимодействия в сети Интернет и персональной подписки на абстрактную графику. Возможно, расцвет ожидает алгоритмическое искусство, так как новое поколение художников и зрителей изначально находится в цифровой среде, умеет в той или иной степени программировать и готово воспринимать алгоритм как средство художественной выразительности [2].

Медиаискусство — это чрезвычайно гибридный в техническом и методологическом отношении вид искусства, интенсивно развивающийся вместе с эволюцией технологий. Технологии лишь предлагают новые возможности.

Для создания медиа-проектов, в том числе и нашего проекта, используются программы, основанные на нодовом программировании. Данное программирование создаётся путём создания блоков, называемых нодами. Это не стандартное программирование в виде кода, а построение графических объектов и их модификаций.

Для создания проекта была выбрана программа TouchDesigner компании Derivative. «TouchDesigner — это платформа визуальной разработки, которая предоставляет инструменты, необходимые для создания потрясающих проектов в реальном времени, дающая возможность художникам и дизайнерам работать с материалами в открытой свободной среде. TouchDesigner — идеальное ре-

шение для интерактивных мультимедиапроектов, использующих видео, звук, трехмерную графику, ввод с помощью контроллеров, Интернет и базы данных, источники света DMX, датчики окружающей среды и вообще все, что только можно вообразить. Это мощная среда для смешения всех названных элементов бесконечным числом способов» [3].

На рис. 1 представлена копия экрана разрабатываемого проекта в программе TouchDesigner.

С помощью этой программы можно создать различные проекты, такие как: Mapping, виртуальная реальность и Kinect-технология. На сегодняшний день для создания и реализации огромного многообразия экспозиций, выставочных мероприятий, презентаций для проведения аукционов применяется именно система Kinect. С ее помощью возможно управление видеозащитой без прикосновений рук или специальных аксессуаров.

Kinect-технология использует информацию с наружных камер для быстрого анализа пространственного положения человеческой фигуры, после чего все данные передаются в компьютер. В результате, участнику мероприятия предоставляются возможности управления текстовыми составляющими презентации, а также видео- и фотоизображениями, трансляция которых ведется на установленном экране. Кроме того, предусмотрена возможность перелистывать страницы, горизонтально или вертикально смещать объекты, менять их масштаб и вращение.

Для осуществления руководства от человека требуется оставаться в одном конкретном секторе, из которого будет осуществляться взаимодействие с представленными на экране данными. Эта технология заинтересовывает зрителя и с помощью её можно шире раскрыть тему выставки. Плюсом этой интерактивной разработки является возможность вовлекать посетителей в сам процесс выставки.

Данный проект позволяют посетителям активно взаимодействовать с данной технологией, и тем самым получать соответствующую информацию достаточной степени подробности, способствуя лучшему ее восприятию через создание эффекта сопричастности.

Созданный Kinect-проект — это не просто контроллер, это технология, которая позволяет распознавать движения

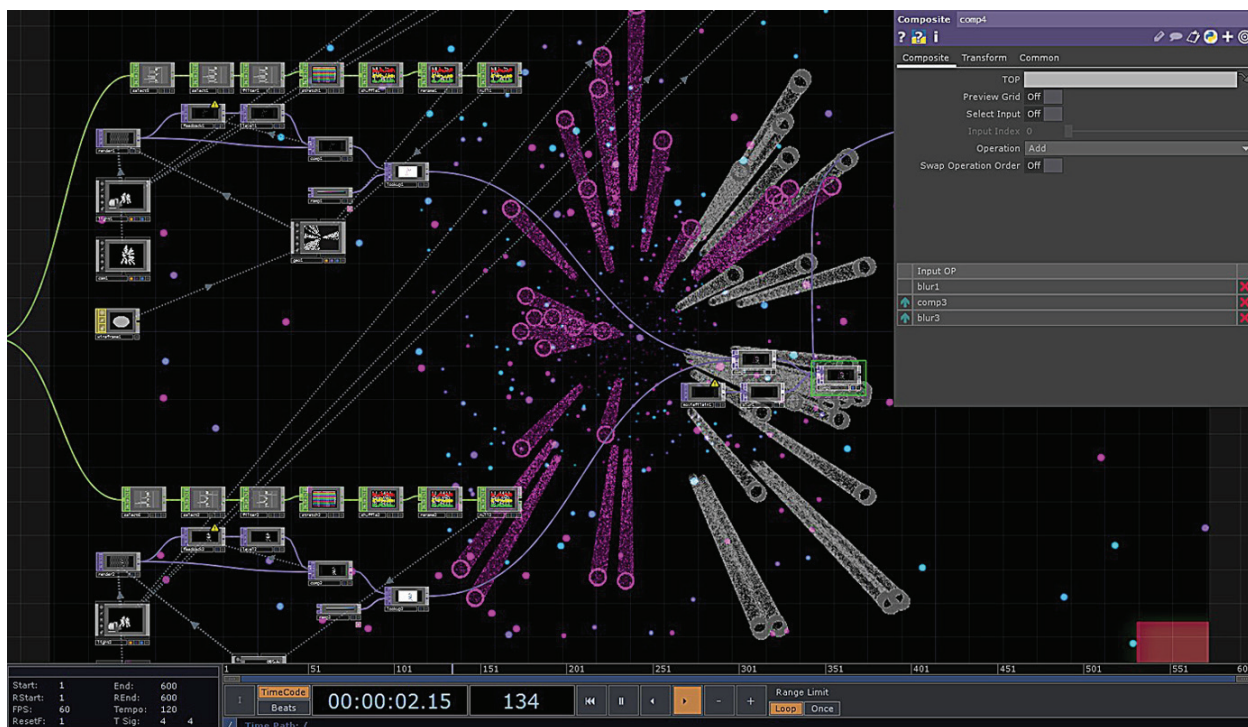


Рис. 1. Построение нод для двух персонажей через фильтрацию

человека таким образом, что он может телом управлять программными процессами.

Для осуществления этого проекта использовались такие техническими средствами как:

- специализированная камера, оснащённая датчиками движения и камерой высокой четкости (в основе Kinect: два сенсора глубины, цветная видеочка, объединенные со специальным аппаратным и программным обеспечением, которое способно выполнять распознавание движений тела в трехмерном пространстве);
- проектор, для проецирования результирующего изображения;
- компьютер, оснащённый драйверами и поддержкой данных устройств.

В основе проекта заложены созданные нами фигуры, которые в последствии путем наложения эффектов и применения различных функций создали образ для основы под Kinect. В заключительной стадии программирования был подключен драйвер Kinect и настроены его параметры для более точного проецирования нашей экспозиции.

С помощью функции трекинга, примененной в нашем проекте, Kinect способен распознать фигуры двух человек и отслеживать их движения (на основе 20 опорных точек-скелета).

В проекте были применены контрастные цвета, чтобы была более понятна создаваемая картина на экране, также сделаны плавные переходы объектов для утонченности и придания целостности картины.

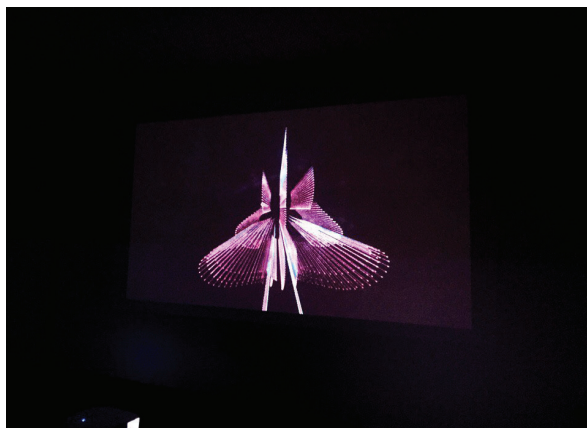


Рис. 2. Проекция одного персонажа на экране

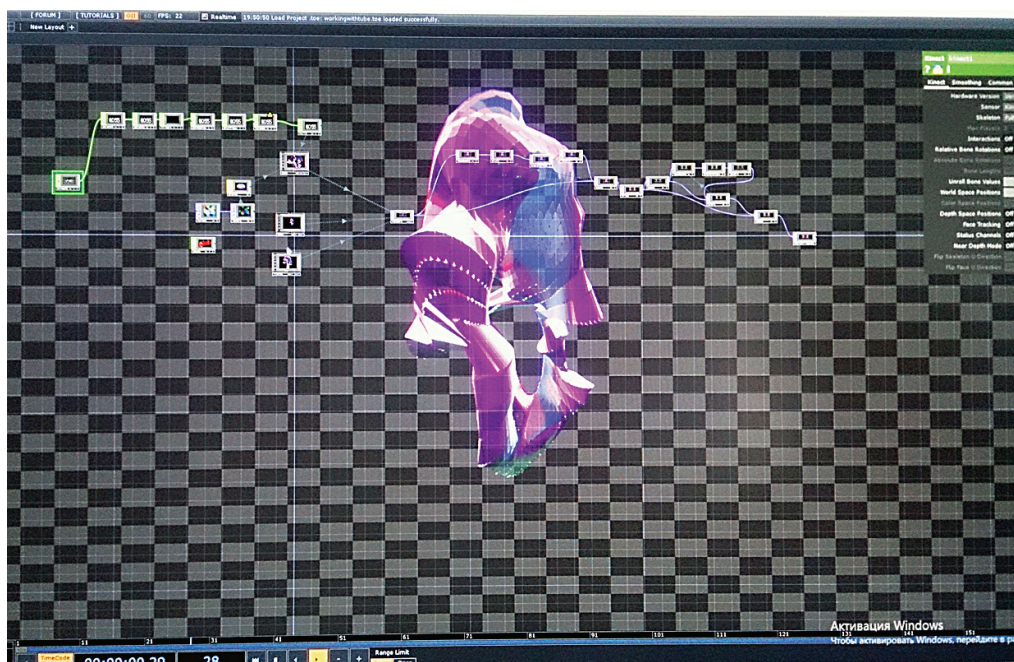


Рис. 3. Добавление ноды Kinect в цепь для визуализации проекта

Данный проект иллюстрирует и символизирует человека как часть технологии. В центре внимания на этой выставке — интерактив в чистом виде, взаимодействие как таковое. На первый взгляд кажется, что это простая и понятная вещь, но через взаимодействие проект оживает. Проект берет свое начало от концепции кибернетики, давая жизнь этому утопическому концептуальному пространству.

Это только первый этап проекта для будущей медиа-выставки, где будут применены и другие технологии, такие как mapping, 3D-инсталляции и виртуальная реальность. Проект был представлен на выставке визуального программирования в Санкт-Петербургском доме молодежи «Квадрат» 31 Марта 2017 года. На выставке можно было увидеть принцип работы проекта и понять, как он взаимодействует с людьми.

Литература:

1. Медиаискусство. Википедия, свободная энциклопедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Медиаискусство>
2. Багулин С. Г. Зачем нужен диджитл-арт / Interview. — 2016, № 41, С. 2–5.
3. Программа TouchDesigner. Компания Derivative. <https://www.derivative.ca>

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Methods of synthesis of nanoparticles (NPS) of silver to synthesis graphene oxide (OG)

Burtseva Evdokiya Konstantinovna, undergraduate student;
Kirillina Elena Valeryevna, associate Professor, candidate of Pedagogical Sciences
North-Eastern Federal University, Yakutsk

In this article, we demonstrate a simple method for obtaining silver nanoparticles for synthesis with graphene oxide. This method has a number of positive aspects. One of the main ones is not the difficulty of obtaining a suspension of silver nanoparticles. In the reaction with graphene oxide, very good results are obtained in electrophysical properties.

Keywords: graphene, graphene oxide, silver nanoparticles

Graphene with its unique electrical, mechanical, optical and thermal properties, attracts the interest of many researchers. OG is a dielectric and for use in electronics is of little use. To increase the electrical conductivity, it is necessary to carry out a recovery process.

Producing new composite materials based on nanoparticles (NPS) has increased relevance recently due to the fact that the unique properties of woofers, placed in various matrices, persist and even enhance. The most promising application areas of graphene oxide (OG) based materials and noble metals nanoparticles are catalysis, fuel cells, chemical sensors and biological applications.

For the synthesis of gold nanoparticles in this work was used the citrate method. A distinctive feature of this method is that the citrate-anion simultaneously acts as a stabilizer and reductant. This method of obtaining gold nanoparticles is applicable to the preparation of nanoparticles of silver. But since silver is more active metal than gold, the synthesis of silver nanoparticles is more difficult because of the silver's ability to rapid oxidation and aggregation [1, p. 14177].

The OG suspensions used in this work were obtained by a modified Hammers method [2, p. 87–94]. To prepare a suspension of Au NPS, aqueous solutions of sodium citrate (1 ml) and silver nitrate (0.25 ml) were successively added to

1.25 ml of water with constant stirring at room temperature. After 5 minutes of incubation and addition of boiling water, the color of the solution changed from colorless to cloudy brown. The resulting solution was additionally boiled for 1 hour with continuous stirring in order to maximize the yield of nanoparticles [3, p. 541]. Further, the Au NPS and OG solutions were mixed in a volume ratio of 1: 1. The prepared suspension was applied on a thin layer on the SiO₂ surface and a glass plate (for optical measurements) and dried at room temperature for 24 hours. Dielectric substrates were pre-washed with acetone and alcohol in an ultrasonic bath, and to impart hydrophilic properties they were processed in an aqueous solution of hydrogen peroxide and ammonia. The formed membranes had thicknesses from several units to tens of nanometers. For the purposes of the exhaust gas restoration in order to remove the oxygen groups, a thermal treatment at 250° C for 30 minutes in an argon atmosphere and chemical reduction with ascorbic acid were carried out.

Figure 1 shows the images of the surface of exhaust gas from Au NPS obtained by scanning electron microscope (SEM) JEOL JSM 7800F. It can be seen from the figures that the concentration of Au NPS in the exhaust gas at a ratio of 1/1 is greater than in the cases of 1/2 and 1/3. The smallest concentration is observed in GO_AG-1/3 (fig. 1 a).

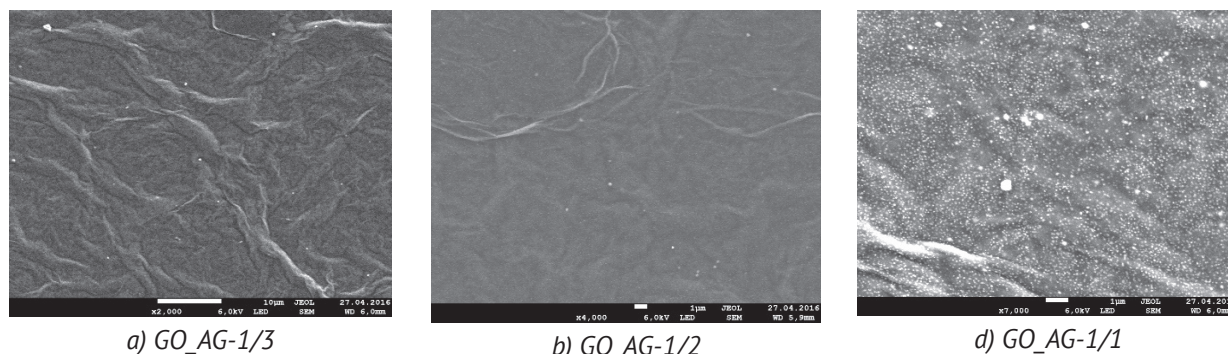


Fig. 1. Image of SEM of Au nanoparticles in OG at ratios of 1/3, 1/2, 1/1 solutions, respectively

Au NPS dimensions range from several to several hundred nanometers.

The electron microscopy study showed that on the surface of the ULF they are collected in agglomerates with dimensions of several hundred nanometers (Fig. 2a). X-ray energy-dispersive microanalysis shows a high content of silver atoms in these

agglomerates (Table 1). Unlike SiO₂, SNF in the volume of exhaust gas is not collected in agglomerates and distributed in the form of separate particles, leading to the formation of wrinkles and wrinkles on the surface (Fig. 2b). As can be seen from Fig. 2, the formed ULFs have an irregular shape, the sizes of which lie mainly in the range from 60 to 200 nm.

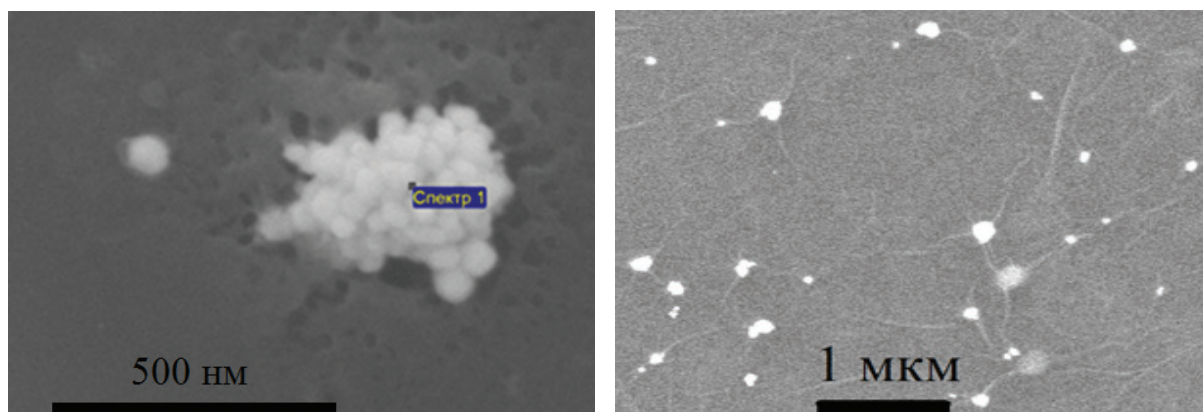


Fig. 2. Agglomerate of silver nanoparticles on the surface of SiO₂ (a) and silver nanoparticles in the matrix of graphene oxide (b)

Table 1

Element	Atomic%
C	50.99
O	27.36
Ag	21.65

Metal nanoparticle-decorated graphene oxides are promising materials in various optoelectronic applications because of their unique plasmonic properties. M-K. Chuang et al. explained it in their article, as a simple, environmentally friendly method for the synthesis of gold nanoparticle decorated graphene oxide that can be used to improve the efficiency of organic photovoltaic devices (OPVs) is reported [4, p. 19095].

The Suzuki-Miyara method of studying gold nanoparticles made a big breakthrough in modern electronics. This method was used to fabricate gold nanoparticle/graphene oxide nanocomposites that exhibited unexpected catalytic activity when coupling reaction of chlorobenzene and phenylboronic acid.

Suzuki-Miyaura coupling reactions are often used to test the catalytic performance of Pd or Au NPS in organic chem-

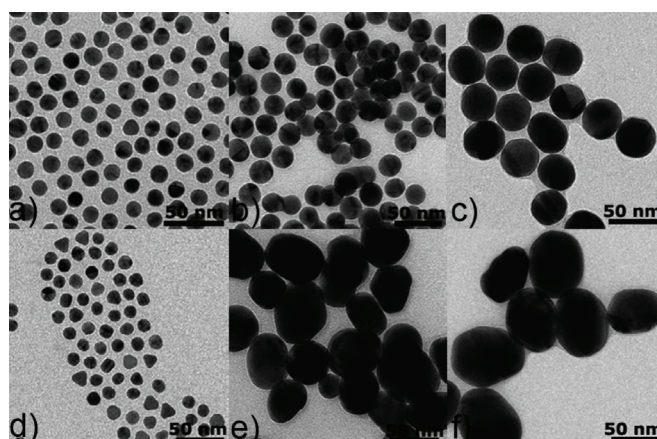


Fig. 3. TEM images of Au NPs obtained by the present method (a=c) and the Turkevich method (d=f) at different citrate concentrations: 2.97×10^{-2} wt%(a, d), 1.01×10^{-2} wt%(b, e), and 6.10×10^{-3} wt%(c, f)

istry. Chlorobenzene with phenylboronic acid in an aqueous medium have high catalytic activity with Au NPS/GO. The author prepared the Au NPS/GO, for the first time, without any additional reductant. This turned out to have a high catalytic activity for the Suzuki-Miyaura coupling reaction of chlorobenzene with phenylboronic acid in an aqueous medium [5, p. 4455–4458]. N. Zhang, H. Qui, et. al. proved that Au NPS in organic catalytic reaction will have great potential in use.

This fig. 3 demonstrates a simple and reproducible way to produce quasi-spherical Au nanoparticles (NPs) with a fairly narrow size distribution in water by rapidly adding a mixture solution of HAuCl₄, sodium citrate, and a trace amount of

silver nitrate into boiling water. The sizes of quasi-spherical Au NPs obtained increases from 12 nm to 18 and 36 nm with decrease of the citrate concentration in a fairly linear way. In the case of synthesis of Au NPs of sizes ranging from 10 to 36 nm, our approach efficiently makes up the shortages of the classical Turkevich method with respect to the reproducibility and uniformity of the NP size and shape [6, p. 232–240].

Thus, to obtain a solution of silver NPS is not more complicated. The possibilities of studying graphene oxide with silver nanoparticles are unlimited. The introduction of silver NPS leads to an improvement in the multitude of electro-physical properties of OG. Such a result will help to breakthrough nanotechnology.

References:

1. Y. Yoon, K. Samanta, H. Lee, K. Lee, A. P. Tiwari, J. Lee, J. Yang, H. Lee., Highly Stretchable and Conductive Silver Nanoparticle Embedded Graphene Flake Electrode Prepared by Insitu Dual Reduction Reaction, *Scientific Reports*, 2015, vol.5, P. 14177.
2. Neustroev E. P., Alexandrov G. N., Nogoviteyna M. V., Influence of Low Temperature Thermal Reduction on Physical and Chemical Properties of Graphene Oxide, *Vestnik SVFU*, 2015, 6(50), P. 87–94. (In Russ.)
3. S. W. Chook, C. H. Chia, S. Zakaria, M. K. Ayob, K. L. Chee, N. M. Huang, H. M. Neoh, H. N. Lim, R. Jamal, R. M. F. R. A. Rahman., Antibacterial performance of Ag nanoparticles and AgGO nanocomposites prepared via rapid microwave-assisted synthesis method, *Nanoscale Research Letters*, 2012, No. 7, P. 541.
4. L. Li, Y. Guo, X. Zhang and Y. Song // *Mater. Chem. A*. — 2014. — No.2. — P. 19095.
5. P. P. Zhang, X. X. Zhang, H. X. Sun, R. H. Liu, B. Wang and Y. H. Lin, *Tetrahedron Lett.*, 2009, 50, P. 4455–4458.
6. W. Zhang, E. Bi, M. Li, L. Gao. Synthesis of Ag/RGO composite as effective conductive ink filler for flexible inkjet printing electronics, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2016, No. 490, P. 232–240.

АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Концепция пользовательского интерфейса для интерактивной сенсорной панели управления мобильной роторной дробилкой

Остроух Андрей Владимирович, академик РАН, доктор технических наук, профессор
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

В статье приведено краткое описание концепции пользовательского интерфейса для интерактивной сенсорной панели управления мобильной роторной дробилкой. Выполнена программная реализация интерфейса, на основе комплекса средств технического, информационного, математического и программного обеспечения для управления мобильной роторной дробилкой, обеспечивающий эффективную работу технологического объекта управления в целом.

Ключевые слова: автоматизация производственных процессов, сенсорная панель управления, пользовательский интерфейс, дробильно-сортировочный комплекс (ДСК), роторная дробилка

Задачи улучшения качества продуктов дробления каменных материалов, повышения уровня и темпов развития промышленности ставят перед предприятиями повышенные требования в части улучшения технико-экономических показателей работы, более четкой и рациональной системы организации планирования технологических процессов при эксплуатации оборудования дробильно-сортировочных комплексов [1... 4].

Контроль за параметрами продуктов дробления каменных материалов осуществляется с помощью специально разрабатываемых автоматизированных систем управления дробильно-сортировочными комплексами [4... 9]. С учетом развивающейся современной концепции «Интернет вещей» и «Индустрия 4.0» все большее количество промышленных устройств, машин и агрегатов оснащаются современными системами автоматизации, разработанными с применением современных промышленных

контроллеров. Промышленные устройства, машины и агрегаты имеют постоянное подключение к глобальной сети по беспроводным каналам связи. Управление осуществляется через человеко-машинный интерфейс (Human-Machine Interface, HMI), программно реализованный на интерактивных сенсорных панелях (сенсорных дисплеях).

Рассмотрим подробнее концепцию интерфейса для интерактивной сенсорной панели управления мобильной роторной дробилкой на примере машины KLEEMANN MOBICAT MR110 Z EVO 2 (рис. 1).

На операторской станции SCADA-системы [10] реализован проект визуализации с привязкой к основному видеокадру контроля состояния оборудования дробилки. В верхней части сенсорной панели, с размером диагонали 12 дюймов, располагается инструментально-информационная панель (рис. 2).



Рис. 1. Мобильная роторная дробилка KLEEMANN MOBICAT MR110 Z EVO 2

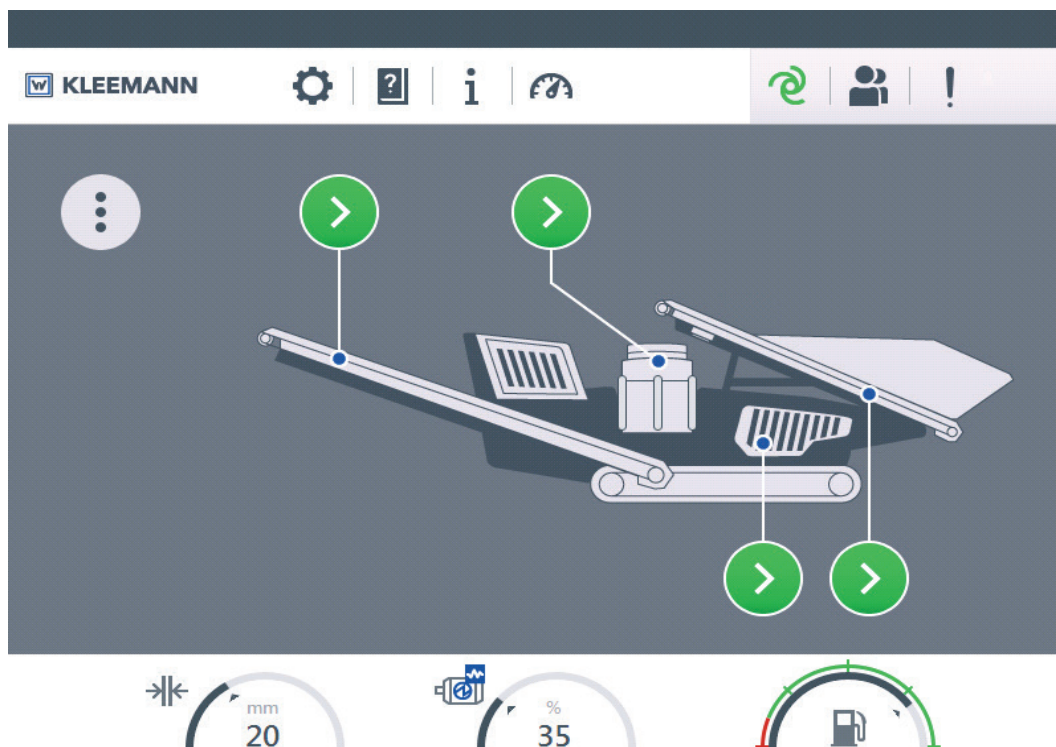


Рис. 2. Главное окно управления агрегатами машины

Визуализация запуска двигателя и агрегатов машины обеспечивается установкой управляющей панели с мнемосхемой пульта управления, сенсорной панели оператора или компьютера в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) (рис. 3).

Роторные дробилки используются для всех стадий процесса дробления малообразивных пород средней прочности. Значение максимальной крупности дробленого материала и производительности роторной дробилки рассчитывается по эмпирическим формулам.

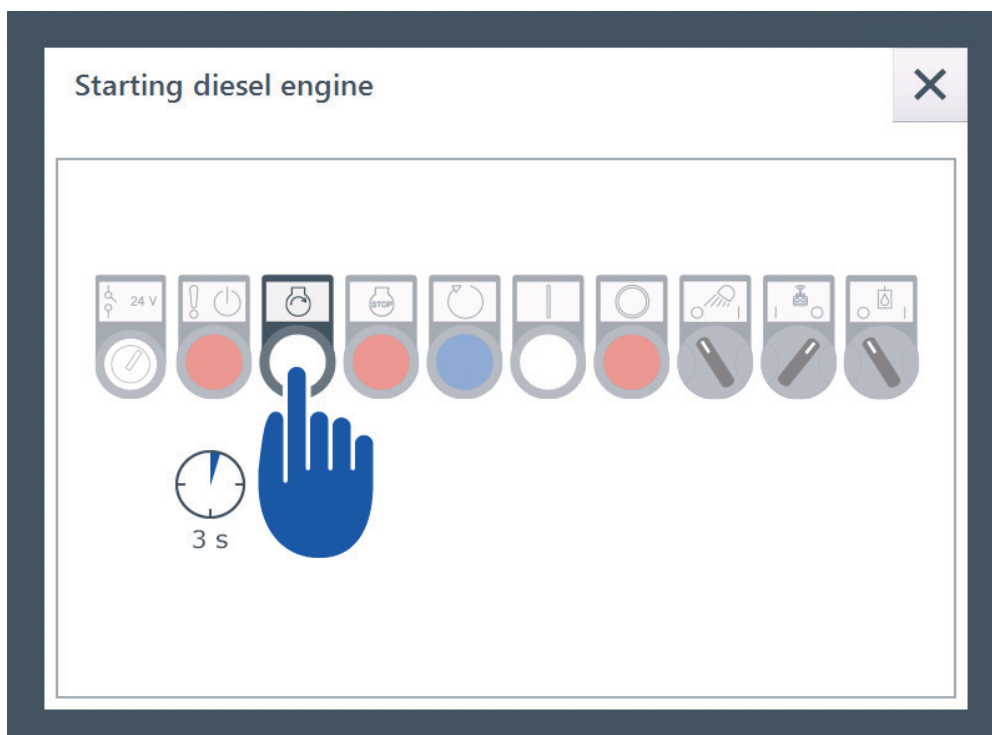


Рис. 3. Окно управления запуска двигателя

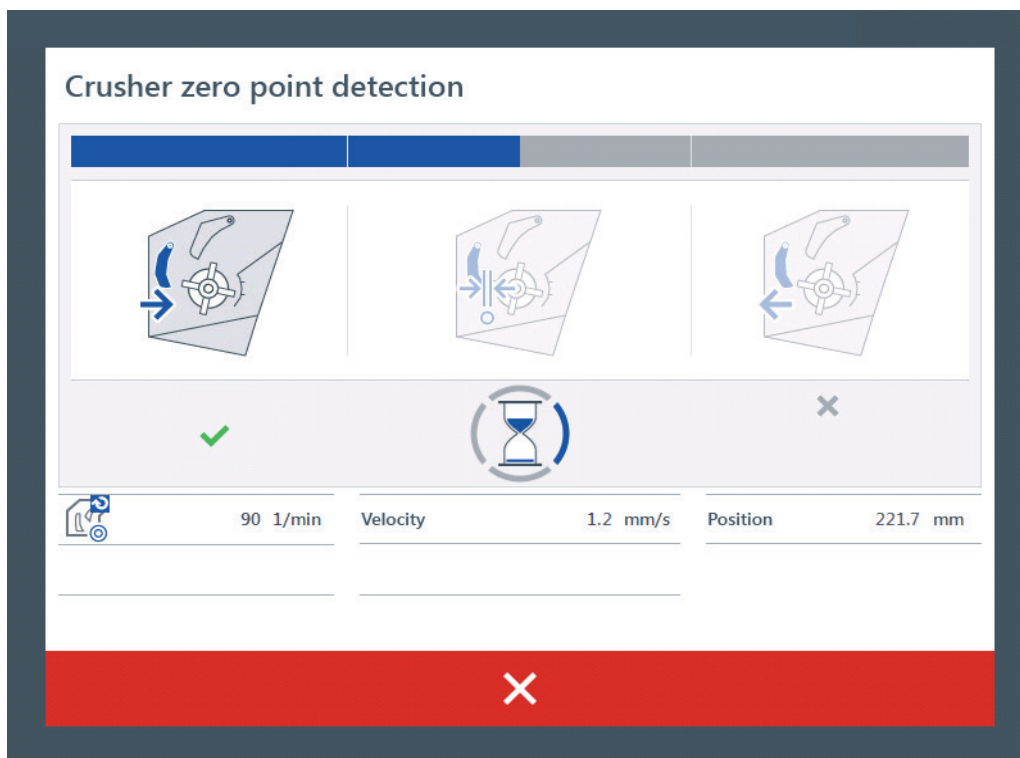


Рис. 4. Окно управления роторной дробилкой

При прочих равных условиях, эти значения являются функциями размера выходной щели и окружной скорости ротора. Эти два параметра могут быть использованы для регулирования требуемого (оптимального) значения

крупности продукта дробления (щебня требуемого фракционного состава) в процессе дробления (рис. 4).

Контроль параметров работы дизельного двигателя осуществляется в отдельном окне (рис. 5).

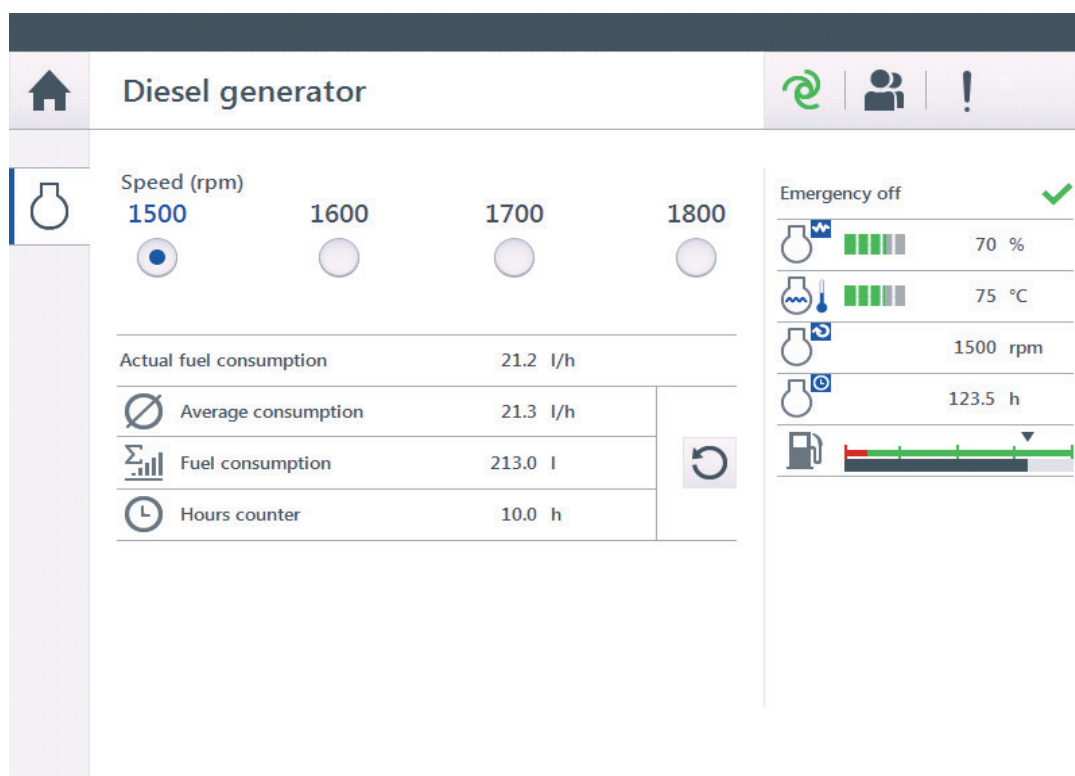


Рис. 5. Окно контроля параметров работы двигателя

На нем представлены данные о скорости работы двигателя, объёме топлива и его среднем расходе, а также расчётном времени работы на оставшемся объеме топлива.

Сенсорная панель нечувствительна к пыли, защищена от грязи и брызг. С ней можно работать, управляя пальцем (в том числе в перчатке), стилусом, инструментом.

Предложенная концепция пользовательского интерфейса для интерактивной сенсорной панели управления мобильной конусной дробилкой, позволяет пользователям начать работу с машиной без предварительной подготовки, специальных знаний, умений и навыков.

Литература:

1. Остроух А. В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А. В. Остроух — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. — 326 с. — ISBN978-5-906314-10-9.
2. Остроух А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. — 370 с. ISBN978-5-906314-35-2.
3. Тянь Ю., Нгуен Д. Т., Чаудхари Р. Р., Остроух А. В. Автоматизированная система мониторинга производственно-технологической и организационно-экономической деятельности промышленного предприятия // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 1.2 (9). — С. 16–31. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-16.
4. Остроух А. В. Интеграция компонентов системы мониторинга / А. В. Остроух, Юань Тянь // Молодой ученый. — 2013. — № 10. — С. 182–185.
5. Остроух А. В., Гимадетдинов М. К., Попов В. П. Выбор технологического оборудования для автоматизированных дробильно-сортировочных комплексов // Автоматизация и управление в технических системах. — 2015. — № 2. — С. 35–45. DOI: 10.12731/2306-1561-2015-2-4.
6. Гимадетдинов М. К., Остроух А. В. Определение перечня и последовательности решения задач автоматизированного дробильно-сортировочного производства // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 4 (12). — С. 55–61. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-4-6.
7. Остроух А. В., Гимадетдинов М. К., Воробьева А. В., Вэй Пью Аунг, Мьо Лин Аунг. Разработка математических моделей и методов оптимального управления автоматизированным дробильно-сортировочным производством // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2015. — № 1. — С. 9–16.
8. Гимадетдинов М. К. Исследование автоматизированного дробильно-сортировочного производства с позиций общей теории систем // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 3. — С. 165–177. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-3-16.
9. Остроух А. В., Гимадетдинов М. К., Борщ В. В., Воробьева А. В. Разработка алгоритмов статистического моделирования оптимального управления автоматизированного дробильно-сортировочного производства // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2014. — № 12. — С. 3–10.
10. Сальный А. Г., Кухаренко В. Н., Николаев А. Б., Остроух А. В. Общие принципы построения SCADA-систем // Автоматизация и управление в технических системах. — 2013. — № 2. — С. 8–12.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Свеча зажигания как основная часть системы зажигания двигателя внутреннего сгорания

Горюнов Сергей Сергеевич, студент;
Рогов Игорь Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Статья посвящена вопросам устройства и эксплуатации свечей зажигания в двигателях внутреннего сгорания.

Ключевые слова: свеча зажигания, двигатель внутреннего сгорания, товар, предложения, концепции

Spark plug as the main part of the ignition system of an internal combustion engine

The article is devoted to the design and operation of spark plugs in internal combustion engines.

Key words: spark ignition, internal combustion engine, item, suggestion, and concept.

Эксплуатация свечей зажигания

Свеча зажигания — один из важнейших элементов двигателей внутреннего сгорания. Правильно подобранные свечи способны увеличить производительность двигателя, сократить расходование бензина, избежать детонации в двигателе внутреннего сгорания и увеличить срок службы поршней.

Свеча зажигания — это устройство для воспламенения топливоздушная смеси в двигателе внутрен-

него сгорания. Система зажигания реализует подачу высокого напряжения (ВН) через катушку зажигания к свече. На концах электродов создается напряжение несколько киловольт, в искровом промежутке образуется стример, что способствует пробою длинных промежутков между анодом и катодом, и воспламенению смеси в цилиндре.

Устройство свечи зажигания (рис. 1):

1. Контактный вывод;
2. рёбра изолятора;

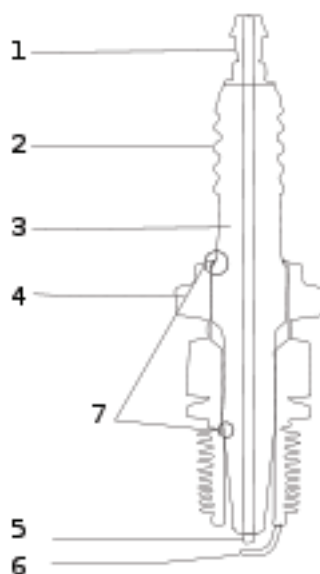


Рис. 1. Устройство свечи зажигания

3. изолятор;
4. металлическая оправа;
5. центральный электрод;
6. боковой электрод;
7. уплотнитель.

Свеча зажигания состоит из металлической оправы, изолятора и центрального проводника.

Свеча зажигания, кроме выполнения своей непосредственной задачи, представляется указателем на механические и электрохимические процессы, протекающих во время запуска поршневой системы мотора, и дальнейшей его работы. Свеча, работающая в исправном состоянии, не оставляет налета после воздействия на электроды и керамическая юбка изолятора становится светло-серого цвета либо слегка коричневого (рис. 2).



Рис. 2. Нормально работающая свеча зажигания

Катод центрального электрода, покрытый бархатисто-чёрными остатками продуктов сгорания (рис. 3), является признаком превышенного максимального значения октанового числа в топливовоздушной смеси,

вследствие чего, двигатель страдает от повышенного расхода топлива. Обратный эффект грозит перегревом камеры сгорания, что скажется на цвете электрода (рис. 4).



Рис. 3. Катод центрального электрода, покрытый бархатисто-чёрными остатками продуктов сгорания



Рис. 4. Центральный и боковой электроды покрыты налётом пепельного цвета

При красноватом оттенке изолятора наконечника свечи зажигания (рис. 5), возможно шунтирование катода через токопроводящий налет на поверхности изоляции. При этом свеча зажигания может стать неисправной из-за

плохой напряженности искрового промежутка, это говорит об избыточном количестве присадок содержащихся в топливе, которые оседают в виде металлических отложений.



Рис. 5. Красноватый оттенок изолятора наконечника свечи зажигания

Влажные чёрные маслянистые отложения на кончике изолятора наконечника и электродов, особенно в резьбовой части (рис. 6), зачастую наблюдаются при повышенном расходе масла двигателя в следствии чего появляется синий или бело-синий дым из выхлопной трубы машины. Причиной этого может быть сильно изношенные поршневые кольца или стенки цилиндров, или масло-

съемные колпачки. Масло, втянутое в камеру из-за чрезмерного зазора в направляющих штока клапана, или сильно изношенных уплотнителей клапанов также указывает на неисправности свечей. Последний вариант по исправлению наблюдаемых негативных признаков, поменять свечи зажигания на другие, у которых калильное число меньше.



Рис. 6. Влажные, чёрные масляные отложения на кончике юбки и электродов

Свечи зажигания, имеющие на тепловом конусе свечи нагар белого или желтого цветов, говорит о перегреве свечи зажигания, который может быть вызван несоответствием типа свечи двигателю, слабой затяжкой свечи или ненадлежащим уплотнением, или неправильно отрегулированным углом опережения зажигания. Как правило, пе-

регрев свечи сопровождается повышенной эрозией электродов и потерей тяговитости двигателя и повышенным расходом бензина. В конечном итоге возможно образование так называемого мостика, между электродами приводящего к выходу из рабочего состояния свечи зажигания и как следствие одного из цилиндров двигателя.



Рис. 7. Наличие на тепловом конусе свечи зажигания нагара белого цвета и соединение электродов с помощью продуктов сгорания и плавления металлов

Активно протекающая реакция свинца, содержащегося в топливно-воздушной смеси, с выступающей вокруг центрального электрода металла свечи зажигания (рис. 8), сопровождаются глянцевыми отложениями на нижней части

корпуса свечи зажигания. На высоких оборотах двигателя возможны пропуски зажигания при наблюдаемом воздействии. Также в дальнейшем возможна эрозия бокового электрода, изготовленного из никелевого сплава (рис. 9).



Рис. 8. Активно протекающая реакция свинца с выступающей вокруг центрального электрода металла свечи зажигания



Рис. 9. Активно протекающая реакция свинца с боковым электродом

Металлическая «молния» на внешнем изоляторе свечи зажигания указывает на результат того, что искровой зазор между электродами свечи сильно расширился из-за износа электродов, и свече зажигания требуется гораздо более высокое напряжение, при этом, изолятору свечи зажи-

гания недостаточно диэлектрических свойств, чтобы удержать заряд, в ходе чего происходит пробой. Как правило, возникновение искрового промежутка между электродом и верхним контактом штепсельного соединения свечи зажигания наиболее вероятно на двигателях с турбонаддувом.

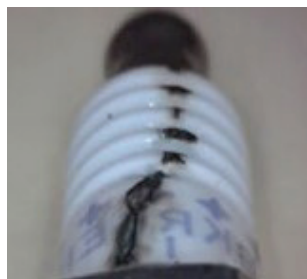


Рис. 10 Металлическая «молния» на внешнем изоляторе свечи зажигания

Коррозия корпуса свечи зажигания возникает при взаимодействии металлов с водой и другими реагентами, воз-

никает в основном из-за плохой гидроизоляции подкапотного пространства.



Рис. 11. Коррозия корпуса свечи зажигания

Механическое повреждение свечей зажигания (рис. 12) происходит в следствии детонация и образования сверхдавления, которое разрушает нижнюю часть корпуса свечи зажигания из-за малой прочности рабочей поверхности.

В ходе эмпирически данных, возникновение подобных случаев наблюдается при неверно настроенном угле опережения зажигания, неисправном клапане рециркуляции выхлопных газов, резком охлаждении свечи или браковке самого изделия.



Рис. 12. Нижняя часть корпуса свечи зажигания. Механическое повреждение

Также в результате попадания посторонних предметов в камеру сгорания возможен выход из строя цилиндров

двигателя и как результат разрушение бокового электрода или некоторых деталей свечи зажигания целиком (рис. 13).



Рис. 13. Механическое повреждение свечи зажигания

Последний индикаторный признак свечи зажигания — это ее износ. В процессе работы растёт зазор между электродами, что требует большего напряжения для выдачи искры. Нормальные темпы роста зазора для большинства

свечей принято считать следующими: для четырёхтактных двигателей: 0.01~0.02 мм на каждые 1 000 км пробега; для двухтактных двигателей: 0.02~0.04 мм на каждые 1 000 км пробега.



Рис. 14. Износ свечи

Исправная топливная система в высокой степени зависит от системы зажигания. При правильном выборе свечей,

обычно отталкиваются от геометрических размеров и калильного числа, которое указывает на тепловой режим работы.

Литература:

1. Росс Твег. Руководство. Системы зажигания легковых автомобилей. Издательство: ЗАО «КЖИ» — «За рулем», 2004.
2. Немцов М. В., Немцова М. Л. Электротехника и электроника. Издательство: ИЦ «Академия», 2013.
3. Двигатель НК-8—2У. Руководство по технической эксплуатации. Часть третья. Глава 80 — «Система запуска»
4. Матиешин И. Свечи зажигания: маркировка, характеристика, виды и какие лучше. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://etlib.ru/blog/466-svechi-zazhiganiya-markirovka-harakteristika-vidy-i-kakie-luchshe> свободный. Загл. с экрана. — Яз. рус.

ЭНЕРГЕТИКА

Гидравлическая система ветрогенератора для регулирования частоты вращения генераторного вала

Ахметов Ильвир Ильмирович, магистрант;

Петров Павел Валерьевич, кандидат технических наук, доцент

Уфимский государственный авиационный технический университет (Республика Башкортостан)

В современном мире наиболее применяемыми источниками электроэнергии являются тепло-, гидро- и атомные электростанции. Но эти источники не очень экологичны и наносят вред здоровью человека. Главным перспективным решением мировой и российской энергетики может служить переход на использование аль-

тернативных видов энергии, которые основаны на применении возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Они безопасны для экологии, а также для человеческого здоровья.

Современная наука выделяет 2 группы энергетических источников:

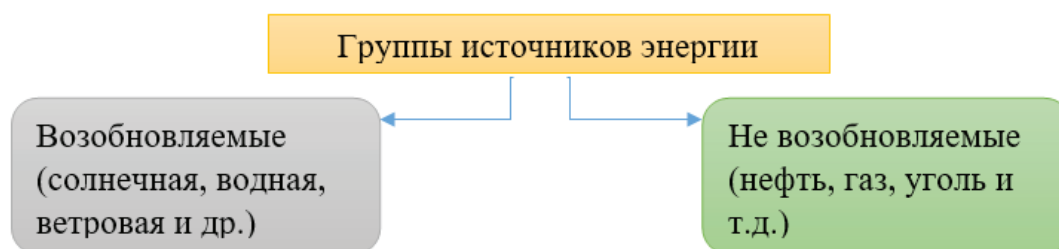


Рис. 1. Классификация энергетических источников

В данной работе рассмотрена одна из наиболее развиваемых на сегодняшний день отраслей ВИЭ — ветроэнергетика.

К началу 2016 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов превзошла суммарную мощность атомной энергетики и составила 432 гигаватта [1].

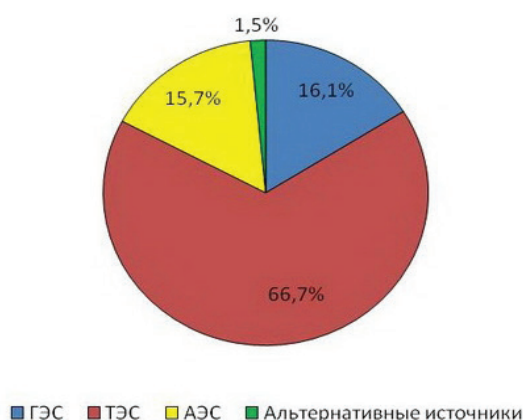


Рис. 2. Состояние Российской энергетики в 2014 году [1]

Россия — большая северная страна, и в ней есть, где разгуляться ветрам. Идеально место для ветроэнергетики. Но к сожалению данная отрасль в нашей стране не получила широкого развития. Эксперты давно определили, что

Россия владеет огромными ветропотенциалами. Энергетические ветровые зоны расположены в основном на побережье и островах Северного Ледовитого океана, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, на побережье

Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей, в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале.

Ветрогенератор — это устройство, которое преобразовывает кинетическую энергию ветров механическую

энергию вращения ротора и в дальнейшем преобразовывает её в электрическую энергию. Самым распространенным видом ветрогенераторов является трёхлопастной горизонтальный ветрогенератор с фиксированным шагом винта (Рис.3).

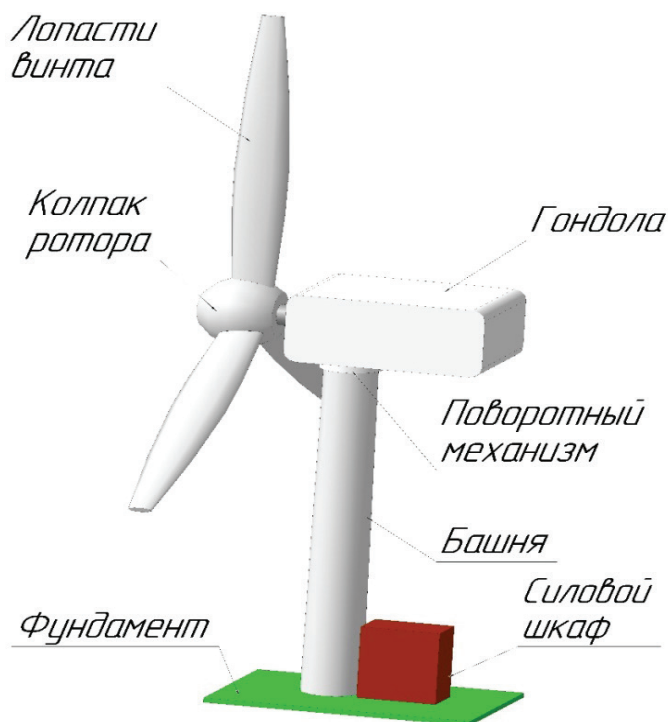


Рис. 3. Трёхлопастной горизонтальный ветрогенератор

Ветрогенератор с фиксированным шагом винта, в котором вал ветротурбины непосредственно связан напрямую с валом электрогенератора имеет следующие недостатки: возникает необходимость применения многополюсных генераторов для получения электроэнергии с промышленной частотой ~ 50 Гц, так как диапазон частоты вращения вала ветротурбины находится в различных пределах. Данные электромеханизмы обладают большими габаритами и массой, а также имеют сложную коммутационную аппаратуру, которая увеличивает стоимость ветроустановки [2].

Применение регулируемого объёмного гидропривода позволяет решить проблемы, описанные выше. Существует два варианта применения гидропривода в ветряке:

1) Изменение угла атаки лопастей с помощью гидроцилиндров;

2) Регулирование скорости вращения роторного вала ветрогенератора с помощью объёмного насоса с регулятором расхода;

Второй вариант является наиболее оптимальным, т.к. он является менее громоздким и использует всего один исполнительный гидродвигатель, тогда как для поворота лопастей требуется три гидродвигателя.

Рассмотрим более подробно второй вариант. В качестве объёмного насоса выбран аксиально-порш-

невой насос, т.к. этих гидронасосов диапазон регулирования частоты вращения намного шире (500–4000 об/мин), чем у радиально-поршневых, частота вращения которых ограничена величиной 1500 об/мин. Применение аксиально-поршневых насосов очень удобно для ветровых установок из-за изменения скорости ветра. Принцип работы гидравлической системы этого ветряка состоит в следующем. При изменении скорости ветра изменится частота вращения ротора, а насос 1 будет регулироваться, настраиваясь при этом под нужную частоту вращения. Насос нагнетет гидравлическую жидкость к гидромотору 1. Мотор преобразует гидравлическую энергию в механическую. Также в гидросистеме присутствуют нерегулируемый аксиально-поршневой насос 2 и радиально-поршневой гидромотор 2, которые нужны для поворота платформы. Массо-габаритные характеристики платформы довольно большие, не менее 1300 кг с учетом массы лопастей. Чтобы повернуть такую платформу нужны большие усилия и высокие моменты. Как известно: гидропривод может передавать мощность на единицу массы привода; в частности, масса гидравлических машин примерно в 10–15 раз меньше массы электрических машин такой же мощности. В этом можно отметить ещё одно преимущество гидравлических приводов. Насос 2 будет приводиться во вращение с помощью элек-

тродвигателя, который в свою очередь будет работать от аккумулятора. Заряжать аккумулятор будет тот же генератор, что исключит внедрение дополнительных источников энергии. Скорость ветра может быть довольно критической, создавая не пригодные для насоса частоты вращения. Для этого перед насосом 1 будет установлен

редуктор 1. Также редуктор будет применен для поворота платформы, который нужно установить после гидромотора 2. Применение такой гидравлической системы позволит повысить надежность работы ветроэнергетической установки и улучшить качество вырабатываемой электроэнергии.

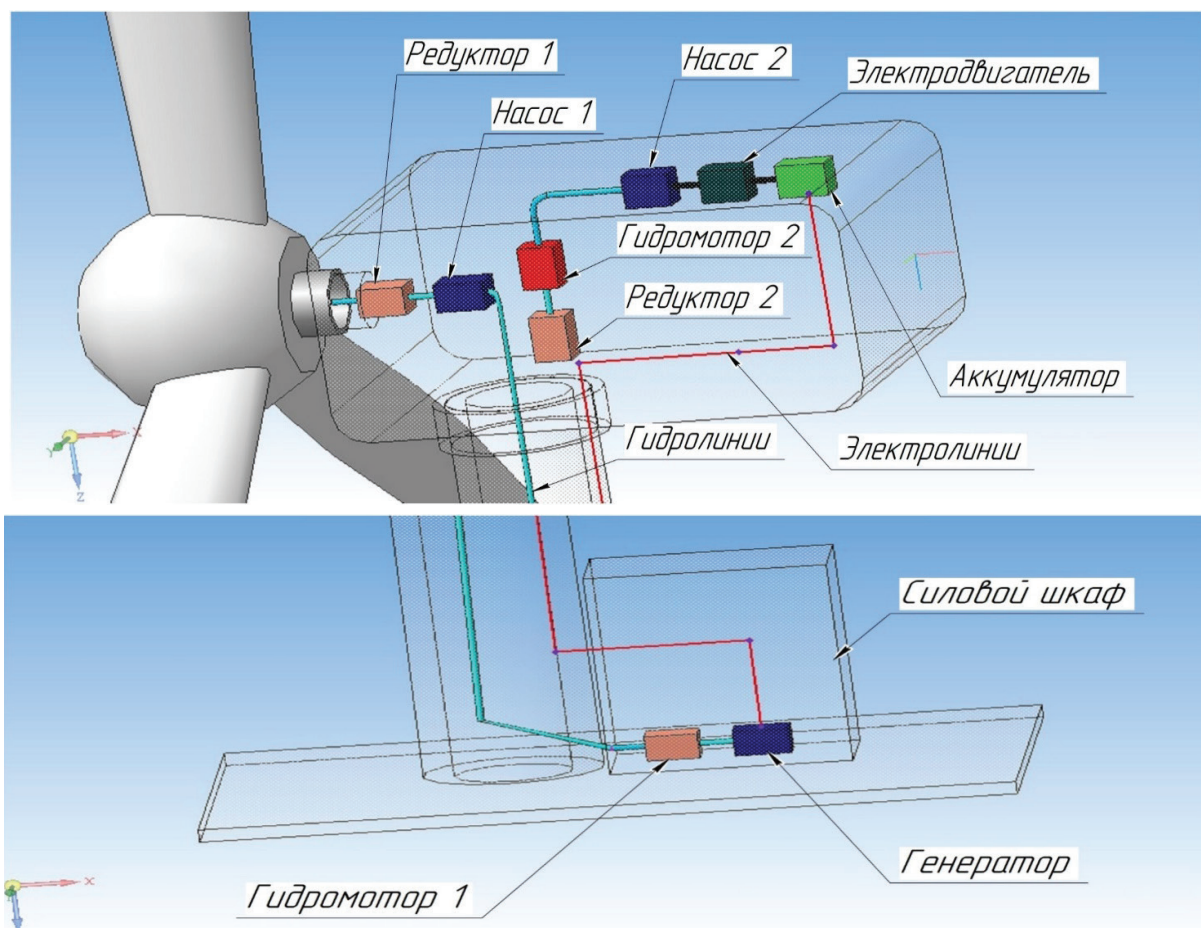


Рис. 4. Упрощенная гидравлическая система ветрогенератора

Литература:

1. Ветроэнергетика [Электронный ресурс] // «Википедия — Свободная энциклопедия» URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветроэнергетика> (дата обращения 02.03.2017)
2. Ветроэнергетическая установка с гидроприводом [Электронный ресурс] // «Независимый научно-технический портал» URL: <http://www.ntpo.com/38552-vetroenergeticheskaya-ustanovka-s-gidroprivodom.html> (дата обращения 03.03.2017)
3. Ахметов И. И., Галлямов Ш. Р. Ветрогенератор с использованием гидропривода для регулировки скорости вращения генераторного вала. Материалы Всероссийской НТК «Мавлютовские чтения», Уфа, УГАТУ. — 2015 С. 73–75

Системы оперативного постоянного тока для ПС 110–220 кВ

Горюнов Сергей Сергеевич, студент

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Система оперативного постоянного тока (далее СОПТ) — электроустановка, обеспечивающая автономное питание электроприемников постоянного тока для ПС в течение нескольких часов. Оперативный постоянный ток применяется на подстанциях (далее ПС) напряжением 35–750 кВ, для непрерывной работы терминалов релейной защиты и автоматики (РЗА), АСУТП и цепей управления коммутационными аппаратами, сигнализации.

Источником постоянного тока служат зарядно-подзарядные выпрямительные устройства (далее ЗПУ), работающие в буфере с аккумуляторной батареей (далее АБ) в режиме непрерывного заряда. Рекомендуется проектировать СОПТ на напряжение 220 В.

Аккумуляторные батареи являются наиболее надежным источником питания вторичных устройств, так как они обеспечивают автономное питание оперативных цепей при исчезновении напряжения переменного тока. В аварийном режиме батареи принимают нагрузку всех электроприемников постоянного тока, обеспечивая действие РЗА, а также возможность включения и отключения выключателей. Предельная продолжительность аварийного режима принимается равной 0,5–2,0 ч, необходимого для ликвидации аварии.

В России на электростанциях и ПС преимущественно используют свинцово-кислотные аккумуляторы, которые подразделяются на 2 типа:

- открытого типа — газы, выделяющиеся при заряде, выходят наружу, доливка электролита возможна;
- закрытого типа — при заряде, возможно, выпускать газ при превышенном давлении внутри АБ, доливка электролита невозможна.

По типу используемых положительных электродов аккумуляторы подразделяются:

- с поверхностными электродами (электродами Планте), называемыми G_{ro}E;
- с плоскими намазанными электродами, технология ОР;
- с решетчатыми намазными электродами, технология OGi;
- с панцирным (трубчатыми) электродами, технология OPzS.

По типу электролитов:

- жидкий электролит, классическая технология;
- загущенный желеобразный электролит (гелиевый), технология GEL;
- абсорбированный электролит, технология AGM.

Проектный срок службы АБ должен быть не менее 20 лет, значительно на срок службы аккумуляторов влияют:

- температура окружающей среды
- напряжение поддерживающего заряда

- пульсации тока в режиме поддерживающего заряда
- соблюдение правил ввода АБ в эксплуатацию

Основными требованиями к аккумуляторным батареям относят:

- Емкость АБ должна выбираться с учетом ограничения по глубине разряда аккумуляторов, а также с учетом возможных ограничений по импульсам тока разряда.
- АБ должна иметь датчик температуры.
- Аккумуляторы должны иметь фильтр — пробки, обеспечивающие снижение испарений электролита и позволять производить доливку дистиллированной воды не чаще, чем один раз в 3 года.
- Размещение АБ и ЩПТ должно обеспечивать применение соединяющего их кабеля минимальной длины, как правило, не более 20 м.
- Присоединение АБ к защитным аппаратам первого уровня должно осуществляться медными одножильными гибкими (многопроволочными) кабелями с кислотоустойчивой изоляцией.
- Суммарная индуктивность цепей, соединяющих АБ и ЩПТ, должна обеспечивать значение постоянной времени, не более 5 мс.
- Корпуса аккумуляторов должны изготавливаться из ударопрочного материала, не поддерживающего горения.
- АБ должны размещаться в разных помещениях. Допускается установка 2-х АБ в одном помещении, при условии их разделения негорючими перегородками.
- Аккумуляторное помещение должно быть оборудовано принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.
- И другие не менее важные

В настоящее время запрещается использовать аккумуляторы закрытых типов с гелевым электролитом, технология GEL, кроме их использования в ШОТ. Также запрещается подключать какую-либо нагрузку к части элементов АБ.

При этом стоит отметить, что выбор АБ не должен исходить только из емкостной характеристики, всегда стоит помнить об особенностях разрядных характеристик, внутреннего сопротивления аккумулятора и ограничений по условиям эксплуатации. К примеру, установка более дешевой АБ «OPzS» может сократить расходы при строительстве ПС, но учитывая внутренне сопротивление которое в 1,5–2 раза больше чем у других фирм, срок службы «OPzS» уменьшается в 2–3 раза.

Современные АБ систем оперативного постоянного тока предъявляют весьма жесткие требования к зарядно-подзарядным устройствам (далее ЗПУ):

- стабильность напряжения в режиме непрерывного подзаряда должна быть не хуже $\pm 1\%$. Также должна производиться корректировка заряда, зависящая от температуры АБ;

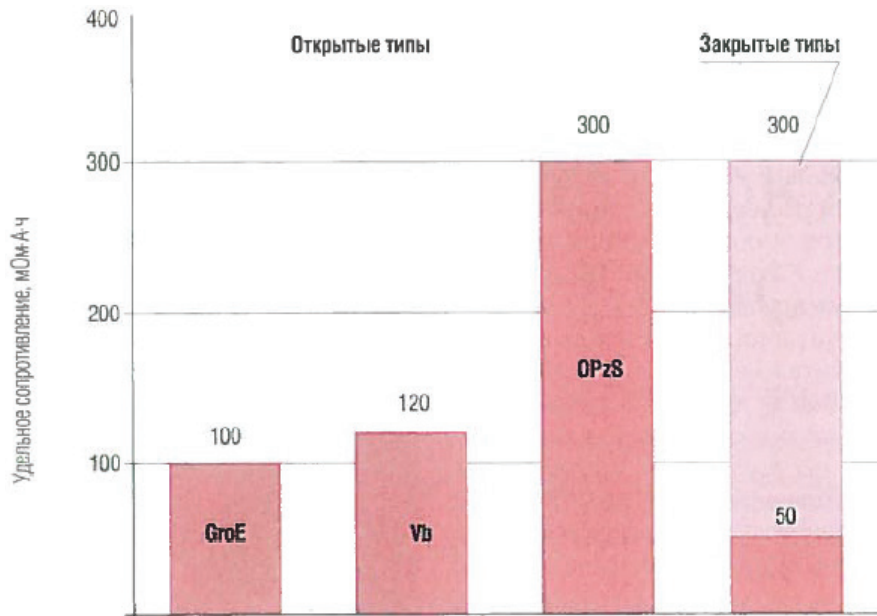


Рис. 1. Удельное внутреннее сопротивление аккумуляторов

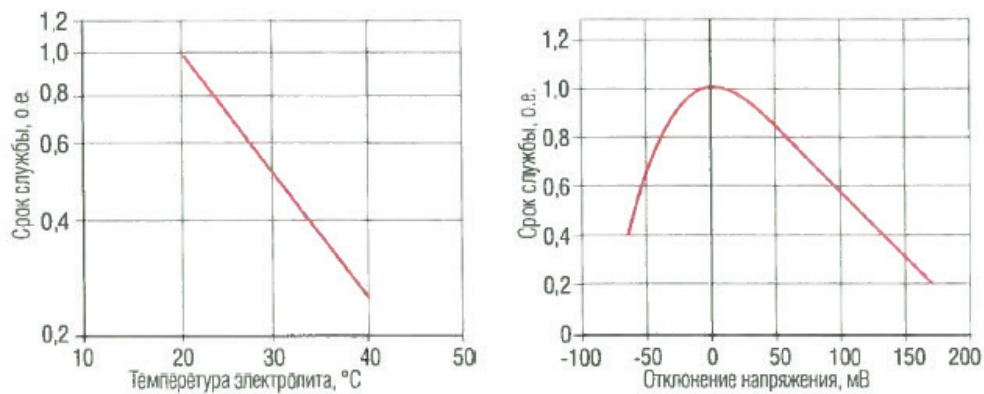


Рис. 2. Зависимость срока службы аккумулятора от температуры электролита

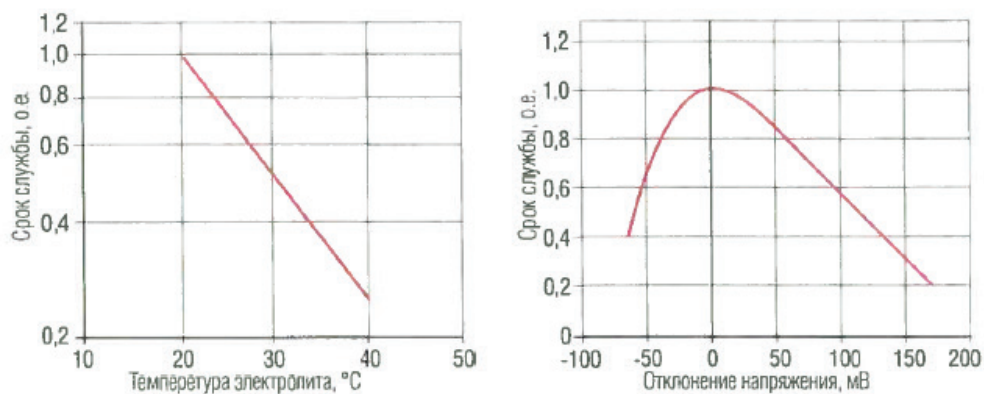


Рис. 3. Зависимость срока службы аккумулятора от напряжения поддерживающего заряда

- переменная составляющая выпрямленного тока не должна превышать 0,25%, а в ряде случаев и 0,1% для аккумуляторных батарей закрытого типа;
- на начальной стадии заряда разряженной аккумуляторной батареи необходимо обеспечить ограничение за-

рядного тока на уровне $(0,1-0,3) \cdot C_{10}$, где C_{10} — емкость 10 часового разряда батареи;

- обеспечивать свободный переход от одного уровня нагрузки к другому без колебаний и провалов выходного напряжения;

— Ограничение тока короткого замыкания. При возникновении короткого замыкания на стороне постоянного тока ЗПУ должно переводиться в режим ограничения тока. Отключение ЗПУ должно производиться с выдержкой времени около 0,5 с;

— И другие.

Для увеличения срока службы АБ необходимо следить за работой ЗПУ на протяжении всего срока эксплуатации, особое внимание уделяется одновременным снабжением питания аппаратуры и осуществлением состояния полного заряда аккумуляторной батареи.

При возникновении чрезвычайной ситуации либо короткого замыкания огромное значение имеет готовность АБ принять нагрузку вторичных цепей. Поэтому для увеличения надежность АБ ставится по 2 зарядных устройства на одну батарею и отдельный щит постоянного тока (ЩПТ). ЗПУ должно иметь опции автоматического контроля цепи заряда и самодиагностики аккумуляторной батареи, автоматический ввод резерва при потере источника переменного тока и температурной коррекции подзарядного напряжения. Так же ЗПУ осуществляет компьютерный контроль и управление режимами, входит в систему АСУ ТП. С учетом этих требований разработаны серии ЗПУ с микропроцессорным управлением.

В существующих аналогах обычно имеется две структуры ЗПУ:

— моноблочная структура — при возникновении неисправности в одной из стоек выводится полностью из работы;

— блочная структура — вся система разбита на несколько параллельно работающих блоков. При отказе одного из них (или нескольких) вся система остается работоспособной.

По исполнению блочной структуры подразделяются на две разновидности:

— блочно-иерархическая (с сосредоточенным интеллектом);

— блочно-роевая (с распределенным интеллектом).

В блочно-иерархической структуре значительно надежнее моноблочной, но и она содержит ряд недостатков. Во-первых, при повреждении главного блока функции управления системой должен взять другой блок. Смена главного блока многократно усложняет алгоритм управления всей системой в целом. Во-вторых, работа в электромагнитной среде, с сильными электромагнитными полями и возмущениями, неминуемо приводит к помехам. Вероятность одновременного сбоя в их работе и «зависания» резко возрастает, что приводит к отказу всей системы.

Выходом из положения является использование оптоволоконных линий связи. Но это приводит к существенному усложнению всей системы, со всеми вытекающими из этого последствиями.

Наиболее надежной является блочно-роевая структура, где каждый блок работает независимо от остальных, отсутствуют физические информационные связи. В этом

случае отсутствует единый управляющий и координирующий центр. Программа управляет блоками поровну. При этом появляется возможность использовать простые процессоры с жесткой логикой, которые гарантируют от сбоев посредством простых алгоритмов. В таком случае отказ всей системы из-за электромагнитных помех практически равняется нулю. При отказе одного блока, вся система будет продолжать устойчиво работать дальше. Разработать и создать систему с блочно-роевой структурой значительно сложнее, чем блочно-иерархическую, но надежность системы значительно выше.

Для подключения источников питания (АБ и ЗУ) и распределения электроэнергии по группам электроприемников СОПТ используют щит постоянного тока (ЩПТ). В состав щита серии ШНЭ8700 входят (рис. 4):

- шкафы ввода;
- шкафы секционирования;
- шкафы отходящих линий;
- шкафы аварийного освещения;
- шкафы автоматики и управления.

Несмотря на относительно небольшие размеры ЩПТ выполняет множество функций:

- ввод выпрямительных устройств и электроэнергии от АБ с необходимым уровнем напряжения и мощности;
- выдача нагрузки потребителям;
- селективная защита вводов и отходящих линий от токов перегрузки и КЗ;
- резервирование системы распределения электроэнергии путем секционирования шин;
- бесперебойное питание цепей аварийного освещения;
- защита от перенапряжений в системе оперативного постоянного тока;
- организация налаженной работы цепей управления, сигнализации и контроля;
- непрерывный автоматический контроль напряжения на шинах ЩПТ с формированием сигнала о его отклонении от номинального значения;
- непрерывный автоматический контроль сопротивления изоляции сети постоянного тока относительно земли с формированием сигнала о падении сопротивления изоляции ниже допустимого уровня.
- непрерывный автоматический контроль уровня пульсации на каждой секции ЩПТ с формированием сигнала при увеличении уровня пульсации выше заданной нормы;
- формирование обобщенного аварийного сигнала при срабатывании защиты и при отсутствии питания цепей защиты;
- местная и дистанционная сигнализации;
- регистрация аналоговых и дискретных сигналов аварийных событий в системе оперативного постоянного тока;
- возможность передачи информации о состоянии каждого щита постоянного тока и выпрямительных устройств АСУ ТП;

— измерение аналоговыми или цифровыми приборами основных параметров АБ;

Основные требования к ЩПТ:

— количество ЩПТ на ПС должно быть равно числу АБ;
— размещение коммутационных и защитных аппаратов, устройств контроля изоляции, устройств мониторинга, устройств защиты от перенапряжений, устройств регистрации аварийных событий, местной сигнализации, рядов клемм для присоединения кабельных линий в пределах каждого ЩПТ;

— должен иметь секции шин или сборки с отдельными цепями ввода питания для кабельных линий, питающих микропроцессорные терминалы и цепи, не выходящие за пределы ОПУ, релейного щита и секции шин или сборки с отдельными цепями ввода питания для кабельных линий.

Для более безопасного использования в работе ЩПТ на все дверцы камер обязательно устанавливаются замки, внутри щита должно быть предусмотрено место для предохранителей (рис. 5). Разрешается установка «мигающего плюса» для удобства использования и контроля СОПТ.



Рис. 4. Щит постоянного тока (ЩПТ) серии ШНЭ8700 предназначен для ввода и распределения электрической энергии постоянного тока в системах оперативного постоянного тока собственных нужд электростанций и подстанций



Рис. 5. Панель ввода с разъединителями и встроенными предохранителями

Причиной повреждения изоляции могут быть как термические, так и динамические воздействия. Под действием внешнего электрического или магнитного поля, агрессивной окружающей среды, переходных коммутационных процессов происходит перенапряжение в цепях, которое в свою очередь может вызвать ложное срабатывание МПРЗА. Одним из наиболее опасных источников перенапряжений, возникающих в СОПТ, являются электромагнитные приводы

выключателей. В процессе включения через катушку соленоида может протекать 440 А. Для защиты от перенапряжений в установках постоянного тока успешно применялись выпрямительные кремневые диоды с номинальным током 50А. После для предотвращения выхода диодов из строя стали применять более мощные диоды на номинальный ток 160 и 200 А. Диоды устанавливаются в ЩПТ между полюсами аккумуляторной батареи и землей (рис. 6).

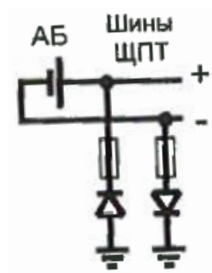


Рис. 6. Установка защитных кремневых диодов в старых ЩПТ

При таком подключении любое внешнее напряжение относительно земли, приложенное к одному полюсу установки, срезается, либо до нулевого значения, либо до напряжения аккумуляторной батареи. Следовательно, для защиты от перенапряжений могут использоваться обычные силовые диоды.

Из представленного рисунка видно, что диоды не позволяют напряжениям полюсов сети СОПТ относительно земли возрастать выше уровня напряжения АБ (рис 7). Стоит заметить, что рассеиваемая энергия может составлять до 50 КДж при импульсе до 10 мс.

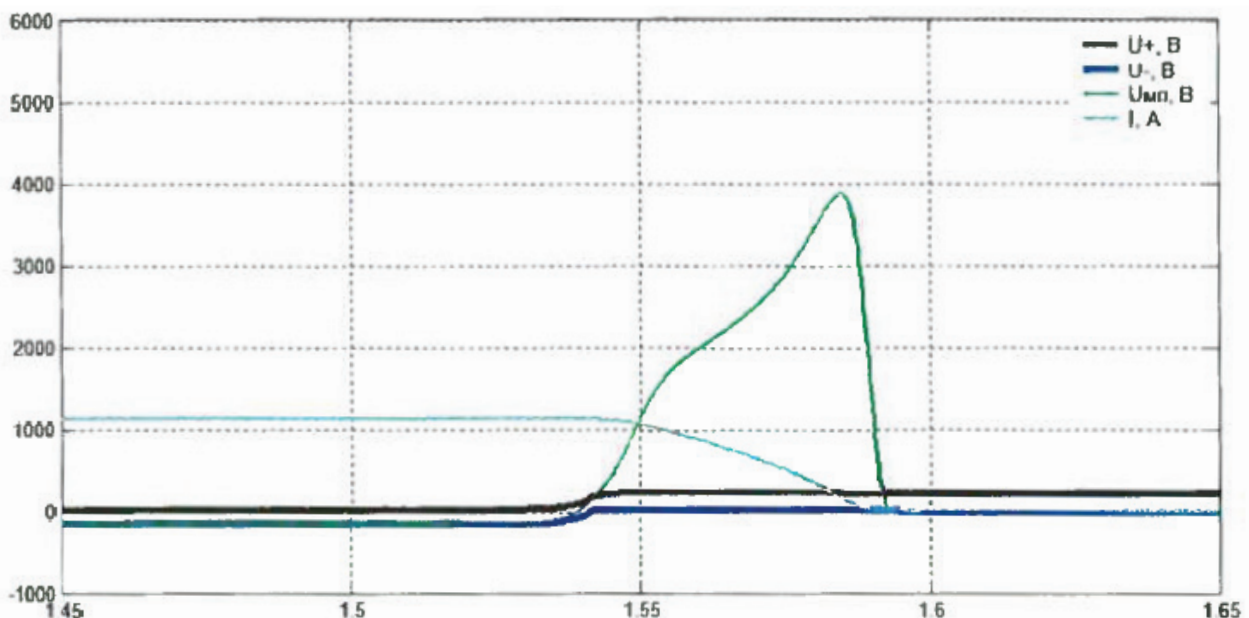


Рис. 7. Напряжение полюсов относительно земли, межполюсное напряжение и ток соленоида при использовании диодной защиты от перенапряжений

Заключение: СОПТ являются частью энергосистемы отвечающей за нагрузку в цепях постоянного тока. Огромное значение на корректную работу подстанции в аварийных режимах и не только играет правильное функционирование аккумуляторных батарей и зарядно

подзарядных устройств. Щиты постоянного тока отвечают за самоконтроль системы и защиту аппаратуры вторичных цепей. При проектировании необходимо полагаться на нормативные ссылки и технические требования системы оперативного постоянного тока.

Литература:

1. СТО 56947007–29.120.40.041–2010. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования: Стандарт организации. ОАО «ФСК ЕЭС», 2010.
2. СТО 56947007–29.120.40.102–2011. Методические указания по инженерным расчетам в системах оперативного постоянного тока для предотвращения неправильной работы дискретных входов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС: Стандарт организации. ОАО «ФСК ЕЭС», 2011.
3. Бурдасов Б. К., Нестеров С. А., Трошкин В. М. Современные зарядные устройства для систем оперативного постоянного тока электрических подстанций. Саранск. ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева».
4. Абрамов. Ю. Системы оперативного постоянного тока (СОПТ). Донской Государственный Технический Университет. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/6023609> свободный. Загл. с экрана. — Яз. рус.
5. Пономаренко И. С., к.т.н., доцент, Сумин А. Г., ст.н.с., Бурковский А. Е., н.с. Комплексное техническое обеспечение питания сети оперативного постоянного тока. Московский энергетический институт (ТУ) ООО Фирма «Энергоконтроль». [Электронный ресурс] Режим доступа: http://ieport.ru/tech_biblio/7977-kompleksnoe-technicheskoe-obespechenie-pitaniya.html свободный. Загл. с экрана. — Яз. рус.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бесконтактное выявление и оценка глубины питтинговых коррозионных повреждений стенок металлических изделий магнитным методом

Шаранова Дарья Александровна, аспирант
Санкт-Петербургский государственный горный университет

На сегодняшний день технология MFL (Magnetic Flux Leakage) — технология магнитного вида неразрушающего контроля, использующая, в соответствии с ГОСТ Р 55612–2013, метод эффекта Холла для анализа магнитного поля рассеивания дефекта) широко применяется ведущими компаниями, т.к. при ее использовании не требуется специальная подготовка поверхности металла и допускается наличие изолирующих покрытий (лакокрасочных, эпоксидных и др.) толщиной до 5 мм.

Основной целью контроля MFL дефектоскопом является оперативное выявление дефектов на первоначальном этапе их формирования, для исключения предпосылок техногенных катастроф. Следовательно, необходимо выявлять дефекты глубиной не более 10...30% от толщины дна. На сегодняшний день ни один из существующих MFL — дефектоскопов не способен гарантированно выявлять дефекты глубиной до 30% утонения во всем диапазоне толщин от 4 до 16 мм.

Метод рассеянного (вытесненного) магнитного потока является одним из основных методов магнитного вида НК для выявления:

- механических повреждений (продольных или поперечных разрывов или трещин с большим раскрытием) бесшовных и сварных труб, в том числе толстостенных;
- дефектов продольных сварных швов труб [1].

Рассмотрим возможность его применения для выявления питтинговых коррозионных повреждений листовых

ферромагнитных материалов под диэлектрическими защитными покрытиями.

При расположении П — образного постоянного магнита на некотором расстоянии от стенки ферромагнитного изделия часть силовых линий прерывается на границе разделов двух сред (магнит — воздух и воздух — стенка изделия) с отличающимися значениями магнитной проницаемости μ_i [2].

Нормальная H_{ni} (к поверхности раздела) составляющая напряженности магнитного поля испытывает скачок при переходе из одной среды в другую, а тангенциальные составляющие изменяются при переходе через границу раздела сред непрерывно.

При использовании редкоземельных магнитов (Nd-Fe-B) с индукцией порядка 1 ... 1,1 Тл достигаемое высокое значение магнитной проницаемости $\mu_{ст}$ низкоуглеродистых сталей приводит к тому, что снаружи на границе раздела воздух/сталь магнитные силовые линии направлены практически перпендикулярно к поверхности, в то время как в объеме изделия они стремятся проходить практически параллельно поверхности, что обеспечивает минимальное сопротивление магнитной цепи [1,2].

На рис. 2 приведена картина магнитного поля П-образного постоянного магнита над плоским ферромагнитным листом с относительной магнитной проницаемостью $\mu_{ст}$. При определенных соотношениях толщины стенки и размеров магнита практически все силовые линии магнитного

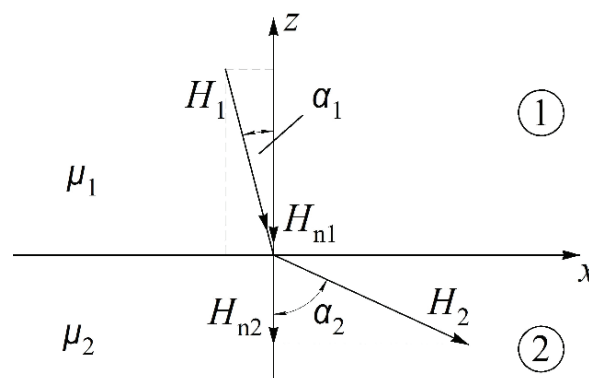


Рис. 1. Преломление (скачок) силовых линий на границе раздела двух сред

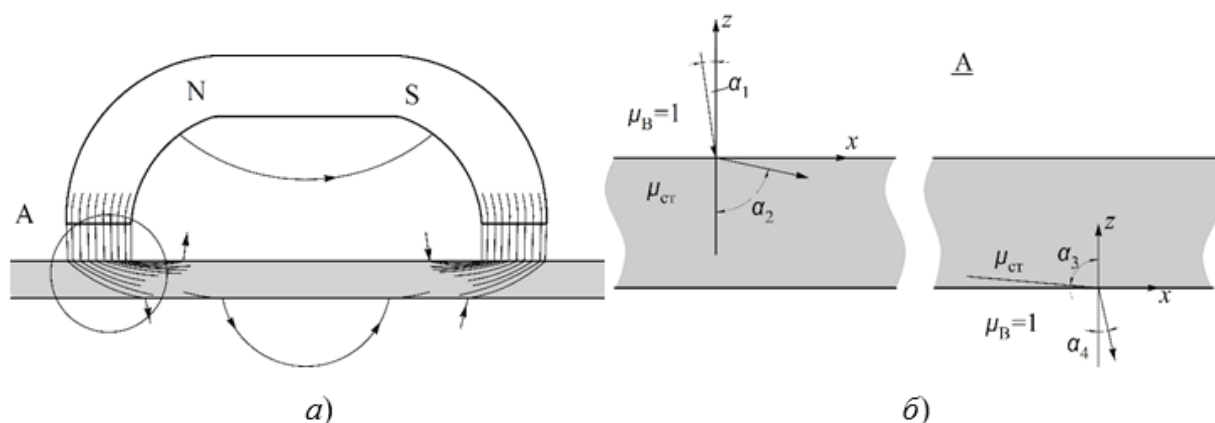


Рис. 2. Картина силовых линий магнитного поля П-образного магнита над плоским ферромагнитным листом (а) и, увеличенно, участка А под полюсом магнита (б)

потока будут проходить внутри стенки изделия, лишь незначительная часть из них выйдет с противоположной стороны стенки, что иллюстрируется вырезкой А [1].

В случае если на одной из поверхностей листа будет участок с локальным утонением (например, питтинговой коррозией), то произойдет изменение картины магнитного поля (рис. 3).

Плотность силовых линий в районе дефекта возрастет, и часть магнитных силовых линий выйдет из листа, как со стороны установки магнита, так и с противоположной стороны (произойдет рассеяние магнитного потока), что может быть зафиксировано путем измерения нормальной составляющей напряженности магнитного поля H_i или магнитного потока Φ_i , пронизывающего индукционную обмотку площадью S :

Первичные измерительные преобразователи (в дальнейшем преобразователи), реализующие рассматриваемый метод, представляют собой П — образные магнитопроводы с вставками из постоянных редкоземельных магнитов (Nd-Fe-B) и многоканальную систему чувствительных элементов, располагаемых симметрично между

полюсами магнитопровода в области магнитного поля одной интенсивности (рис. 4).

Базовые преобразователи имеют следующие размеры: длина магнита $A = 25$ мм, высота магнита $C = 10$ мм, высота ярма $E = 20$ мм, высота полюса $D = 25$ мм, расстояние между полюсами $L = 50$ мм, зазор $Z = 5$ мм. Ширина магнитопровода составляет порядка 40 мм. Преобразователи предназначены для выявления плоскостной и питтинговой коррозии изделий с толщиной стенки $T = 6 - 16$ мм. При $l \approx H$ гарантированно выявляются искусственные дефекты глубиной от $h = 1,8$ мм ($T = 6$ мм) до $h = 8$ мм ($T = 16$ мм). В качестве чувствительных элементов используются преобразователи Холла, анализирующие изменение нормальной составляющей B_z магнитной индукции в точке наблюдения при перемещении преобразователя относительно дефекта вдоль оси x (начало системы координат связано с центром пропила) [1,2,3].

Представляется вероятным, что не для всех диапазонов изменения T и h чувствительность преобразователя, характеризующаяся изменением амплитуды B_z (в зоне коррозионного повреждения, будет оптимальной).

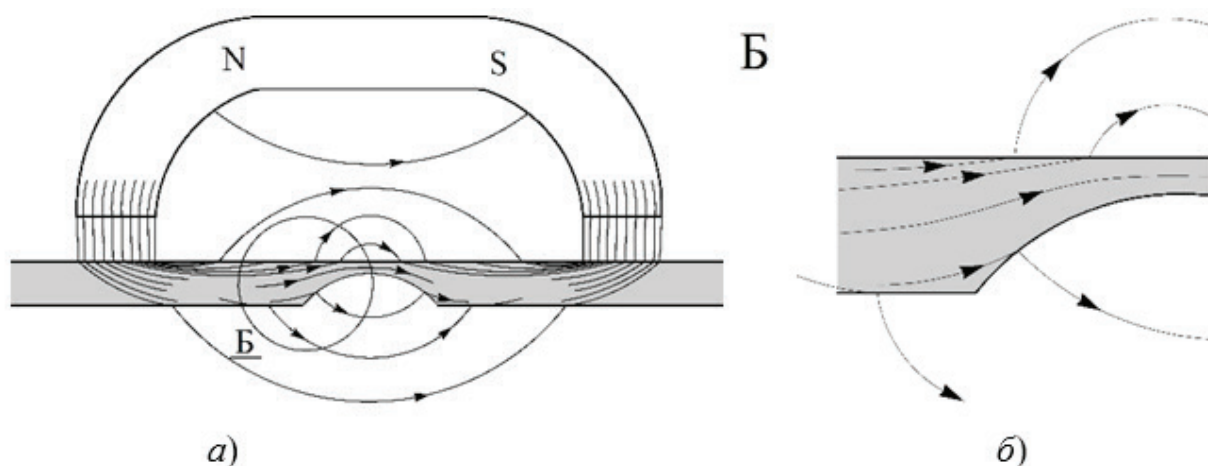


Рис. 3. Картина силовых линий над плоским ферромагнитным листом с утонением (а) и, увеличенно, участка Б в районе дефекта (б)

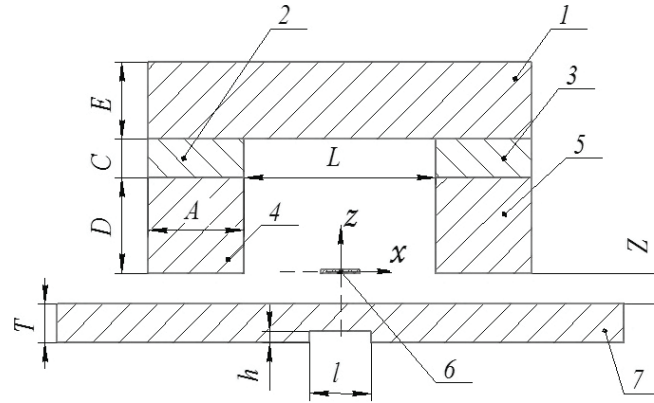


Рис. 4. Структура первичного измерительного преобразователя, реализующего метод MFL и объект контроля с искусственным дефектом в виде поперечного пропила, имитирующим коррозионное повреждение стенки (1 – ярмо магнитопровода, 2 и 3 – редкоземельные магниты, 4 и 5 – полюса магнитопровода, 6 – чувствительный элемент/точка наблюдения, 7 – стальной лист с искусственным дефектом)

Основные показатели качества преобразователей:

- чувствительность преобразователя $d/dh(B_z(h, T))$, определяющая абсолютную погрешность измерения $\Delta h(h, T)$, а также диапазон измерения $h_{\min} — h_{\max}$;
- минимально возможные размеры магнитопровода обеспечивающие заданные $\Delta h(h, H)$ и $h_{\min} — h_{\max}$ в требуемом диапазоне толщин $T_{\min} — T_{\max}$ стенок изделий;
- массогабаритные и эргономические характеристики.

Для обеспечения требуемых показателей качества необходимо искать компромиссное решение, учитывающее взаимосвязанные показатели: диапазон измерения $h_{\min} — h_{\max}$, погрешность измерения $\Delta h(h, T)$, диапазон толщин $T_{\min} — T_{\max}$ и минимально возможные размеры преобразователя [4].

При анализе преобразователя, представленного на рис. 4 будем полагать ширину магнитопровода много больше его высоты C и длины A , что позволяет исключить ее влияние при расчетах.

В настоящее время для решения задач, связанных с распространением электромагнитных полей широко применяются численные методы. Наиболее эффективным и широко используемым методом, является метод конечных элементов

Искомые значения параметров будем рассчитывать в узловых точках (узлах) — общих точках конечных элементов. Скалярный магнитный потенциал φ^M каждого конечного элемента представим в виде полинома, с постоянными в пределах этого элемента коэффициентами

$$\varphi^M = a_i + b_i x + c_i y$$

Основная задача расчета методом конечных элементов — определить коэффициенты a_i, b_i, c_i . После нахождения коэффициентов появляется возможность рассчитать магнитный потенциал в любой точке пространства модели. Исходные данные, дополненные граничными условиями, и энергетические зависимости приводят к системе алгебраических уравнений, которая позволяет рассчитать искомые коэффициенты полиномов во всех конечных элементах [2,3].

Применительно к задачам расчета магнитных статических полей при граничных условиях первого рода (условия Дирихле) минимизируемым функционалом является величина, пропорциональная запасенной в пространстве магнитной энергии:

$$W_M = 0,5 \cdot \int \mu \mu_0 H^2 dv,$$

где μ — магнитная проницаемость среды, H — напряженность магнитного поля.

Так как $H = -\text{grad}\varphi^M$, то минимизируемый функционал можно записать в виде:

$$W_M = 0,5 \cdot \int \mu \mu_0 (\text{grad}\varphi^M)^2 dv,$$

а искомой (минимизирующей) функцией будет $\varphi^M(\xi, \zeta, \eta)$, при которой $W_M\{\varphi^M\} = \min$.

В качестве функционала выступает сумма магнитных энергий, накопленных во всех конечных элементах. Как было указано выше, в данной модели элементы соприкасаются в общих, узловых, точках. Энергия элементов определяется магнитными потенциалами узловых точек

$$W = W\{\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_N\},$$

где N — число точек.

На основании анализа и определения магнитных потенциалов общих, узловых, точек, при которых W_M минимальна, формируется система алгебраических уравнений, рассчитываются магнитные потенциалы, вычисляются магнитная индукция и напряженность магнитного поля [2].

Под оптимальными геометрическими характеристиками преобразователя будем понимать такие характеристики и их соотношения, при которых достигается максимальная чувствительность в требуемой области измеряемых $h_{\min} — h_{\max}$ контролируемых изделий в диапазоне толщин стенки $T_{\min} — T_{\max}$ при минимально возможных габаритах.

При использовании программных продуктов, реализующих метод конечных элементов, можно сформулировать следующую постановку задачи расчета преобразователя: двумерная, осесимметричная, стационарная, в общем случае нелинейная, с открытыми границами со следующими допущениями:

- в достаточно удаленной от преобразователя зоне создаваемое им магнитное поле бесконечно мало;
- отсутствуют внешние магнитные поля;
- модель полностью стационарна (отсутствует временной и температурный дрейф физических характеристик преобразователя).

Согласно первым двум допущениям, в качестве граничных условий для моделей рассматриваемых первичных преобразователей можно назначить граничные условия первого рода (условия Дирихле). В нашей постановке это граничное условие применимо для задания нулевого значения нормальной составляющей вектора магнитной индукции на оси симметрии (в точке наблюдения) и для указания полного затухания поля на условно бесконечно

удаленных от преобразователя границах. Варьируемыми параметрами будут толщина пластины H , относительная координата $x^* = x/T$, относительная глубина $h^* = h/T$ при постоянной относительной ширине пропила $l^* = l/T = 1$. При расчетах примем величину зазора $Z = 5$ мм, а магнитную индукцию в магнитопроводе $B_m \approx 1,12$ Тл, соответствующую редкоземельным магнитам [4].

На рис. 5 в качестве примера представлены расчетные зависимости нормальной составляющей $B_z(h^*, x^*)$ магнитной индукции над листом из стали 1010 толщиной $T = 8$ мм с искусственным дефектом в виде поперечного пропила при $Z = 5$ мм, из которых видно, что максимальное значение $B_{zm}(h^*)$ достигается на краях пропила при $1/2x^* \gg 0,5$.

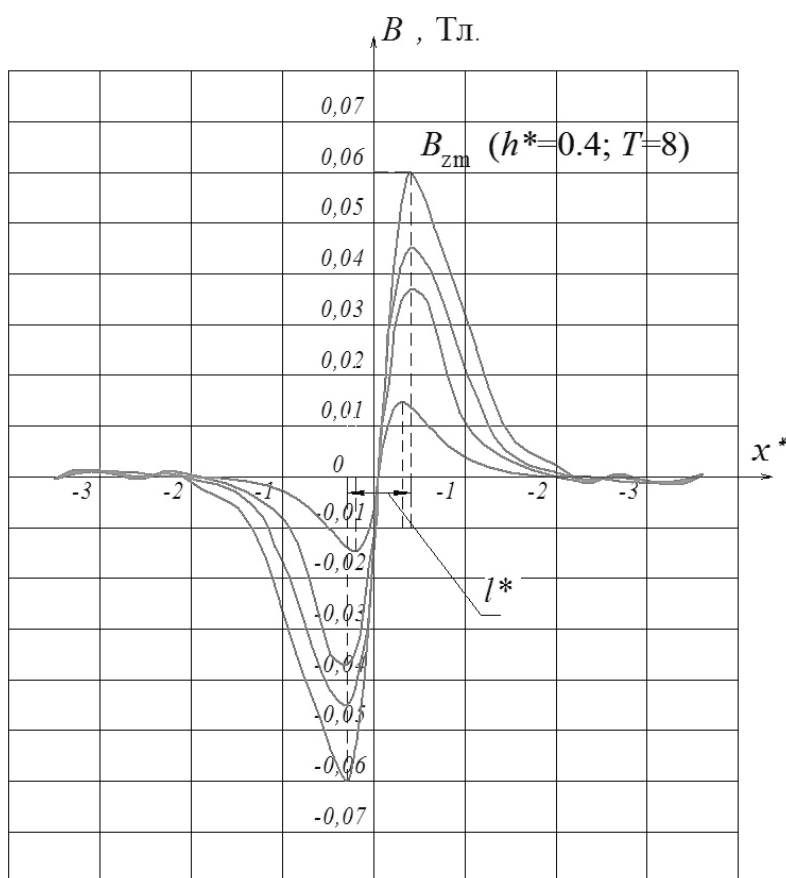


Рис. 5. Зависимость $B_z(h^*, x^*)$ над листом из стали 1010 толщиной $T = 8$ мм в районе поперечного пропила шириной $l^* = 1$ при $Z = 5$ мм

На рис. 6 представлены расчетные зависимости максимального значения $B_{zm}(h^*, T)$ нормальной составляющей магнитной индукции для рассматриваемой модели преобразователя над ферромагнитным листом из стали 1010 (аналог Ст10) с искусственным дефектом в виде поперечного пропила, выполненным в соответствии с рис. 4.

Из рис. 6 видно, что для чувствительность рассматриваемого преобразователя практически линейна и неизменна в широком диапазоне изменения h^* при $T = 6 \dots 8$ мм. Если $T = 2 \dots 4$ мм, то близкие характеристики по чувствительности обеспечиваются до $h^* = 0,15 \dots 0,2$. При увеличении

T более 10мм наблюдается существенное снижение чувствительности преобразователя в области малых значений h^* , имитирующих питтинговую коррозию. Расчеты показывают, оптимальными характеристиками преобразователь обладает в диапазоне $T = 5$ до 9 мм можно выявлять дефекты в диапазоне $h^* = 0,05 \dots 0,4$, а наибольшая чувствительность и максимальный диапазон h^* достигаются при $T = 7$ мм [2,3].

Из рисунка видно, что с использованием рассматриваемых преобразователей возможен контроль питтинговых коррозионных повреждений листовых ферромагнитных

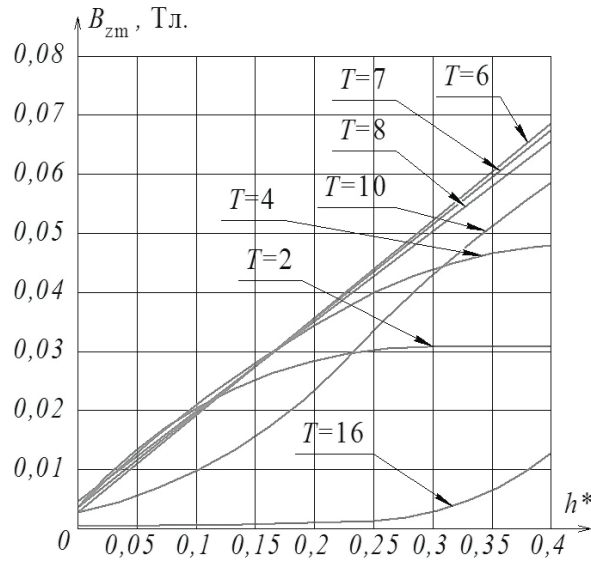


Рис. 6. Зависимость $B_{zm}(h^*, T)$ над листом из стали 1010 с искусственным дефектом в виде поперечного пропила шириной $l^* = 1$ при $Z = 5$ мм

материалов в воздушной и водной средах при наличии зазора между магнитной системой и поверхностью листового материала. При пересечении зоны дефекта на индукционной обмотке (чувствительном элементе) наведется эдс, площадь которой будет пропорциональна глубине дефекта

(питтингового коррозионного повреждения). Для каждого диапазона толщин будут существовать оптимальные габариты измерительного преобразователя. Влияние зазора может быть учтено введением канала магнитоиндукционного толщиномера.

Литература:

1. Потапов А. И., Сясько В. А., Соломенчук П. В. и др. Электромагнитные и магнитные методы неразрушающего контроля материалов и изделий. Т. 2: Электромагнитные и магнитные методы дефектоскопии и контроля свойств материалов. СПб.: Нестор-История, 2015. — 440 с.
2. А. И. Потапов, В. А. Сясько, О. П. Пудовкин. Оптимизация параметров первичных измерительных преобразователей, реализующих технологию MFL. «Дефектоскопия» 2015 г. № 8 стр. 64
3. Д. А. Слесарев, А. А. Абакумов. Обработка и представление информации в MFL методе неразрушающего контроля. Дефектоскопия, № 9, 2013 г, с. 3–9
4. Сясько В. А. Об использовании технологии MFL для выявления коррозионных повреждений обшивки судов / В. А. Сясько // В мире неразрушающего контроля. 2015. Т. 18. № . 3. С. 7–10. DOI: 10.12737/12563

СТРОИТЕЛЬСТВО

Решение задач строительной механики по определению максимального прогиба и основной частоты колебаний треугольных пластинок с помощью МИКФ

Фетисова Мария Александровна, кандидат технических наук, доцент
Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Для пластинок в виде равнобедренных с комбинированными граничными условиями (комбинация жесткого защемления и шарнирного опирания) построены аппроксимирующие функции по решениям, полученным с помощью МКЭ для задач поперечного изгиба пластинок равномерно распределенной нагрузкой и свободных колебаний в ненагруженном состоянии. Доказано, что эти аппроксимирующие функции ограничивают область распределения всего множества значений максимального прогиба и основной частоты колебаний треугольных пластинок произвольного вида, представленную в координатных осях «физическая характеристика — угол при основании треугольника». Показано, что с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ) можно с использованием найденных граничных кривых достаточно просто получить решение для пластинки в виде произвольного треугольника с комбинированными граничными условиями.

Ключевые слова: аффинное преобразование, интерполяция, коэффициент формы, комбинированные граничные условия, треугольник, пластинка

Теоретические основы МИКФ разработаны А. В. Коробко [1]. Сущность метода заключается в установленной автором функциональной взаимосвязи между интегральными физическими характеристиками пластинок F и коэффициентом их формы K_f , который для треугольных пластинок определяется по формуле

$$K_f = 2ctg(\alpha/2)ctg(\beta/2)ctg(\gamma/2), \quad (1)$$

где α , β и γ — углы треугольника.

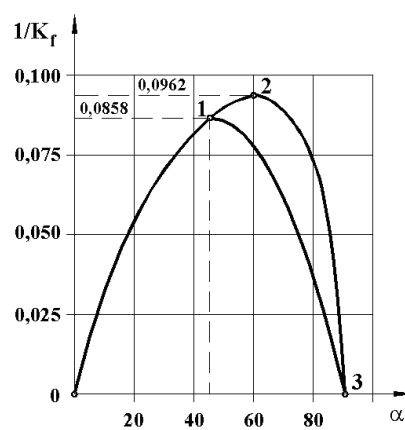


Рис. 1

Изучая изопериметрические свойства коэффициента формы и интегральных физических характеристик треугольных пластинок, было доказано, что при геометрических преобразованиях треугольной области эти два параметра изменяются подобным образом. Для иллюстрации этого утверждения рассмотрим рисунки 1 и 2. На рисунке 1 приводится график изменения величины $1/K_f$ для равнобедренных и прямоугольных треугольников в зависимости от правого угла при основании; на рисунке 2 — график изменения величины $1/\omega$ (ω — основная частота колебаний) для треугольных пластинок с шарнирным опиранием сторон (схема а)) и жестким защемлением по контуру (схема б)). На этих рисунках точка 2 соответствует правильному треугольнику, точка 1 — равнобедренному прямоугольному треугольнику; кривая

0—1 соответствует пластинкам в виде равнобедренных тупоугольных треугольников, кривая 1—2—3 — в виде равнобедренных остроугольных треугольников, кривая 1—3 — в виде прямоугольных треугольников.

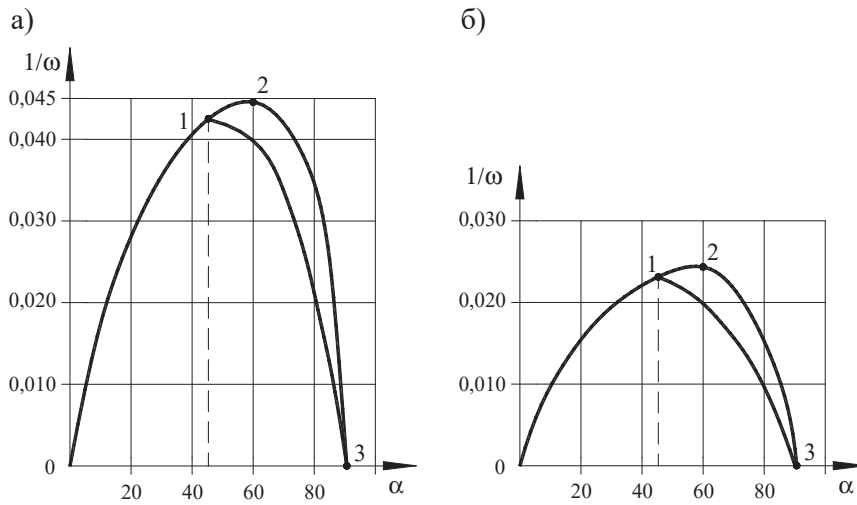


Рис. 2

Сопоставляя изображенные на этих рисунках кривые, нетрудно заметить аналогию в распределении основной частоты колебаний и коэффициента формы. Поэтому, все изопериметрические свойства коэффициента формы, которые подробно исследованы в работе [1], можно автоматически перенести на основную частоту колебаний.

На основании изопериметрических свойств коэффициента формы в работе [1] сформулированы изопериметрические теоремы для треугольных пластинок:

- все множество интегральных физических характеристик для треугольных областей ограничено кривой 0—1—2—3, соответствующей равнобедренным треугольникам;
- все множество интегральных физических характеристик для областей в виде остроугольных треугольников ограничено кривыми, соответствующими равнобедренным треугольникам (кривая 1—2—3) и прямоугольным треугольникам (кривая 1—3);
- все множество интегральных физических характеристик для областей в виде тупоугольных треугольников ограничено кривыми, соответствующими равнобедренным треугольникам (кривая 1—2) и прямоугольным треугольникам (кривая 1—3).

Если для какой-либо задачи технической теории пластинок построены рассмотренные выше граничные кривые, то с помощью МИКФ можно получить решение для любой треугольной пластинки. При этом необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- выбрать геометрическое преобразование (обычно аффинный сдвиг с растяжением), при котором из заданной области можно получить два равнобедренных треугольника (опорные фигуры);
- по соответствующим аппроксимирующим (граничным) кривым найти значение интегральных физических характеристик для опорных фигур (опорные решения);
- подобрать функцию вида $F = KQ(K_f)^n$, где Q обобщенная физико-геометрическая константа для конкретной рассматриваемой задач теории пластинок;
- по опорным решениям найти неопределенные параметры K и n ;
- подсчитать коэффициент формы для заданной фигуры и, подставив его в аппроксимирующую функции. $F(K_f)$, найти значение F для нее.

Граничные аппроксимирующие кривые были построены для пластинок в виде равнобедренных треугольников с условиями на контуре, изображенными на рисунке 3. Для их построения с помощью МКЭ с использованием современных программных комплексов были получены решения для множества треугольных пластинок с углом при основании, изменяющимся от 15° до 80° с интервалом в $5...10^\circ$. Найденные решения для задач поперечного изгиба и свободных колебаний пластинок приведены в таблице 1.

¹ При значениях угла $\alpha < 15^\circ$ и $\alpha > 80^\circ$ решения, получаемые с помощью МКЭ, начинали резко отклоняться от плавно и монотонно изменяющихся значений F внутри интервала $15^\circ < \alpha < 80^\circ$.

Таблица 1

Значения максимального прогиба и основной частоты колебаний для пластинок в виде равнобедренного треугольника с комбинированными граничными условиями

№ п/п	Угол при основании треугольника, °										
	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	80
Поперечный изгиб пластинок ($w_0 = KqA^2/D$)											
1	0,524	0,919	1,571	2,293	2,607	2,812	3,008	3,086	2,986	2,688	1,610
2	<i>0,228</i>	0,412	0,798	1,222	1,447	1,654	1,826	1,949	2,000	1,952	1,303
3	<i>0,234</i>	0,362	0,737	1,044	1,172	1,263	1,303	1,283	1,201	1,047	0,508
4	0,0858	0,194	0,388	0,604	0,715	0,782	0,850	0,872	0,847	0,777	0,425
Свободные колебания пластинок ($\omega = \beta \sqrt{D/m/A}$)											
1	52,456	41,610	31,121	26,156	24,615	23,454	22,887	22,639	22,900	23,841	31,058
2	<i>82,075</i>	62,566	44,273	35,850	33,089	30,993	29,519	28,529	28,175	28,516	34,642
3	<i>81,549</i>	63,392	46,253	39,003	36,826	35,584	35,110	35,270	36,504	39,064	55,50
4	114,53	91,226	62,929	51,227	47,466	45,064	43,620	42,925	43,514	45,409	60,797
Примечание: 1. В приведенных в таблице формулах использованы следующие обозначения: A — площадь, D — цилиндрическая жесткость, m — масса единицы площади пластинки. 2. Величина прогиба увеличена в 10^3 раз. 3. Жирным шрифтом выделены экстремальные значения w_0 и ω , а курсивом — неочевидные результаты.											

Анализ приведенных данных показывает:

1) для треугольных пластинок с однородными граничными условиями максимальный прогиб соответствует равнобедренному треугольнику ($\alpha = 60^\circ$);

2) для треугольных пластинок с комбинированными граничными условиями положение экстремума смещается: для схемы опирания, представленной на рисунке 3-б, смещение происходит вправо и экстремум соответствует равнобедренному треугольнику с углом при основании $\approx 65^\circ$ (угол при вершине $\approx 50^\circ$); для схемы опирания, представленной на рисунке 3-в, смещение происходит влево и экстремум соответствует равнобедренному треугольнику с углом при основании $\approx 55^\circ$ (угол при вершине $\approx 70^\circ$);

3) при переходе последовательно от схемы опирания пластинки а) к схеме г) (рис. 3) значения максимального прогиба уменьшаются, за исключением пластинок с углом при основании равнобедренного треугольника $\alpha = 15^\circ$ (в таблице эти результаты выделены курсивом).

Точно такие же эффекты проявляются и для основной частоты колебаний.

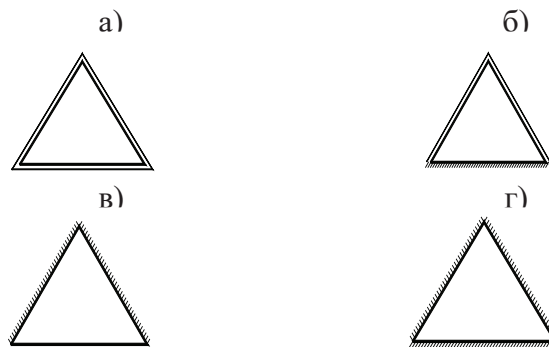


Рис. 3



Рис. 4

Причиной возникновения подобного рода эффектов является влияние жестко защемленного края (см. рис. 4, где жирными линиями внутри треугольника показаны положения нейтральных линий — линий, вдоль которых изгибающие моменты M_n равны нулю):

- при однородных граничных условиях влияние границ одинаковое, поэтому экстремумы w_0 и ω достигаются для пластинок в виде равностороннего треугольника;
- при появлении жестко защемленных сторон в треугольной пластинке нейтральными линиями (см. рис. 4) ограничивается уже не равносторонний треугольник, а более сложная фигура, у которой стороны, параллельные защемленному краю треугольной пластинки в средней части, отклоняются, поворачивая в углы пластинки;
- неочевидное, на первый взгляд, увеличение максимального прогиба и уменьшение основной частоты колебаний для пластинки, опертой по схеме 3-в, по сравнению со схемой 3-б можно объяснить тем, что для пластинок с очень острыми углами при вершине при сближении нейтральной линии и угла пластинки у схемы 3-б влияние жесткости угла оказывается большим, чем влияние жестко защемленного края у схемы 3-в.

Граничные аппроксимирующие функции строились по значениям w_0 и ω , приведенным в таблице 1, с помощью программного комплекса **Table curve**. При этом преследовалась цель, построить эти функции как можно с большей точностью, поскольку они в дальнейшем лягут в основу создания подпрограммы «МИКФ-треугольники» для общего программного комплекса «МИКФ». Этим и объясняется высокая степень полинома, с помощью которого подбирались аппроксимирующие функции. Такие функции были построены для всех случаев опирания треугольных пластинок для обеих рассматриваемых задач. Например:

- для шарнирно опертых по контуру пластинок:

$$w_0 = \left(a + b\alpha + A\alpha^2 + d\alpha^3 + e\alpha^4 + f\alpha^5 + g\alpha^6 + h\alpha^7 + i\alpha^8 + j\alpha^9 + k\alpha^{10} \right) \cdot \frac{qA^2}{D}, \quad (2)$$

где $a = 58,945$, $b = -16,451$, $c = 1,964$, $d = -0,132$, $e = 0,00556$, $f = -0,000154$, $g = 2,856 \cdot 10^{-6}$,
 $h = -3,510 \cdot 10^{-8}$, $i = 2,744 \cdot 10^{-10}$, $j = -1,237 \cdot 10^{-12}$, $k = 2,444 \cdot 10^{-15}$;

$$\omega = \frac{1}{a + b\alpha^{0,5} + A\alpha + d\alpha^{1,5} + e\alpha^2 + f\alpha^{2,5} + g\alpha^3 + h\alpha^{3,5} + i\alpha^4 + j\alpha^{4,5}} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}, \quad (3)$$

где $a = 38,896$, $b = -57,185$, $c = 36,980$, $d = -13,811$, $e = 3,285$, $f = -0,516$, $g = 0,0536$,
 $h = -0,00356$, $i = 0,000136$, $j = -2,311 \cdot 10^{-6}$;

- для пластинок, боковые стороны которых шарнирно оперты, а основание жестко защемлено:

$$w_0 = \left(a + b\alpha + A\alpha^2 + d\alpha^3 + e\alpha^4 + f\alpha^5 + g\alpha^6 + h\alpha^7 + i\alpha^8 + j\alpha^9 + k\alpha^{10} \right) \cdot \frac{qA^2}{D}, \quad (4)$$

где $a = -16,358$, $b = 4,370$, $c = -0,504$, $d = 0,0333$, $e = -0,00140$, $f = 3,867 \cdot 10^{-5}$, $g = -7,199 \cdot 10^{-7}$,
 $h = 8,906 \cdot 10^{-9}$, $i = -7,019 \cdot 10^{-11}$, $j = 3,189 \cdot 10^{-13}$, $k = -6,356 \cdot 10^{-16}$;

$$\omega = \frac{1}{a + b\alpha + A\alpha^2 + d\alpha^3 + e\alpha^4 + f\alpha^5 + g\alpha^6 + h\alpha^7 + i\alpha^8 + j\alpha^9 + k\alpha^{10}} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}, \quad (5)$$

где $a = -0,0277$, $b = 0,00859$, $c = -0,000939$, $d = 6,445 \cdot 10^{-5}$, $e = -2,775 \cdot 10^{-6}$, $f = 7,791 \cdot 10^{-8}$, $g = -1,450 \cdot 10^{-9}$,
 $h = 1,777 \cdot 10^{-11}$, $i = -1,380 \cdot 10^{-13}$, $j = 6,170 \cdot 10^{-16}$, $k = -1,214 \cdot 10^{-18}$.

Метод интерполяции по коэффициенту формы имеет несколько возможностей, которые сводятся к решению следующих задач:

- качественная оценка области распределения интегральных физических характеристик определенного (заданного) подмножества форм пластинок;
- двусторонняя оценка физической характеристики пластинки конкретного вида путем построения двусторонних изопериметрических неравенств;
- построение аналитической зависимости, характеризующей изменение интегральной физической величины для некоторого подмножества областей, объединенных одним непрерывным или дискретным геометрическим преобразованием, и определение с ее помощью физической характеристики для пластинки определенного вида из заданного подмножества форм.

Методика реализация первой задачи сводится к изучению изопериметрических свойств и закономерностей распределения коэффициента формы для областей определенного вида. Получив качественную картину распределения коэффициента формы для заданного класса областей (рис. 1), можно сразу же получить и приближенную количественную оценку распределения интегральных физических характеристик, если известно хотя бы одно решение для пластинки определенного вида из этого класса областей. Количественная оценка получается линейным масштабированием графика K_f — α путем приравнивания ординат графиков K_f — α и F — α для пластинки с известным решением.

Покажем эту возможность на примере задачи об основной частоте колебаний треугольных пластинок с шарнирно опертым контуром [1]. Пусть нам известно единственное решение для пластинки в виде равностороннего треугольника ($\alpha = 60^\circ$, $K_f = 10,392$ [1], $\omega = 22,792\sqrt{D/m/A}$). Разделим K_f на коэффициент пропорциональности при ω ($K_f/\omega = = 10,392/22,792 = 0,456$) и умножим график $1 \setminus K_f - \alpha$ на $0,456 A/\sqrt{m/D}$. При этом получится новый график, у которого ордината вершины соответствует величине $1/\omega$ для равностороннего треугольника, а весь график является подобным графику, изображенному на рисунке 2-а. К сожалению, указанное подобие нелинейное и полученный новый график не является точным изображением графика $1/\omega - \alpha$. Однако он дает достаточно хорошее приближение к действительному графику. Например, для шарнирно опертой пластинки в виде равнобедренного прямоугольного треугольника ($\alpha = 45^\circ$, $K_f = 11,657$) из построенного графика будем иметь:

$$\omega_{45} = 11,657 \cdot \frac{1}{0,456} \sqrt{D/m/A} = 25,563 \sqrt{D/m/A},$$

что отличается от известного точного решения $\omega_{45} = 24,674\sqrt{D/m/A}$ на 3,60%.

Для построения двусторонних изопериметрических неравенств при оценке интегральных физических характеристик пластинок необходимо знание границ возможного распределения этих характеристик для некоторого подмножества форм пластинок.

Построение двусторонних изопериметрических неравенств можно проиллюстрировать с помощью рисунка 5, на котором показан пример аффинного сдвига равнобедренного тупоугольного треугольника с углом при вершине $98,20^\circ$ ($K_f = 12,460$) параллельно основанию. При этом из него получаются прямоугольный треугольник с углами 30° и 60° ($K_f = 12,928$) и равнобедренный остроугольный треугольник с углом при вершине $25,66^\circ$ ($K_f = 13,795$).

Известно [2], что при аффинном сдвиге коэффициент формы получаемых фигур монотонно увеличивается. Это означает, что частота колебаний будет также монотонно увеличиваться.

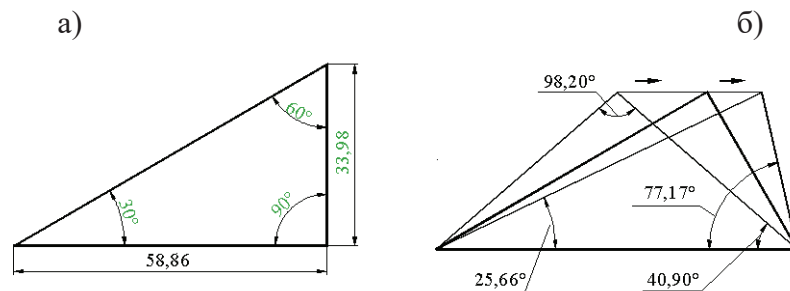


Рис. 5

Таким образом, значения основных частот колебаний пластинок в виде указанных равнобедренных треугольников будут давать верхнюю и нижнюю оценки частоты колебаний для пластинки в виде прямоугольного треугольника. По формуле (3) для этих равнобедренных треугольных пластинок будем иметь:

$$\omega_1 = 25,99\sqrt{D/m/A}, \quad \omega_2 = 26,73\sqrt{D/m/A}.$$

Согласно основной изопериметрической теореме по этим данным можно построить двусторонние изопериметрические неравенства

$$25,99\sqrt{D/m/A} \leq \omega \leq 26,73\sqrt{D/m/A}$$

которые удовлетворяются для всех треугольных пластинок, объединенных указанным преобразованием. Известное точное решение задачи об основной частоте заданной пластинки в виде прямоугольного треугольника ($\omega = 26,58\sqrt{D/m/A}$) действительно лежит внутри указанных границ.

Для более точного определения основной частоты колебаний заданной треугольной пластинки следует по опорным решениям построить аналитическую зависимость вида $F = KQ(K_f)^n$, соответствующую выбранному преобразованию.

$$\text{Используя методику МИКФ, получим: } n = \frac{\ln(\omega_1/\omega_2)}{\ln(K_{f1}/K_{f2})} = \frac{\ln(25,99/27,23)}{\ln(12,460/13,795)} = 0,0903; \quad K = \frac{\omega_1}{K_{f1}^n} = \frac{25,99}{12,460^{0,0903}} = 20,70;$$

$$\omega = 20,7(K_f)^{0,0903} \sqrt{D/m/A}.$$

Подставляя в эту формулу значение коэффициента формы для заданной пластинки в виде прямоугольного треугольника ($K_f = 12,928$), найдем:

$$\omega = 26,08\sqrt{D/m/A},$$

что на 1,89% отличается от известного точного аналитического решения.

Таким образом, полученные в данной статье решения для задач поперечного изгиба и свободных колебаний пластинок в виде равнобедренных треугольников с однородными и комбинированными условиями опирания на контуре, позволяют построить граничные аппроксимирующие функции и с их помощью, используя методику МИКФ, рассчитывать пластинки для любого вида треугольных пластинок с любой комбинацией граничных условий вдоль их сторон.

Литература:

1. Коробко А. В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости. — М.: Изд-во АСВ, 1999. — 304 с.
2. Коробко В. И. Изопериметрический метод в строительной механике: Теоретические основы изопериметрического метода. — М.: Изд-во АСВ, 1997. — 390 с.
3. Коробко А. В., Фетисова М. А. Определение поперечного изгиба методом интерполяции по коэффициенту формы при аффинном преобразовании пластинок в виде ромбов и параллелограммов Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 1. С. 23–24.
4. Фетисова М. А. Развитие и применение метода интерполяции по коэффициенту формы к решению задач поперечного изгиба пластинок с комбинированными граничными условиями. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Орловский государственный технический университет. Орел, 2010
5. Фетисова М. А., Володин С. С. Применение метода интерполяции по коэффициенту формы для решения задач строительной механики. Молодой ученый. 2013. № 3. С. 114–116.
6. Фетисова М. А., Володин С. С. Коэффициент формы как геометрическая характеристика. Молодой ученый. 2011. Т. 1. № 5. С. 105.
7. Коробко А. В., Фетисова М. А. Способы решения задач поперечного изгиба трапециевидных пластинок Строительство и реконструкция. 2010. № 1. С. 36.
8. Фетисова М. А., Калашникова Н. Г. Определение максимального прогиба трапециевидных пластинок с комбинированными граничными условиями с помощью МИКФ. Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2009. № 1. С. 65.
9. Фетисова М. А. Определение максимального прогиба параллелограммных и трапециевидных пластинок с помощью МИКФ Молодой ученый. 2008. № 1. С. 36–40.
10. Борисова Н. В. Особенности проектирования и расчета деревянных ферм на металлических зубчатых пластинах. В сборнике: Вестник строительства и архитектуры Сборник научных трудов. Орел, 2014. С. 105–108.

ТРАНСПОРТ

Разработка автоматизированной системы массогабаритного контроля большегрузных автомобильных транспортных средств

Исаев Иван Александрович, аспирант
Тюменский государственный нефтегазовый университет

Данная статья отражает актуальную проблему массогабаритного контроля большегрузных транспортных средств на дорогах общего пользования и на территориях коммерческих организаций занимающихся реализацией сыпучих продуктов. Достаточно подробно и в то же время лаконично сформулирован процесс получения, передачи и обработки информации о массогабаритных параметрах большегрузных ТС. Кроме того, в статье имеется подробное описание технической реализации автоматического пункта весового контроля на базе гидравлических мембранных цилиндров приемников давления и преобразователя давления частотно-резонансного типа. Также приведены весомые аргументы о необходимости применения подобных постов для муниципальных образований и коммерческих организаций.

Ключевые слова: автоматизированная система, массогабаритный контроль, пост весового контроля, большегрузные транспортные средства

В современном мире грузоперевозки по автомобильным дорогам занимают большую часть рынка логистики, Российская Федерация не является исключением. Развитие экономики страны и развитие дорожной инфраструктуры неразрывно связаны между собой, ежедневно по дорогам страны перемещаются сотни тысяч тонн различных грузов общей стоимостью сотни миллионов рублей.

Но стоит так, же напомнить о важности не только развития сети автомобильных дорог экспансивным методом, который включает в себя строительство новых дорог, путепроводов и развязок, но и развитие уже существующей дорожной сети интенсивным методом, что включает в себя планирование и управление транспортными потоками, расчет пропускной способности тех или иных участков автодорог и что самое важное контроль за нарушением условий эксплуатации дорожного полотна.

Каждый год грузопоток растет и соответственно повышается нагрузка на дорожную инфраструктуру, в связи с этим ясно выделяется необходимость контроля и регулирования массогабаритных параметров ТС сбора сведений и их дальнейшей обработки.

Проблема проведения анализа сведений, их обобщение о движущихся большегрузных дорожных транспортных средствах, а соответственно и дальнейшее эффективное применение сведений для организации повышения износостойкости дорог и коэффициента полезного действия при применении большегрузной техники на трассах и дорогах страны была затронута впервые в 2002 году в докладе заместителя Министра транспорта Новосель-

цева Б.Ф. «Инвестиционные потребности транспортного комплекса России. Проблемы и пути их решения» [1]

Автоматизированный пост весового контроля является одним из важнейших инструментов контроля и сбора информации о массогабаритных характеристиках ТС, для последующей обработки данных и принятия решений на их основе.

В настоящее время проблема получения и анализ информации о движении большегрузной техники по магистралям, трассам, автодорогам страны весьма актуальна и востребована.

Сбором, обработкой и анализом информации о движении на дорогах занимаются информационные дорожные центры страны, информация от которых передается единый центр Министерства транспорта Российской Федерации. Специалисты соответствующего уровня обобщают и формируют информационно-аналитический отчет и предоставляют его в Правительство Российской Федерации.

Однако, этих сведений явно недостаточно и сейчас в рамках федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» проводится разработка инновационных методов и средств для получения информации с автодорог о грузопотоке (с учетом критериев транспорта), ее оперативной передачи в информационный центр, анализа ситуации и, соответственно, подготовки детального отчета об обстановке на автодорогах [2].

Соответственно, новизна исследования тематики, представленной в данном материале, неоспорима и подтверждается многими факторами изучения автодорожной обстановки

Так, в созданных в России центрах организации дорожного движения круглосуточно проводится анализ состояния на автодорогах. Для получения объективной информации введены в действие в 2010–2014 гг. более 2 млн детекторов транспортных потоков, сотни тысяч стационарных и мобильных комплексов автопотока, 1/3 транспортных средств, стоящих на учете в ГИБДД, оснащена системой ГЛОНАСС. Эти средства позволяют получать и оперативно обрабатывать с целью дальнейшего объективного реагирования на дорожную ситуацию, необходимую информацию с автотрасс.

Так, если взять отчет Мэра Москвы за предпоследний (2013) год, то в докладе указаны самые основные причины возможного затруднения организации движения транспорта (12 тонн и более — большегрузного), а именно несоблюдение водителями данных транспортных средств: требований к высоте (протекторов шин), норм оптимальной загрузки автомашины (перегруз), движение большегрузного транспортного средства по полосам, не предназначенным для движения грузового транспорта, перекрытие движения с целью перемещения большегрузного транспорта, блокирующего движение, при помощи дежурных тягачей и т.д. [3]

Методика, апробированная для проведения анализа на автотрассах г. Москвы, проходит апробацию и на других авто участках нашей страны.

Некоторые положения проведения анализа и расчетно-экспериментальных исследований предложены лично автором и, следовательно, имеют актуальную практическую значимость для дальнейшего анализа рассматриваемой темы.

В практическом исследовании данной тематики автором были применены методы: наблюдение, измерение, эксперимент, что дали весьма объективные результаты изучения движения большегрузного транспорта по автодорогам. Соответственно для обоснования предложенных ниже заключений была разработана математическая (расчетная) модель воздействия большегрузных транспортных средств на дорожное покрытие дороги с точки зрения динамики, причем зависящая от скорости их движения и позволяющая оценить перегрузки дорожных конструкций.

Кроме того, установлена прямая зависимость динамического воздействия большегрузных ТС на дорожные конструкции от частотного распределения амплитуд автотранспортных средств, а также установлена зависимость перегрузок (динамических) дорожных конструкций от скорости движения автомобиля (при движении по неровной поверхности) с учетом возникновения резонансных режимов воздействия. Изучена проблематика перегруза автомобиля на возникновение ДТП на автодороге. В этом и заключается научная новизна представленной статьи.

При этом обратим внимание на методику математического расчета пропускной способности автодорог. За основу необходимо взять Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог, утвержденное Министром РСФСР 24.08.1981, с учетом разъяснений и поправок Министерства транспорта 2014 года. Эта методика

основана на использовании коэффициентов снижения износостойкости с течением времени. Данный подход к учету влияния различных дорожных условий на пропускную способность является весьма удобным и экономически обоснованным в практическом применении.

Таким образом, P — пропускная способность, для определения которой используют результаты измерения скорости движения большегрузных автомобильных средств и плотность транспортного потока. Получается следующее:

$$P = \omega \cdot \alpha \cdot v_{св} \cdot q_{\max}$$

где ω — коэффициент, учитывающий загрузку движением встречной полосы, при равномерном распределении $\omega = 1$, при свободной встречной полосе движения ($N < 100$ авт./ч) $\omega = 1,3$, при загруженной встречной полосе движения $\omega = 0,99$; α — коэффициент, зависящий от дорожных условий, $\alpha = 0,18...0,23$, обычно принимают $\alpha = 0,19$; $v_{св}$ — скорость движения большегрузного транспорта на рассматриваемом элементе дороги, км/ч; q_{\max} — максимальная плотность большегрузного транспортного потока, авт./км.

В этом случае необходимо более точно определить показатель плотности именно большегрузного транспорта. Этот показатель получают с установленных детекторов (камер) на автотрассах. При чем при расчете показателя за сутки берут среднесуточный показатель, так как в разное время суток поток большегрузных ТС различен и это не случайный факт. Несколько лет назад ввели временной регулятор въезда большегрузных ТС в крупные промышленные центры и города, это также имеет в своей основе научное обоснование.

Анализируем и проводим построение математической модели далее. Совершенно очевидно, что коэффициент снижения пропускной способности автодороги можно определить, как отношение пропускной способности P трассы к пропускной способности дороги с особо благоприятными условиями прохождения автопотока, а именно:

$$B = P / P_{\max}$$

Таким образом автоматически возникает вопрос о расчете максимальной пропускной способности P_{\max} , и при каких условиях данный показатель соответствует определенным дорожным условиям.

Данный показатель может быть достигнут при:

Движении большегрузного транспортного средства по прямолинейному горизонтальному участку большой протяженности без пересечений;

- При ширине полосы движения не менее 3,75 м;
- В случае укрепленной обочины шириной не менее 3 м;
- Сухом дорожном покрытии с высоким показателем ровности автомобильной трассы;
- Транспортный поток состоит более чем на 50% от общего количества из легковых автомобилей;
- Отсутствуют препятствия (какие-либо) на обочинах, способных вызвать снижение скорости движения;
- Ну и, естественно, благоприятные погодные условия в рассматриваемый период.

Таким образом получаем в конкретных дорожных условиях пропускную способность:

$$P = V \cdot P_{\max}$$

где V — возможный итоговый показатель или коэффициент снижения пропускной способности автотрассы.

Казалось бы, все просто, однако это лишь элементарный расчет. Для наиболее объективной оценки необходимо учесть еще множество факторов. На износостойкость явно может влиять переувлажненность автодороги. В соответствии с законами физики, масса движущегося большегрузного ТС вытесняет под колесами соответствующие объемы дорожной одежды. Так может получаться колея.

Следующим ярким примером влияния массивной техники на дорожное полотно может послужить образование волн или нагребней на автотрассе. Наиболее часто они встречаются перед сужением дороги, на автобусных остановках, перед пешеходными переходами и т.д. Это не случайно в определенных ситуациях большегрузному транспорту приходится резко тормозить. Вот это и приводит к данному эффекту.

В целях обеспечения сохранности автодорожных покрытий автохозяйством регионов и Инспекциями организации дорожного движения вводятся специальные ограничения движения по определенным дорогам, например, на трассах низших категорий вводят ограничения движения большегрузного транспорта до полнейшего просыхания основы дорожного полотна. А вот автотрассы I—III категорий должны подобный транспорт пропускать всегда.

Далее, знаки ограничения скорости ставят заблаговременно перед транспортной остановкой, чтобы снизить риски при резких торможениях.

Географический фактор, такой как близость грунтовых вод также весьма отрицательно влияет на сохранность автодорог в целом. Следовательно, по моему мнению, перед планировкой трассы всегда, а не в определенных случаях, следует делать геодезическую оценку почв и земляной поверхности. Данные предложение были сформулированы и представлены в Министерство транспорта для подготовки рекомендаций автохозяйствам страны.

Рассматривать каждый показатель в отдельности не имеет никакого практического смысла, так как кроме уже перечисленных факторов особую роль на состояние трассы играют возможные технические и эксплуатационные качества дорожной одежды и земляного полотна, целостное состояние автомобильной дороги, условия организации движения, и как следствие, эффективность обеспечения транспортной работы трассы.

Анализируя полученную и трансформированную в единый центр информацию, которая в свою очередь подвергается анализу по определенным критериям. Соответственно, к одной из групп показателей можно отнести интенсивность движения, в том числе большегрузных ТС, состав и объем движения, пропускную и провозную способность автомобильной дороги, среднюю скорость движения грузопотока и время сообщения.

В современной инструментарию расчета показателей работы автодорог под интенсивность движения N понимают — число автомобилей, проходящих через опреде-

ленное поперечное сечение автотрассы за единицу времени (час, сутки).

Данный показатель является достаточно важным и сложным одновременно, изменяющимся во времени (в течение часа, суток, недели, месяца и года). При чем, в зависимости от интенсивности потока и, как правило, принято устанавливать категорию автодороги, а, соответственно, и выбирают сроки выполнения ремонта дороги и других мероприятий по организации дорожного движения.

Что же касается объема движения, то этот показатель можно представить, как суммарное число автомобилей, проезжающих через определенный участок дороги за конкретный период времени, измеряемый путем непрерывных наблюдений.

Под составом транспортного потока принято понимать распределение и представление в процентном отношении всех автомашин по видам транспортных средств (легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили: тяжелые, средние, легкие). Абсолютно естественно, что состав транспортного потока зависит от района пролегания дороги, наличия промышленных предприятий, дня недели и сезона, что влечет за собой соответствующий выбор мероприятий по организации дорожного движения.

Грузонапряженность представлен особым показателем и измеряется, как суммарная масса грузов и транспортных средств, проходящих по данному участку дороги в обоих направлениях в единицу времени. Теперь можно абсолютно точно посчитать грузонапряженность большегрузных машин на конкретной автодороге.

Однако, для оценки работоспособности дорожной одежды чаще и точнее всего применяют показатель грузонапряженность, то есть общей массы грузов, перевозимых по участку дороги в обоих направлениях в единицу времени и на единицу пути.

При рассмотрении данной темы применялись и другие показатели, например, такие как коэффициент загрузки дороги, который определяется как отношение интенсивности движения к пропускной способности рассматриваемой дороги. Соответственно, этот показатель является одним из основных при расчете числа полос движения.

На основе данной методики и были приняты меры об отведении боковых правых полос на МКАДе для большегрузных автомашин. Но это очень сложная трасса и здесь были учтены множественные показатели для расчета, а именно: скорость движения расчетная; конструктивная; мгновенная; эксплуатационная; техническая; оптимальная; нормируемая.

При согласовании всех параметров и показателей, а также на основании технико-экономических расчетов устанавливают значения рекомендуемой скорости.

Так, в мировой практике проектирования и прокладки автомобильных дорог в настоящее время наметилась тенденция снижения расчетных скоростей грузопотока, это касается и скоростных трасс. Данный факт также объясним, высокие скорости в реальных условиях больше-

грузных машин не наблюдаются, а затраты на обеспечение подобного рода движения весьма велики.

Анализ последних научных исследований и расчетов дорожной обстановки страны показывает, что значение расчетной скорости движения, особенно при разработке проекта реконструкции трасс зачастую принимают меньшим, чем при проектировании новых дорог. Данный факт вызван тем, что автотрасса будет проходить в определенных условиях местности и застройки.

Рассматривая данную актуальную тематику важно рассмотреть срок службы автомобильной дороги, как периода времени от сдачи построенной дороги в эксплуатацию до ее реконструкции или между ее капитальными ремонтами.

Кроме того так же стоит отметить актуальность автоматизированных пунктов весового контроля не только для муниципальных образований но и для коммерческих организаций занимающихся реализацией сыпучих продуктов, таких как гранулированные химические реагенты, цементы, бетон, товарный щебень, асфальт и др.

При наличии автоматизированного пункта весового контроля на загрузочной площадке возможно создание системы автоматической загрузки в большегрузное ТС необходимого объема сыпучего груза с большой точностью. Что в свою очередь позволяет экономить средства предприятия и повышать эффективность транспортной логистики.

Проведенные исследования на примере предприятия ООО «Агрохим» г. Курган выявили следующую проблему актуальную для практически всех производителей сыпучих продуктов на территории РФ, это устаревший бункерный и силосный парк а так же отсутствие точного контроля за массовым объемом отпускаемой продукции, что

в свою очередь ведет к «паразитным» объемам при загрузке большегрузных ТС бункерным и конвейерным способом. Данная ситуация в организации приводит к тому, что на каждые десять тонн продукции организация теряет до минимум восьмиста килограмм товарной продукции (гранулированные удобрения). Что, в свою очередь, ведет к убыткам в размере до шести миллионов рублей в год, только на загруженный лишний объем продукции.

Предложенный автоматический пункт весового контроля позволяет получать информацию о массе большегрузного ТС при его поосном взвешивании при въезде и выезде с погрузочной площадки. А система автоматической загрузочной площадки позволяет в реальном времени отслеживать и контролировать массовый объем загруженного сыпучего продукта в большегрузное ТС с точностью до десятков килограмм. Предлагаемые системы позволяют сэкономить значительные средства предприятия за счет снижения «паразитных» объемов загрузки и отмены необходимости установки дорогостоящих расходомеров бункерного или конвейерного типа с последующим обновлением бункерной и силосной инфраструктуры.

Иновационность системы заключается в использовании одной элементарной базы для автоматических пунктов весового контроля и для реализации автоматических загрузочных площадок на базе гидравлических мембранных приемников давления и преобразователя давления частотно-резонансного типа. Техническое решение позволяет значительно повысить точность и скорость измерения массовых характеристик большегрузного ТС, повысить надежность и отказоустойчивость систем и снизить расходы на монтаж и обслуживание.

Литература:

1. http://www.mintrans.ru/news/detail.php?ELEMENT_ID=1082&sphrase_id=73674.
2. http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=204.
3. <http://dt.mos.ru/upload/presentations/uds/sneg.pdf>.

Анализ существующих алгоритмов перевода функции алгебры логики в вероятностную функцию при расчете эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов

Тюфанова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, доцент
Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (г. Новороссийск)

Рассмотрены существующие алгоритмы перевода функции алгебры логики в вероятностную функцию при расчете эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов.

Ключевые слова: функция алгебры логики, алгоритм, технические средства, система управления движением судов

Обеспечением безопасности мореплавания на акватории порта и на подходах к нему занимается система управления движением судов (СУДС), работающая согласно международным и национальным правовым и нормативным актам,

над повышением уровня безопасности путем сбора, обработки информации и выдачи ее на суда, оказание помощи в судовождении и организации движения объектов по акватории [1]. Она представляет собой сложную систему с разветвленной информационной частью и весьма сложными алгоритмами обработки информации, и состоит из следующих основных подсистем: сбора информации, дистанционного управления и передачи информации, обработки и отображения информации, связи и базы данных [2]. Каждая из подсистем представлена техническими средствами. Поэтому СУДС является совокупностью технических средств (ТС), организационных мер, персонала, зданий, сооружений.

Технические средства, как объект эксплуатации, представляют собой сложную техническую систему, состоящую из конструктивно оформленных элементов с разным уровнем надежности, и часто имеющих самостоятельное назначение, свои частные цели и задачи функционирования. В тоже время каждое из них выполняет функции непосредственно связанные с обеспечением безопасности мореплавания, сохранности человеческих жизней и обеспечением экологической безопасности, в связи с чем, к ним предъявляются высокие требования эксплуатационной надежности, под которой понимаем свойство технической системы непрерывно сохранять безопасное, работоспособное состояние, при котором она будет выполнять все функции, для достижения которых была построена, в течение определенного интервала времени, в заданных условиях эксплуатации при соблюдении установленных правилами технической эксплуатации мер технического обслуживания и текущего ремонта.

Этап эксплуатации технических средств играет особую роль в процессе жизненного цикла СУДС, поскольку все усилия, затраченные на создание высококачественной системы, могут быть сведены на «нет» неправильно или нерационально организованной эксплуатацией [3]. Следовательно, эксплуатация должна обеспечивать наибольшую эффективность функционирования технических средств, под которой понимаем количественный показатель надежности (коэффициент готовности), по которому можно во время функционирования судить об уровне достижения поставленных перед системой целей и задач. Поэтому проблема повышения уровня эксплуатационной надежности ТС СУДС в настоящее время является актуальной.

Одним из перспективных методов анализа эксплуатационной надежности ТС СУДС является логико-вероятностный метод (ЛВМ), математическая сущность которого заключается в использовании функций алгебры логики (ФАЛ) для аналитической записи условий работоспособности системы и в разработке строгих способов перехода от ФАЛ к вероятностным функциям (ВФ), объективно выражающим безотказность этой системы. Для перехода от ФАЛ к ВФ требуется преобразование логической функции, которое обеспечивает применение к ней основных теорем теории вероятностей. Логико-вероятностную теорию следует отличать от известной вероятностной логики, предметом которой является оценка истинности гипотез (высказываний), заключенных в промежутке между ложью и истиной. Реальные системы, к которым относятся ТС СУДС, описываются ФАЛ с повторными аргументами, отрицаниями аргументов, что не дает возможности напрямую пользоваться известными методами теории вероятностей. Поэтому проанализируем существующие алгоритмы перевода функции алгебры логики в вероятностную функцию при расчете эксплуатационной надежности.

Для практического применения при расчете эксплуатационной надежности ТС СУДС наиболее удобным являются алгоритмы ортогонализации, рекуррентный и наращивания путей, рассмотрим каждый из них более подробно.

Алгоритм ортогонализации основан на преобразовании ФАЛ в ортогональную дизъюнктивно-нормальную форму (ОДНФ).

Отрицание конъюнкции K_i можно представить в виде дизъюнкции:

$$K_i' = x_1^{\alpha_1} \vee x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \vee \dots \vee x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_{r-1}^{\alpha_{r-1}} x_r^{\alpha_r},$$

члены которой попарно ортогональны [4]. Если в конъюнкции K_i отсутствуют отрицания, то отрицание ее можно представить в следующем виде:

$$(x_1 x_2 \dots x_r)' = \begin{vmatrix} x_1' & x_1' \\ x_2' & x_1 x_2' \\ \dots & \dots \dots \dots \dots \\ x_r' & x_1 x_2 x_3 \dots x_{r-1} x_r' \end{vmatrix} \quad (1)$$

Булева функция $f(z_1, z_2, \dots, z_m)$, представленная в виде

$$f(z_1, z_2, \dots, z_m) = \bigvee_{i=1}^n K_i \quad (n \leq 2^m),$$

эквивалентна функции $f(z_1, z_2, \dots, z_m) = K_1 \vee K_1' \vee K_2 \vee \dots \vee K_1' K_2' \dots K_{n-1}' K_n'$. В матричном виде:

$$f(z_1, z_2, \dots, z_m)' = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ K_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_1' K_2 \\ \dots \dots \dots \dots \\ K_1' K_2' K_3' \dots K_{n-1}' K_n \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Если вместо каждого выражения $K'_i (i \leq n)$ подставить его представление, согласно (1), то в результате приведения функции к дизъюнктивно-нормальной форме (ДНФ) мы получим ОДНФ.

Опишем кратко алгоритм ортогонализации:

1. Преобразовываем функцию $y(z_1, z_2, \dots, z_m)$ к ДНФ.
2. Производим нумерацию членов ДНФ от 1 до n ($n < 2^m$), причем членам низ-шего ранга присваиваем низшие номера.
3. Определяем ОДНФ функции $y(z_1, z_2, \dots, z_m)$ по (2).
4. Для уменьшения числа операций целесообразно в конъюнкции $K'_1 K'_2 \dots K'_{i-1} K_i$ выполнить упрощения:
 - приравнять к нулю те члены ДНФ $K_j (j \leq i-1)$, которые ортогональны члену K_i ;
 - приравнять к нулю те элементарные конъюнкции отрицаний $K'_j (j \leq i-1)$, которые ортогональны K_i .
5. Вычислить вероятность опасности исходя из того, что все элементарные конъюнкции ортогональны, т. е. события

несовместны: $O_c = P(f(z_1, z_2, \dots, z_m) = 1) = \sum_{i=1}^S P(L_i)$, где L_i — ортого-нальные члены функции $y(z_1, z_2, \dots, z_m)$, записанные в ОДНФ.

Рекуррентный алгоритм основан на использовании теоремы сложения вероятностей совместных событий, в качестве которых здесь непосредственно выступают элементарные конъюнкции ДНФ, характеризующие опасные пути развития аварии.

Согласно правилам теории вероятностей, вероятность реализации опасного состояния системы при развитии аварии можно вычислить по формуле:

$$O_c = P(y(z_1, z_2, \dots, z_m) = 1) = P\left(\bigvee_{i=1}^d K_i\right) = \sum_i P(K_i) - \sum_i \sum_j P(K_i \wedge K_j) - \dots + (-1)^{d-1} P(K_1 \wedge K_2 \wedge \dots \wedge K_d).$$

Рекуррентно это выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} P(K_1) &= \prod_{k \in k_1} R_k; \\ P(K_1 \vee K_2) &= P(K_1) + P(K_2) - P(K_1 \wedge K_2); \\ P(K_1 \vee K_2 \vee K_3) &= P(K_1 \vee K_2) + P(K_3) + P(K_3) - P((K_1 \vee K_2) \wedge K_3); \\ &\dots \\ P\left(\bigvee_{i=1}^d K_i\right) &= P\left(\bigvee_{i=1}^{d-1} K_i\right) + P(K_d) - P\left(\left(\bigvee_{i=1}^{d-1} K_i\right) \wedge K_d\right). \end{aligned}$$

При программировании этого алгоритма в памяти хранится информация лишь i -го шага, что существенно экономит ресурсы машины.

Содержание алгоритма наращивания путей заключается в следующем:

1. Функцию $y(z_1, z_2, \dots, z_m)$ преобразовываем в ДНФ;
2. Нумеруем члены ДНФ от 1 до d ($d < 2^m$), причем членам низшего ранга присваиваем низшие номера;
3. Преобразовываем эту ДНФ по формуле П. С. Порецкого [4]

$$y(z_1, z_2, \dots, z_m) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ K_d \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_1 \\ K'_1 K_2 \\ \dots \dots \dots \dots \\ K'_1 K'_2 K'_3 \dots K'_{d-1} K_d \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_d \end{vmatrix},$$

где $F_{i+1} = \left[\bigwedge_{l=1}^i K'_l \right] \wedge K_{i+1}$ — логическая функция опасности реализации $(i+1)$ -го пути развития аварии с учетом невоз-

можности осуществления всех i -ых предшествующих путей.

Все логические функции F_i ортогональны в совокупности, значит можно определить вероятностную функцию по формуле:

$$P(y(z_1, z_2, \dots, z_m) = 1) = \sum_{l=1}^d P(F_l = 1).$$

При вычислении вероятности истинности функции F_{i+1} , т. е. $P(F_{i+1} = 1)$, ее следует понимать как условную вероятность невозможности всех предшествующих i -ых путей при условии, что элементы $(i+1)$ -го пути на это не повлияли. Рекуррентно это можно представить следующим образом:

$$P(K_1) = \prod_{k \in k_1} R_k;$$

$$P(K_1 \vee K_2) = P(K_1) + P(K_2)P(K_1' |_{K_2=1});$$

$$P(K_1 \vee K_2 \vee K_3) = P(K_1 \vee K_2) + P(K_3)P(K_1' \wedge K_2' |_{K_3=1});$$

...

$$P\left(\bigvee_{l=1}^d K_l\right) = P\left(\bigvee_{l=1}^{d-1} K_l\right) + P(K_d)P\left(\bigwedge_{l=1}^{d-1} K_l' \middle|_{K_d=1}\right).$$

На основании закона двойственности [4]

$$\left(\bigwedge_{l=1}^i K_l' \middle|_{K_{i+1}=1}\right)' = \left(\bigvee_{l=1}^i K_l \middle|_{K_{i+1}=1}\right)'$$

имеем

$$P\left(\bigwedge_{l=1}^i K_l' \middle|_{K_{i+1}=1}\right) = 1 - P\left(\bigvee_{l=1}^i K_l \middle|_{K_{i+1}=1}\right).$$

Поскольку существует много методов перевода ФАЛ в вероятностную функцию, то необходимо оценить известные алгоритмы с точки зрения трудоемкости вычислений и точности получаемого результата. При первоначальном рассмотрении исследуемой функции наиболее удобны в применении алгоритмы наращивания путей и рекуррентный, т. к. они не требуют дополнительных преобразований функции, представленной в ДНФ. В алгоритме наращивания путей необходима лишь перестановка элементарных конъюнкций в порядке возрастания их ранга. Алгоритм ортогонализации основан на преобразовании ФАЛ в ОДНФ с последующим применением теоремы о сумме вероятностей истинности попарно ортогональных функций алгебры логики. Он достаточно трудоемок, но с применением ЭВМ — это один из эффективных методов практических расчетов систем с большим числом элементов. Трудность в реализации на ЭВМ состоит в представлении ФАЛ в ОДНФ. Кроме того, этот алгоритм разрабатывался для работы с монотонными логическими функциями, а для расчетов с немонотонными ФАЛ требуется его адаптация.

Оценим трудоемкость каждого алгоритма с точки зрения зависимости количества производимых операций от количества элементарных конъюнкций, входящих в ФАЛ.

Пусть функция зависит от m аргументов, представлена в ДНФ и состоит из n элементарных конъюнкций K_i , каждая из которых содержит g_1, g_2, \dots, g_n элементов.

В алгоритме ортогонализации функция представляется дизъюнкцией в базисе конъюнкция-отрицание элементарных конъюнкций K_i . Для этого необходимо пронумеровать входящие в нее конъюнкции в порядке возрастания их ранга. После чего выполнить $n-1$ вычисление конъюнкций K_i и их отрицаний. Для такой записи функции необходимо вычислить $n-1$ отрицание K_i и представить его в виде дизъюнкции в базисе конъюнкция-отрицание элементов. Т.е., количество предварительных операций равняется $2n-2$. В итоге этих преобразований, функция оказывается в ОДНФ, количество конъюнкций которой зависит от конкретной задачи и максимально равно $1+g_1+g_1g_2+g_1g_2g_3+\dots+g_1g_2\dots g_n$, где g_i — ранги элементарных конъюнкций [4]. Вычисление самой вероятности наступления события производится в одно действие.

Рекуррентный алгоритм в отличие от алгоритма ортогонализации или наращивания путей, не требует дополнительных преобразований функции. Он реализуется за n шагов. На первом шаге вычисляются вероятности каждой конъюнкции в ДНФ. На последующих шагах происходит рекуррентное вычисление вероятности наступления события. На последнем этапе мы получаем искомую вероятность, т. е. производится $2n-1$ вычисления, из которых n вычисляется элементарно.

В начале алгоритма наращивания путей необходимо пронумеровать входящие в него конъюнкции в порядке возрастания их ранга. Алгоритм выполняется за n шагов: на первом шаге вычисляются вероятности каждой конъюнкции; на последующих шагах происходит рекуррентное вычисление вероятности наступления события; на последнем этапе получаем искомую вероятность. Каждый шаг, начиная со 2-го, состоит из двух этапов: подготовительного и непосредственного вычисления вероятности. При реализации этого алгоритма необходимо произвести $3n-2$ вычислений. Преимущество этого алгоритма в сравнении с рекуррентным состоит в том, что при вычислении вероятности на i -ом шаге ($i > 1$) используется условная вероятность невозможности всех предшествующих ($i-1$) путей при условии, что элементы i -го пути на это не повлияли. Следовательно, в конъюнкциях вместо переменных, входящих в i -ый путь, стоят 1, что существенно облегчает вычисления.

При расчетах эксплуатационной надежности ТС СУДС рациональнее всего было бы использовать рекуррентный алгоритм, т. к. он требует наименьшее число вычислений. Это действительно так, если значения вероятностей возникно-

вения исходных событий достаточно точны, тогда при их умножении не возникнет большой погрешности. В противном случае удобным оказывается алгоритм наращивания путей, т. к. за счет использования условных вероятностей некоторые переменные заменяются единицей, а значит, при умножении не влияют на результат. Лучше всего в случае, когда вероятности найдены приближенно, использовать алгоритм ортогонализации, т. к., во-первых, вероятность там вычисляется один раз в конце, а, во-вторых, вероятности складываются и суммарная погрешность меньше. Но, как сказано выше, этот алгоритм требует корректировки для работы с немонотонными функциями.

Проанализировав существующие алгоритмы перевода функции алгебры логики в вероятностную функцию при расчете эксплуатационной надежности ТС СУДС, необходимо отметить, что для программной реализации удобнее всего использовать рекуррентный алгоритм, являющийся приемлемым компромиссом между простотой в использовании и погрешностью результата.

Литература:

1. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 июля 2015 г. № 226 «Об утверждении Требований к радиолокационным системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством».
2. Тюфанова, А. А. Методика анализа эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов на примере порта Новороссийск/ А. А. Тюфанова. — Казань: Изд-во «Бук», 2015. — 104 С.
3. Тюфанова, А. А. Анализ факторов, влияющих на эксплуатационную надежность технических средств системы управления движением судов// Надежность № 4 (55) — М: ООО «Издательский дом »Технологии», 2015.
4. Горопашная, А. В. Методы анализа безопасности сложных технических систем. Автореферат дис...кан. физ. — мат. наук.: СПб, 2009.

ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Проектирование одежды на основе средневекового костюма: анализ информационного и методического обеспечения

Москвин Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, ассистент;
Дубова Екатерина Андреевна, магистрант
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Статья посвящена анализу методического и информационного обеспечения современного процесса проектирования одежды на основе исторического костюма эпохи средневековья. Исследованы источники информации в области истории костюма, реконструкции одежды и современных методов проектирования. Выявлены недостаточность и разрозненность информационного обеспечения отдельных этапов проектирования и предложены перспективные направления разработок в данной области.

Ключевые слова: исторический костюм, костюм средневековья, проектирование одежды, оптимизация проектирования, методы проектирования

Clothing design based on medieval costume: informational and methodological supply

Moskvin A. Yu.;
Dubova E.A.
Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design

The article demonstrates results in analysis of writings on historical costume. The authors have examined the possibility to apply works on various topics in modern clothes designing based on medieval prototypes. Informational and methodological supply insufficiency is identified and perspective directions of research are determined.

Keywords: historical costume, medieval costume, clothing design, optimized design, design methods.

Анализ и интерпретация исторического профессионального наследия — актуальное направление современной инженерной деятельности. Проектирование моделей одежды на основе исторических прототипов является актуальной темой проектных работ и выполнения соответствующих научно-методических разработок. Результаты исследований исторического костюма востребованы в решении широкого спектра проектных задач: выполнении высокоточной реконструкции изделий для театра, кинопроцесса, музейного дела, военно-исторической реконструкции, разработке трехмерных моделей исторического костюма для виртуальных экспозиций, создании авторских моделей одежды. Одним из актуальных источников прототипов для современного проектирования является средневековье. Данный период отличается переходом от накладной одежды дороманского периода, конструкции которой выполнены на основе геометрических примитивов, к кроеным изделиям телоподобных форм.

Оптимизация выполнения основных этапов проектирования изделий может быть реализована за счет методического и информационного обеспечения, примененного

с учетом разнородной специфики проектных задач. Для построения высокоточных чертежей одежды необходимы: анализ и обобщение исторических алгоритмов конструирования, применявшихся антропометрических данных и стандартов, свойств материалов, технологий изготовления. Для прогнозирования формы и виртуальной реконструкции исторических изделий требуется количественное описание пространственных форм одежды. Выполнение соответствующих разработок основывается на ретроспективном системном анализе форм и конструкций одежды различных периодов.

Выполнен анализ информационного и методического обеспечения процесса проектирования одежды на основе средневекового костюма. Целью исследования является: определение соответствия существующего методического и информационного обеспечения задачам и специфике процесса проектирования одежды на основе средневекового костюма. В качестве ассортимента выделена европейская мужская и женская светская плечевая одежда. Произведен критический анализ литературных источников и опубликованных результатов исследований. Ко-

личество исследованных источников составило 78 наименований по следующим категориям:

- история костюма;
- реконструкция одежды;
- современные методы проектирования одежды.

В рамках анализа литературы, посвященной различным аспектам истории костюма, рассмотрены работы таких авторов, как Н. М. Каминская [1], Е. В. Киреева [2], М. Н. Мерцалова [3], Е. О. Плеханова [4], Л. Роуланд-Уорн [5] и др. Значительный объем сведений о средневековом костюме представлен в работах «Mapners, Custom and Dress During the Middle Ages and During the Renaissance Period», Paul Lacroix [6] и «The Ancient World (History of Costume and Fashion)», автора Jane Bingham [7]. В данных источниках информации приведены закономерности развития форм одежды, причины их эволюционных изменений, актуальные для различных стилей материалы, декор, сведения о головных уборах, обуви, аксессуарах и т.п. В большинстве работ приведены подробные описания внешнего вида одежды, в отдельных источниках — богатый иллюстративный материал. Применение таких работ в информационном обеспечении процесса проектирования одежды возможно на этапе разработки эскизного проекта и в оценке результата проектирования. Однако, разрозненность информации затрудняет рациональное применение таких источников.

В научных работах по реконструкции [см. подробнее. 8; 9 и др.] представлена информация не только о внешнем виде и способах ношения одежды, но и все необходимые сведения для ее воспроизведения: чертежи изделий или алгоритмы макетирования, технологии изготовления, используемые приспособления, рекомендуемые материалы. Информативны работы, посвященные реконструкции одежды для театра. В серии работ К. В. Градовой [10; 11] представлены метод проектирования театрального костюма, применимый в разработке эскизного проекта, конструкции и технологии обработки изделий для конструкторско-технологической проработки изделий. М. Т. Кидд [12] в работе «Сценический костюм» приводит описания костюмов различных эпох в целом, декоративной отделки, рекомендуемые виды и расцветки материалов, также, для создания завершенных образов, приведены примеры головных уборов, причесок, обуви и аксессуаров. К. S. Holkeboer [13] предлагает иллюстративный материал, дополненный схематичными чертежами изделий и соответствующими пояснениями.

Исследованы работы, посвященные развитию и расширению возможностей современных методов проектирования. В реконструкции исторического костюма применимы отдельные элементы методов проектирования и анализа системы фигура-одежда, разработанные В. Е. Кузьмичевым [14], алгоритм анализа системы человек-одежда, предложенный А. Н. Таран [15], метод анализа одежды по фотоматериалам Л. Ю. Фефиловой [16] и ряд других современных разработок. В тоже время, в работах, посвященных современным методам проектирования, не рас-

крыт потенциал применения плоскостных и трехмерных систем автоматизированного проектирования (САПР), как «одевающих» (2d-3d), так и «развертывающих» (3d-2d), в разработке изделий на основе исторического костюма.

Сопоставление информации, представленной в проанализированных источниках с методическим и информационным обеспечением, необходимым для рационализации и повышения точности процесса проектирования одежды на основе средневекового костюма показало разрозненность и недостаточный объем данных, востребованных на этапе конструкторско-технологической подготовки производства. В исследованных работах не представлены формализованные алгоритмы построения чертежей, опирающиеся на совокупность размерных признаков фигуры и расчетные формулы, не описана или описана поверхностно взаимосвязь пространственной формы одежды и формы фигуры, что затрудняет прогнозирование формы изделий в процессе проектирования. Представленные способы получения чертежей на основе макетирования субъективны, обладают меньшей точностью по сравнению с расчетно-графическими методиками, трудно применимы в проектировании изделий в среде САПР.

На основе результатов анализа выявлены перспективные направления исследований в данной области, направленные на выполнение разработок, применимых в плоскостном (2d) и трехмерном (3d) проектировании исторического костюма:

- анализ чертежей изделий и систематизация конструктивных решений основных деталей и узлов;
- разработка формализованных алгоритмов построения чертежей с учетом отличительных особенностей конструктивных решений средневековых изделий с применением величин размерных признаков современных фигур;
- трехмерное моделирование средневекового костюма в среде «одевающих» (2d-3d) САПР с последующим определением величин параметров, характеризующих форму одежды во взаимосвязи с фигурой (величин проекционных прибавок).

Выполнение разработок в рамках указанных направлений обеспечит возможность применения 2d и 3d САПР в решении проектных задач, что оптимизирует и повышает точность процесса проектирования одежды, позволяет выполнять прогнозирование формы одежды и ее виртуальную экспозицию.

Выводы:

1. Выполнен анализ методического и информационного обеспечения процесса проектирования одежды на основе костюма средневековья, определены возможности применения информации из различных источников для рационализации этапов проектных работ;
2. Показана разрозненность информации и отсутствие данных, обеспечивающих оптимизацию конструкторско-технологической проработки изделий;
3. Выявлены перспективные направления разработок, направленные на применение 2d и 3d САПР в проектировании и прогнозировании форм изделий.

Литература:

1. Каминская Н. М. История костюма / Н. М. Каминская. — М.: Легкая индустрия, 1977. — 128 с. с ил.
2. Киреева Е. В. История костюма. Европейские костюмы от античности до XX века / Е. В. Киреева. — М.: Просвещение, 1970. — 166 с. с ил.
3. Мерцалова М. Н. Костюм разных времен и народов / М. Н. Мерцалова. — М.: Академия Моды, 1993. — 545 с. с ил.
4. Плеханова Е. О. История костюма. Стили и направления / Е. О. Плеханова. — М.: УдГУ, 2009. — 188 с. с ил.
5. Роуланд-Уорн Л. Костюм / Л. Роуланд-Уорн. — Дорлинг Киндерсли, 1999. — 47 с. с ил.
6. Lacroix P. Manners, Custom and Dress During the Middle Ages and During the Renaissance Period / P. Lacroix. — NonFiction, 2004. — 220 с. с ил.
7. J. Bingham The Ancient World (History of Costume and Fashion volume 1) / J. Bingham. — Facts on File, 2005. — 64 с. с ил.
8. Embleton, G. Medieval military costume [Текст]: recreated in colour photographs / Gerry Embleton; ред. Martin Windrow. — Ramsbury: The Crowood Press, 2000. — 97 p.
9. Thursfield, S. The medieval tailors assistant [Текст]: making common garments 1200–1500 / Sarah Thursfield. — Bedford: Ruth bean Publishers, 2001. — 244 p.
10. Градова К. В. Театральный костюм. Женский костюм / К. В. Градова. — М.: Всероссийское театральное общество, 1976. — 316 с. с ил.
11. Градова К. В. Театральный костюм — мужской костюм / К. В. Градова. — М.: Союз театральных деятелей РСФСР, 1987. — 351 с. с ил.
12. Кидд М. Т. Сценический костюм / М. Т. Кидд. — СПб.: АРТ-Родник, 2004. — 144 с. с ил.
13. Holkeboer K. S. Patterns for theatrical costumes / K. S. Holkeboer. — L.A.: Drama Publishers, 1993. — 350 с.
14. Кузьмичев, В. Е. Художественно-конструктивный анализ и проектирование системы «фигура — одежда»: учебное пособие / В. Е. Кузьмичев, Н. И. Ахмедулова, Л. П. Юдина. — Иваново: ИГТА, 2010. — 300 с.
15. Таран, А. Н. Формализация способа выполнения адаптационного анализа жесткой одежды: дисс. ... канд. техн. наук. — М., 2004. — 340 с.
16. Фефилова, Л. Ю. Методика исторического анализа европейского костюма конца XIX — начала XX вв. по фото-материалам Урала и Сибири: дисс. ... канд. истор. наук. — Екатеринбург, 2007. — 281 с.

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Производство сахаристых продуктов из крахмала (патентный поиск)

Углов Владимир Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;

Бородай Елена Валерьевна, ведущий научный сотрудник;

Аксёнов Владимир Васильевич, кандидат химических наук, доцент

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН (г. Новосибирск)

Производство различных видов крахмалов и сахаристых крахмалопродуктов постоянно увеличивается и занимает важное место в экономике промышленно развитых стран. Это обусловлено несколькими причинами: наличием широкой возобновляемой сырьевой базы, большим разнообразием технологических свойств крахмалов, возможностью получения широкого диапазона востребованной продукции.

Ключевые слова: крахмалопродукты, патока, мальтозный сироп, глюкоза, патентный поиск

Одними из важнейших продуктов, получаемых из крахмала, являются сахаристые крахмалопродукты: пищевые патоки различного назначения, глюкозо-фруктозные сиропы, глюкоза пищевая, медицинская и микробиологическая, фруктоза, мальтодекстрины и др.

В ряду основных и социально значимых продуктов питания сахар и сахаристые вещества стоят на одном из первых мест и при современном уровне покупательной способности населения являются наиболее доступными продуктами в рационе россиян.

В 2014 г. сахарные заводы России выработали более 6100 тыс. т. белого сахара, в том числе из отечественной сахарной свеклы около 4450 тыс. т., а из импортируемого тростникового сахара — сырца 1650 тыс. т. Таким образом, доля импортного сахара составляет около 30%, что ставит Россию в зависимость от стран экспортеров сахара.

Ликвидировать такое положение в сахароперерабатывающей промышленности только наращиванием производства сахара из отечественной сахарной свеклы невозможно, в связи с неблагоприятными климатическими условиями для выращивания этой культуры в большинстве районов России, трудоемкостью выращивания свеклы, устаревшим оборудованием на действующих производствах. Альтернативными натуральными источниками подслащающих компонентов являются сахаристые крахмалопродукты: патоки карамельная, глюкозная, глюкозо-мальтозная, глюкозо-фруктозная и другие, которые получают из различных промышленных крахмалоносов: зерна кукурузы, пшеницы, тапиоки [1]. По опубликованным данным производство сахаристых крахмалопродуктов из зернового сырья рентабельнее на 30–45% производства сахара из сахарной свеклы [2].

В последнее время в промышленно развитых странах свекловичный и тростниковый сахар в рационе питания и при промышленной переработке все больше заменяется

сахаристыми крахмалопродуктами. К последним относятся: мальтодекстрины, низкосахаренная, карамельная, глюкозо-мальтозная, мальтозная и некоторые другие виды крахмальных паток. К продуктам полного гидролиза крахмала относятся: глюкоза кристаллическая моногидратная и глюкоза ангидридная, фруктоза кристаллическая, сиропы глюкозные и глюкозо-фруктозные с различным содержанием фруктозы (от 42 до 95%) [3].

Сахаристые крахмалопродукты очень широко используются в разных отраслях пищевой промышленности и успешно заменяют традиционные сахара в безалкогольных напитках на 100%, в кондитерских изделиях до 50%, при консервировании на 70%, хлебобулочных изделиях — 25%, молочных продуктах — 35% и т.д. В США из 15,6 млн т выпускаемых подслащающих веществ более 12 млн т приходится на сахаристые крахмалопродукты, из которых 9,6 млн т составляет глюкозо-фруктозные сиропы. В России в 2015 г. было произведено около 850 000 т сахаристых крахмалопродуктов, из них примерно 50% составляла продукция транснациональной компании «Cargill», которая выкупила несколько российских крахмалопаточных заводов. Объем продаж сахаристых крахмалопродуктов за период 2010–2016 г.г. стабильно рос по 4% в год. За период 2007–2015 гг. стоимостной годовой объем продаж этих продуктов вырос на 79% с 13 до 23 млрд руб.

Следовательно, необходим постоянный мониторинг и анализ патентной и научно-технической литературы с целью гибкого реагирования на процессы переработки нативных крахмалов на сахаристые крахмалопродукты, что и послужило основанием для выполнения данного патентного поиска.

RU2522771 Способ получения сахаристых продуктов из крахмалосодержащего сырья, приоритет 25.09.2012. Цель: ускорение и упрощение процесса деполимеризации

крахмала путем смешивания сырья с электроактивированной водой в биореакторе, оснащенный электромешалкой, терморегулятором и ультразвуковым устройством, получение суспензии, разжижение ее амилолитическими ферментами до моносахаридов. Процесс ведут при 60–65°C и pH 4,5–5,5 в течение 4 часов. Патентообладатель ГНУ СибНИИП Россельхозакадемии.

RU2507866 Сахаристая кормовая добавка для медоносных пчел, приоритет 18.04.2012. Цель: получение корма, максимально приближенного по своему углеводному составу к естественному корму пчел путем ферментативного гидролиза кукурузного крахмала глюкамилазой, альфаамилазой и стабилизацией продукта дигидрокверцитином 0,2–0,4 мас%. Патентообладатель ГНУ СибНИИП Россельхозакадемии.

RU2285725 Способ получения сахаристых продуктов из зернового сырья, приоритет 16.11.2004. Цель: Упрощение и ускорение технологического процесса, снижение расхода ферментов, уменьшение энергозатрат. Способ предусматривает обработку сырья в роторно-пульсационном аппарате с помощью мультиэнзимной композиции ферментов при температуре 50–75°C. Патентообладатель ГНУ СибНИИП СО РАСХН.

RU2421525 Способ получения патоки из крахмала, приоритет 24.05.2010. Цель: сокращение технологического цикла в результате кавитационной обработки крахмала с применением ферментов и дальнейшей обработки сырья в газовихревом биореакторе с использованием осахаривающих ферментов. Патентообладатели Рамазанов Ю. А., Аксенов В. В.

RU2265364 Способ получения кормовой патоки, приоритет 18.12.2003. Цель: получение продукта, содержащего легкоусвояемые углеводы путем увлажнения, измельчения и ферментативного гидролиза сырья с последующей его обработкой в кавитаторе комплексом амилолитических ферментов при температуре 43–50°C. Патентообладатель ООО ПО «СИББИОФАРМ».

RU2562536 Способ получения глюкозо-мальтозной патоки из картофельного крахмала, приоритет 22.06.2012. Цель: получение глюкозо-мальтозной патоки из картофельного крахмала в одну стадию путем гидролиза крахмала термоустойчивыми амилолитическими ферментами, выделенными ранее клостридиями. Патентообладатель ГНУ Красноярский НИИЖ Россельхозакадемии.

RU96111891 Способ производства глюкозы из крахмала, приоритет 13.06.1996. Цель: улучшение качества готового продукта в результате использования для очистки сиропа и паток озонородной смеси в присутствии активированного угля. Заявитель(и): Никифоров Ю. Н., Ломова Г. П., Морозов Л. А., Рожко А. В., Сарапука В. Я., Бондарь Е. Г.

CN10361447 A fermentation production method for aureomycin by utilizing cane molasses in place of a corn starch — Технология производства патоки из тростника с заменой части кукурузного крахмала, приоритет 03.05.2014. Цель: экономия кукурузного крахмала в результате его замены

в количестве 15% тростником мелассы. Патентообладатель Zumadian Huazhong China CO LTD.

CN1210888 Process for production saccharifying enzyme waste molasses as main material — Процесс производства осахаривающих ферментов с помощью кукурузного крахмала, приоритет 17.03.1999. Цель: снижение себестоимости осахаривающего фермента. Патентообладатель Univ Qinghua.

RU2061048 Способ получения крахмальной патоки и устройство для его осуществления, приоритет 10.12.1992. Цель: ускорение процесса получения крахмальной патоки, повышение производительности и упрощение эксплуатации устройства. Способ предусматривает кипячение водной суспензии крахмала с серной кислотой и ее последующей нейтрализации гидратом окиси кальция, перемешивание смеси путем вибрационного воздействия на раствор с интенсивностью 0,8–1,2 квт/м². Патентообладатель Ещенко Александр Федорович.

RU2283349 Способ получения патоки из крахмала, приоритет 21.10.2004. Цель: упрощение процесса и ускорение разжижения и осахаривания крахмала путем равномерного распределения ферментных препаратов. В процессе производства осуществляют разжижение крахмала с помощью альфа амилазы и его осахаривание в газовихревом биореакторе при помощи вихревого потока воздуха. Патентообладатель ООО «Сибирская Патока».

RU2452192 Способ получения кормовой добавки на основе карбамида, патоки и подсолнечного фуза, приоритет 07.05.2010. Цель: повышение биологической ценности экструдированного корма. Измельченное зерно ржи увлажняют в смесителе подсолнечной фузой (13%), кормовой патокой (12%) и карбамидом (15%). Далее смесь экструдуют 8–10 сек. при температуре 130–140°C и давлении 8–14 МПа. Патентообладатель ГНУ Всероссийский НИИ мясного скотоводства.

RU2425892 Способ получения мальтозного сиропа, 30.09.2009. Цель: интенсификация процесса получения очищенного мальтозного сиропа из зернового сырья. Сокращение продолжительности процесса гидролиза цельного зернового ячменя. Способ предусматривает клейстеризацию и ферментативный гидролиз измельченного ячменя комплексными ферментными амилолитическими и протеолитическими препаратами, полученными из культур микроорганизмов *Vac.subtilis* и *Penicillium emersonii*. Далее ферментные препараты инактивируют, отделяют гидролизат, центрифугируют, фильтруют и сгущают сироп. Патентообладатель ГОУ высшего профессионального образования «Московский государственный университет прикладной биотехнологии».

RU2602282 Термически ингибированный крахмал и крахмалосодержащие виды муки, приоритет 29.06.2012. Цель: получение термически ингибированного крахмала со стабильной вязкостью непрерывным способом. Нативный крахмал подвергают термической обработке на спирально-вибрационном транспортере в присутствии по меньшей мере 0.1% по объему кислорода при темпера-

туре продукта от 150°C до 200°C. В итоге содержание сухого вещества в крахмале составляет более или равное 98 мас.%. Патентообладатель Агрария Штерке Гмбх (АТ).

RU2003115346 Способ получения крахмала, приоритет 23.05.2003. Цель: глубокая переработка крахмалосодержащего сырья с целью повышения выхода готовой продукции. Суспензию крахмалосодержащего сырья обрабатывают в гомогенизаторе в гидроимпульсном режиме при частоте импульсов 0,5–2,5 Гц, а на стадии промывки крахмала его суспензию обрабатывают водным раствором гидроксида алюминия до величины рН 7,0–8,0. Заявитель(и): Малышев Роман Михайлович, Бомштейн Виктор Евгеньевич, Золотников Александр Николаевич, Малиновский Владимир Николаевич.

RU2003138276 Способ получения кормовой патоки, приоритет 18.12.2003. Цель: интенсификация процесса получения кормовой патоки из зерна. Предварительно измельченное до размеров 2–4 мм зерно подают в кавитатор, в котором происходит его дальнейшее измельчение до молекулярного уровня. Одновременно в кавитаторе проводят обработку зерна бактериальной альфа-амилазой и ксиланазой при температуре 43–50°C и рН 5,5–6,0. Заявитель ООО «Биотехнологии».

RU2013449 Способ получения сахаросодержащего продукта из ржаной муки, приоритет 08.04.1992. Цель: экономия ферментных препаратов за счет максимального использования собственных ферментов муки. Мучную суспензию разжижают собственными амилолитическими ферментами муки, процесс ведут при температуре 56–65°C и рН 4,5–5,0 в течение 10–30 мин. Далее для гидролиза используют фермент глюкоамилазу и процесс продолжают в течение 5–22 ч при 56–65°C. Патентообладатель Попадич Инесса Александровна.

RU2085590 Способ получения сахаристых продуктов из ржи, 16.05.1995. Цель: сокращение затрат ферментных препаратов, повышение выхода гидролизата и снижение его вязкости для увеличения фильтрационной способности. Предварительно подготовленную разжиженную суспензию из ржи подвергают термообработке при 120–125°C. Для гидролиза используют ферменты ци-

тазу, альфа-амилазу, процесс осуществляют в течение 16–20 часов, его контролируют по величине рН и температуре. Патентообладатель Всероссийский НИИ крахмалопроductов.

RU1337412 Способ получения глюкозосодержащего сиропа, приоритет 03.10.1985. Цель: снижение расхода ферментных препаратов и удешевление процесса. На первой стадии проводят ферментативное разжижение исходной крахмальной суспензии и термообработку частично ожиженного крахмала. Охлаждение суспензии осуществляют в 2 ступени. После первой ступени охлаждения выделяют жиробелковые примеси. На 2-й стадии проводят ферментативное осахаривание и очистку полученного сиропа. Выделение жиробелковых примесей после первой ступени охлаждения позволяет уменьшить расход ферментов и удешевить процесс. Патентообладатель Научно-производственное объединение по крахмалопроductам.

В результате анализа представленной патентной информации можно сделать вывод, что проблема производства сахаристых продуктов из зернового крахмала является актуальной для РФ, за рубежом интерес к выработке сахаристых продуктов из крахмала значительно ниже. Спектр готовой продукции достаточно широк и включает: пищевую и кормовую патоки, мальтозный сироп, глюкозу, кормовые добавки на основе патоки. Анализ выявил основных патентообладателей: научно-исследовательские институты Россельхозакадемии, университеты, научно-производственные объединения и в отдельных случаях физические лица.

Интерес к данной проблеме появляется после 2009 года. В предшествующие годы замечена тенденция получения сахаристых продуктов из зерна ржи, ячменя, пшеницы и отходов их производства, в последующие годы акцент сместился на производство патоки из кукурузного крахмала. В области производства патоки из картофеля информация очень ограничена.

В большинстве патентов на изобретение ставится задача интенсификации технологических процессов, улучшение качества готовой продукции, экономии ферментных препаратов.

Литература:

1. Аксёнов В. В. Комплексная переработка растительного крахмалосодержащего сырья в России // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2007. № 4. — С. 213–218.
2. Андреев Н. Р. Основы производства нативных крахмалов — М.: Пищепромиздат, 2001. — 289 с.
3. Лукин Н. Д., Бородин З. М., Папахин А. А. Исследование действия амилолитических ферментов на нативный крахмал различных видов в гетерогенной среде // Достижения науки и техники АПК. — 2013. — № 10. — С. 62–64.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Термостабилизация процесса микродугового оксидирования

Снегирев Олег Юрьевич, магистрант

Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

В настоящее время одними из важнейших задач в машиностроении является облегчение конструкций с сохранением требуемой прочности и защита деталей машин от коррозии. Одним из наиболее перспективных способов поверхностного упрочнения является метод микродугового оксидирования (МДО).

Процесс МДО

Процесс микродугового оксидирования является электрохимическим процессом, в результате которого на поверхности металлов вентильной группы (алюминий, титан и др.) и их сплавов образуется оксидное покрытие, отличающееся высокими механическими характеристиками и эксплуатационными свойствами, низкой химической активностью, электро- и теплопроводимостью [1].

Сущность метода состоит в том, что при пропускании тока большой плотности через границу раздела металл-электролит на поверхности электрода, которым является деталь, возникают точечные микродуговые разряды, под плазмохи-

мическим, гидродинамическим и термическим воздействием которых поверхностный слой преобразуется в керамическое покрытие, прочносцепленное с основным металлом [2].

Структура и состав покрытий определяются условиями их получения, зависят от времени и температуры процесса МДО, а также от материала основы и состава электролита. В настоящее время существуют стандарты, в которых приводятся значения показателей процесса.

Установка для процесса микродугового оксидирования в общем виде представляет собой источник технологического тока, один выход которого закреплен на детали помещенной в электролит (выступает в роли анода), а другой закреплен на катоде, помещенном в электролит. В большинстве установок для микродугового оксидирования в качестве катода выступает рабочая ванна.

Процесс МДО схож с анодированием, но отличается высоким напряжением, при котором ведется процесс (до 1000В), использованием слабощелочных электролитов, вместо кислотных в процессе анодирования, использование переменного и импульсного токов.

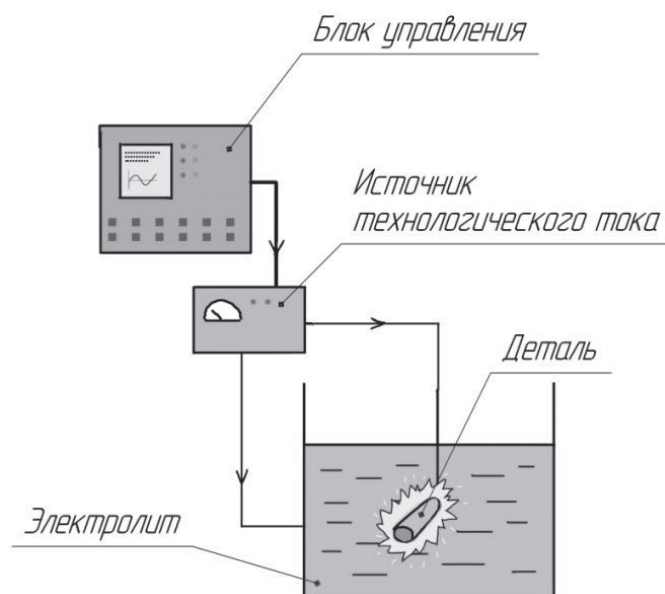


Рис. 1. Общая схема установки для микродугового оксидирования

Известные установки для процесса МДО

Во время процесса микродугового оксидирования в электролит выделяется огромное количество энергии. Температура электролита на поверхности детали может достигать 2000°. Для поддержания температуры электролита в требуемом диапазоне необходимо применять системы охлаждения.

Также для получения качественного покрытия желательно, чтобы электролит застаивался около поверхности детали. Для этого используют системы перемешивания электролита (мешалка, барботаж сжатым воздухом или циркуляция).

В настоящее время существует несколько устройств для микродугового оксидирования, применяемые на производстве.

Известно устройство для микродугового оксидирования [3, фиг. 1.], которое содержит источник питания, гальваническую ванну, систему прокачки электролита, установленный в ванну барботер, систему вытяжной вентиляции, систему охлаждения электролита. В качестве катода используют гальваническую ванну. Перемешивание электролита происходит с использованием барботера, установленного в рабочую ванну, снабженного компрессором. Поддержание заданной температуры осуществляется системой охлаждения электролита, выполненной в виде теплообменника, из которого тепло отводится с помощью воды протекающей через трубки внутри теплообменника.

Известно устройство для МДО [4], которое содержит источник питания и блок управления процессом МДО, выступающую в роли электрода ванну для электролита, в которой установлен фильтр для очистки электролита от загрязнений. Ванна установлена в баке жидкостного охлаждения. В качестве второго электрода выступает ок-

сидируемая деталь, помещенная в ванну с электролитом. Перемешивание электролита происходит путем циркуляции электролита с помощью насоса который откачивает электролит снизу и возвращает его в бак сверху.

Недостатком известных устройств является необходимость использования дополнительного оборудования такого как компрессор и блок охлаждения воды, подаваемой в теплообменник устройства патент RU2499852 и бак жидкостного охлаждения устройства патент RU2190044.

Предлагаемая конструкция устройства для МДО

Изучая недостатки существующих конструкций устройств для микродугового оксидирования, можно предложить следующую конструкцию устройства для МДО.

Устройство содержит источник тока (ИТ), один выход которого подключен к оксидируемой детали, а второй — к электроду. Оксидируемая деталь и электрод погружены в рабочую ванну (РВ) заполненную электролитом.

Для поддержания требуемой температуры и обеспечения заданного уровня рабочая ванна подсоединяется с помощью шлангов к блоку охлаждения электролита (БОЭ), который включает в себя два насоса (Н1 и Н2), бак с добавочным электролитом, радиатор, блок вентиляторов (В) и блок управления блоком охлаждения (БУ_{БОЭ}).

В момент запуска процесса микродугового оксидирования запускаются насосы Н1 и Н2. Насос Н1 предназначен для перекачивания электролита из рабочей ванны через радиатор в бак с добавочным электролитом. Насос Н2 предназначен для перекачивания электролита из бака в рабочую ванну. Перемешивание электролита в рабочей ванне производится путем установки входного и выходного отверстия таким образом, чтобы присутствовала циркуляция электролита.

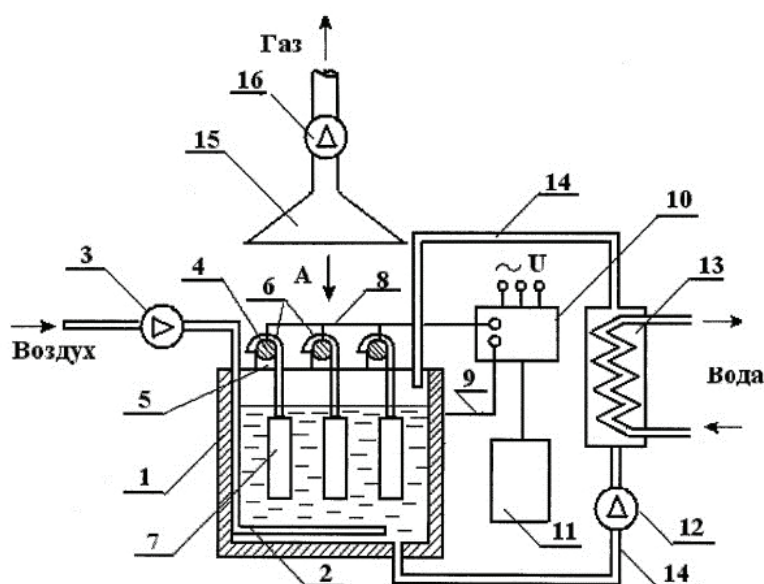


Рис. 2. Устройство для МДО патент RU2499852

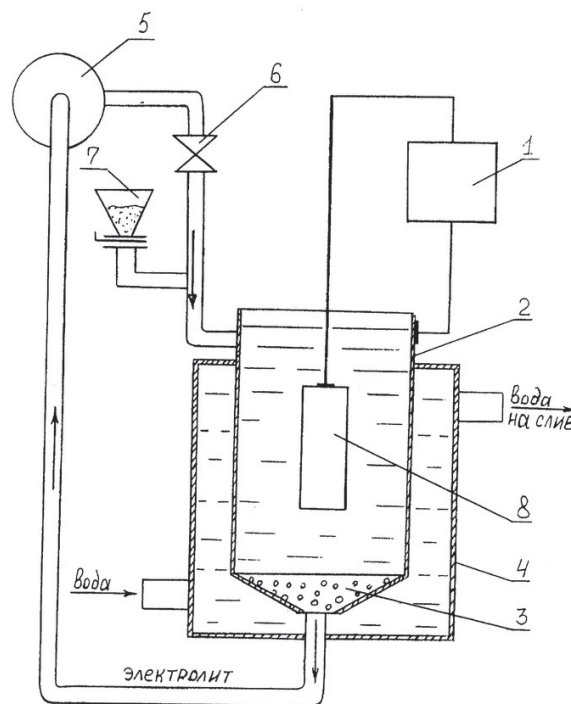


Рис. 3. Устройство для МДО патент RU2190044

В связи с тем, что блок охлаждения электролита содержит в себе два насоса и не является замкнутым контуром, появляется задача поддержания требуемого уровня электролита в рабочей ванне. Для решения данной задачи в бак с добавочным электролитом установлен датчик уровня (ДУ). В связи с тем, что шланги, радиатор, рабочая ванна и бак с добавочным электролитом имеют постоянный объем, то при полном заполнении шлангов и радиатора (отсутствие воздуха) определенному уровню в рабочей ванне будет соответствовать определенный уровень в баке с добавочным электролитом. Поэтому с помощью блока управления блоком охлаждения электролита, получающего данные с датчика уровня, регулируя производительность насосов Н1 и Н2, можно поддерживать требуемый уровень в рабочей ванне. Резкое падение уровня в баке с добавочным электролитом, при неизменной производительности насосов Н1 и Н2 будет сигнализировать нам о том, что в системе появилось место утечки электролита из системы и требуется завершить процесс микродугового окисления и исследовать причины данного явления.

При нагревании жидкости ее плотность уменьшается, и более нагретая жидкость перемещается вверх сосуда [5]. Согласно данному правилу, для более эффективного охлаждения электролита следует размещать отверстие выхода электролита из рабочей ванны немного ниже требуемого уровня в месте максимальной температуры электролита в рабочей ванне.

Отвод тепла из электролита осуществляется путем перекачивания его через радиатор и, одновременно с этим, обдуванием радиатора блоком вентиляторов. При постоянной площади съема тепла (площадь радиатора) количество от-

веденного тепла зависит от производительности насосов, перекачивающих электролит через радиатор, и производительности вентиляторов, обдувающих радиатор.

Измерение температуры в рабочей ванне производится с помощью датчика температуры, установленного на входе радиатора, который непосредственно связан с рабочей ванной, и передает данные блоку управления блоком охлаждения электролита.

Таким образом, зная отклонение температуры электролита от требуемой, блок управления будет подавать управляющий сигнал на насосы и вентиляторы [6]. Если температура электролита выше требуемой, то необходимо уменьшить производительность насосов и увеличить производительность вентиляторов. А если меньше, то необходимо увеличить производительность насосов и уменьшить производительность вентиляторов.

Достоинствами данной конструкции устройства для микродугового окисления являются компактность блока охлаждения электролита и отсутствие необходимости использования дополнительного оборудования в процессе окисления. Еще одним достоинством данной конструкции является возможность использования блока охлаждения для различных ванн проектируемых под изделия различных размеров.

Выводы

Для получения качественного покрытия при обработке детали методом микродугового окисления необходимо поддерживать заданную температуру электролита и обеспечить перемешивание электролита в рабочей ванне. Устройство для микродугового окисления предлага-

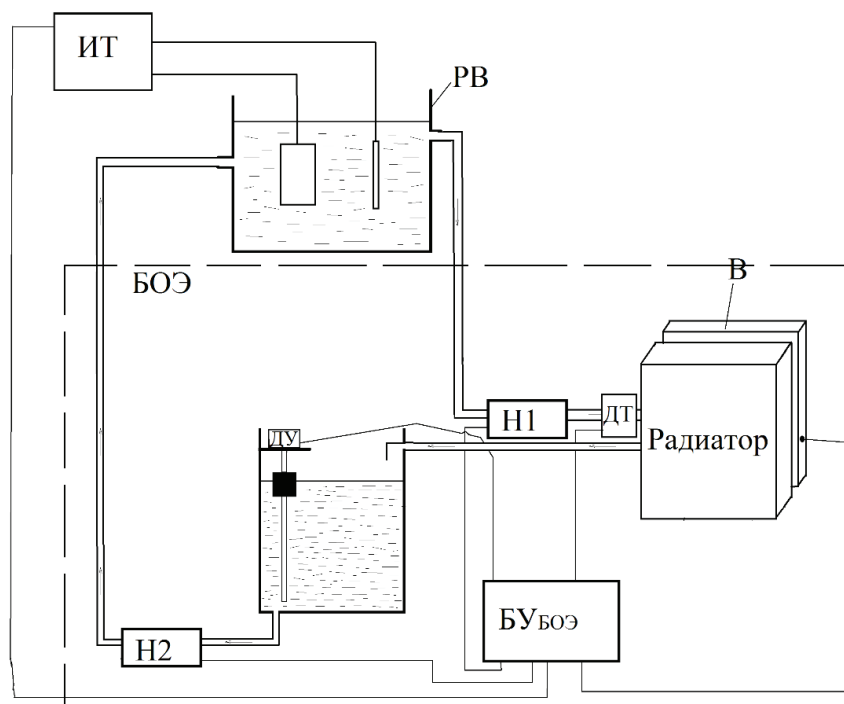


Рис. 4. Схема предлагаемого устройства для МДО

емой конструкции позволяет справиться с данной задачей. Изготовление рабочей ванны и блока охлаждения электролита требует небольших финансовых затрат, и может быть реализовано на предприятии.

Литература:

1. В. В. Тихоненко, А. М. Шкилько. диагностика наружного слоя покрытия, полученного микродуговым оксидированием на сплавах алюминия // — 2010. — № 47. — С. 119.
2. В. В. Тихоненко, А. М. Шкилько. Метод микродугового оксидирования // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 56. — С. 13.
3. Устройство для микродугового оксидирования // FREEPATENT. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2499852>.
4. Устройство для микродугового оксидирования металлов и их сплавов // Freepatent. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2190044>.
5. Основные физические свойства жидкостей // Refdb.ru. URL: <https://refdb.ru/look/2386647-pall.html>
6. Расчет системы охлаждения // Лекции. Опр. URL: <http://lektsii.org/9-21730.html>

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

К вопросу о влиянии начального градиента и инерционных сил на фильтрацию нефти в пористой среде

Гасанов Ильяс Раван оглы, кандидат технических наук, инженер
Научно-исследовательский проектный институт «Нефтегаз» (SOCAR) (г. Баку, Азербайджан)

В статье предлагается формула для определения зависимости между градиентом давления, который должен быть дополнительно преодолен, и который связан с влиянием начального градиента и инерционных сил, и депрессией.

Ключевые слова: скорость, инерционные силы, начальный градиент

In the article the formula for determining the relationship between the pressure gradient (which is related to the influence of the initial gradient and inertial forces and which must be further overcome) and depression.

Keywords: speed, inertial forces, initial gradient

Основной задачей рациональной разработки нефтяных и газовых месторождений является полнота извлечения промышленных запасов нефти.

При разработке залежей с аномальными свойствами нефти возникает ряд сложных и специфических задач, связанных с изучением физических и гидродинамических основ проявления не-newтоновского характера фильтрации в пористой среде.

$$\nabla p > \gamma_0 \Rightarrow av^3 + bv^2 + v - \frac{\kappa}{\mu}(\nabla p - \gamma_0) = 0, \quad (1)$$

$$\nabla p < \gamma_0 \Rightarrow v = 0.$$

$$\text{Здесь } b = \frac{\rho\beta\sqrt{\kappa}}{\mu}, \quad \beta = \frac{12 \cdot 10^{-5}}{m} \left(\frac{d_{\text{эф}}}{\sqrt{\kappa}} \right), \quad d_{\text{эф}} = 4\sqrt{\frac{2\kappa}{m}}, \quad a > 0,$$

$$\gamma_0 = \frac{\alpha\tau_0}{\sqrt{\kappa}}, \quad \alpha = 0,0162 \div 0,018.$$

Как видно, при $a = b = \gamma_0 = 0$ из формулы (1) получается закон Дарси. При $\alpha = \gamma_0 = 0$ получается двучленный закон Форхгеймера. А при $a = b = 0$ получается общий закон фильтрации Мирзаджанзаде. Подставляя в уравнение (1)

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{2\pi rh}, \quad \nabla p = \frac{dp}{dr}, \quad \text{получаем:}$$

$$dp = \frac{\mu}{\kappa} \left(\frac{aQ^3}{8\pi^3 r^3 h^3} dr + \frac{bQ^2}{4\pi^2 r^2 h^2} dr + \frac{Q}{2\pi rh} dr \right) + \gamma_0 dr. \quad (2)$$

Если правую часть интегрировать от p_c до p_k , а левую часть от r_c до r_k , то мы получаем:

$$\Delta p - \gamma_0 (r_k - r_c) = \frac{\mu}{\kappa} \left(\frac{aQ^3}{16\pi^3 h^3} \left(\frac{1}{r_c^2} - \frac{2}{r_k^2} \right) + \frac{bQ^2}{4\pi^2 h^2} \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{r_k} \right) + \frac{Q}{2\pi h} \ln \frac{r_k}{r_c} \right), \quad (3)$$

где $\Delta p = p_k - p_c$.

А теперь представим, что фильтрация происходит по закону:

$$av^3 + bv^2 + v - \frac{\kappa}{\mu} \frac{dp}{dr} = 0 \quad (4)$$

Однако, учитывая, что градиент давления, который тратится на преодоление столба жидкости давлением p_c , но и начальный градиент в призабойной зоне и, зная, что основное снижение давления происходит в призабойной зоне, то при интегрировании (2) пределы интегрирования правой части принимаются от $p_c + \Delta p_0$ до p_k , а левой части от p_c до p_k , то после несложных преобразований, мы получаем:

$$\Delta p - \Delta p_o = \frac{\mu}{\kappa} \left(\frac{aQ^3}{16\pi^3 h^3} \left(\frac{1}{r_c^2} - \frac{2}{r_\kappa^2} \right) + \frac{bQ^2}{4\pi^2 h^2} \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{r_\kappa} \right) + \frac{Q}{2\pi h} \ln \frac{r_\kappa}{r_c} \right). \quad (5)$$

Учитывая, что $\Delta p = \gamma_o (r_\kappa - r_c)$, мы убеждаемся, что уравнения (3) и (5) абсолютно совпадают. Поступая аналогичным образом, предположим, что фильтрация в пласте происходит по линейному закону Дарси $v = \frac{\kappa}{\mu} \frac{dp}{dr}$, где $\kappa = const$, $\mu = const$. Однако под влиянием начального градиента и инерционных сил скорость

уменьшается по экспоненциальному закону: $\frac{\kappa}{\mu} \frac{dp}{dr} e^{-\alpha(p_o - p)}$, где p_o — начальное пластовое давление [3]. Учитывая,

что при установившемся режиме фильтрации $\frac{dQ}{dr} = 0$, то $\frac{d}{dr} \left(\frac{\kappa}{\mu} \frac{dp}{dr} 2\pi r h e^{-\alpha(p_o - p)} \right) = 0$ или $\frac{d}{dr} \left(r \frac{dp}{dr} e^{-\alpha(p_o - p)} \right) = 0$.

Решая последнее уравнение, мы получаем:

$$\frac{dp}{dr} \left(e^{-\alpha(p_o - p)} \right) = \frac{c}{r} \Rightarrow \int e^{-\alpha(p_o - p)} dp = c_1 \int \frac{dr}{r} + c_2 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p)} = c_1 \ln r + c_2.$$

$$\text{При } r = r_c \Rightarrow \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - (p_c + \Delta p_o))} = c_1 \ln r_c + c_2. \quad (6)$$

$$\text{При } r = r_\kappa \Rightarrow \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} = c_1 \ln r_\kappa + c_2. \quad (7)$$

Вычитая из уравнения (7) уравнение (6), получаем:

$$\frac{1}{\alpha} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right) = c_1 \ln \frac{r_\kappa}{r_c}, \text{ откуда}$$

$$c_1 = \frac{1}{\ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \cdot \frac{1}{\alpha} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right). \quad (8)$$

Подставляя (8) в (6), получаем:

$$c_2 = \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} - \frac{\ln r_c}{\alpha \ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right). \quad (9)$$

Подставляя (8) и (9) в $\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p)} = c_1 \ln r + c_2$, получаем:

$$\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p)} = \frac{\ln r}{\alpha \ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right) + \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} -$$

$$- \frac{\ln r_c}{\alpha \ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right)$$

$$\frac{1}{\alpha} \left(e^{-\alpha(p_o - p)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right) = \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\alpha \ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \left(e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)} \right) \text{ или}$$

$$\frac{e^{-\alpha(p_o - p)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)}}{e^{-\alpha(p_o - p_\kappa)} - e^{-\alpha(p_o - p_c - \Delta p_o)}} = \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_\kappa}{r_c}}.$$

$$\text{При } p_o = p_\kappa \text{ имеем } \frac{e^{-\alpha(p_\kappa - p_o)} - e^{-\alpha(p_\kappa - p_c - \Delta p_o)}}{1 - e^{-\alpha(p_\kappa - p_c - \Delta p_o)}} = \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \text{ или } \frac{e^{-\alpha(p_\kappa - p)} - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_o)}}{1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_o)}} = \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_\kappa}{r_c}}. \quad (10)$$

Как видим, распределение давления имеет следующий вид:

$$p = p_\kappa + \frac{1}{\alpha} \ln \left[e^{-\alpha(p_\kappa - p_c - \Delta p_o)} + \left(1 - e^{-\alpha(p_\kappa - p_c - \Delta p_o)} \right) \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_\kappa}{r_c}} \right] \text{ или}$$

$$p = p_{\kappa} + \frac{1}{\alpha} \ln \left[e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)} + \left(1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)}\right) \frac{\ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \right]. \quad (11)$$

Тогда для дебита после несложных преобразований, получаем:

$$Q = 2\pi r h \frac{\kappa}{\mu} \frac{dp}{dr} e^{-\alpha(p_{\kappa} - p)} = \frac{2\pi \kappa h}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \frac{(1 - e^{-\alpha(p_{\kappa} - p_0)})}{\alpha} =$$

$$= \frac{2\pi \kappa h}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \frac{(1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)})}{\alpha}.$$

Приравняв дебиты, полученные двумя способами, имеем:

$$\frac{2\pi \kappa h}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \frac{(1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)})}{\alpha} = \frac{2\pi \kappa h}{\eta_1 \mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} (\Delta p - \Delta p'_0). \quad (12)$$

Здесь $Q = \frac{2\pi \kappa h}{\eta_1 \mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} (\Delta p - \Delta p'_0)$ получается в результате решения кубического уравнения:

$$\nabla p > \gamma_0 \Rightarrow av^3 + bv^2 + v - \frac{\kappa}{\mu} (\nabla p - \gamma_0) = 0,$$

$$\text{где } \Delta p'_0 = \Delta p_0 + \frac{\mu}{\kappa} \xi_1 (\eta_1 - 1) + \frac{\mu Q_0}{h\kappa}, Q_0 = 2A\xi_1^3, \xi_1 = \frac{2b}{3a} \cdot \frac{\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}}{\frac{1}{r_c} + \frac{1}{r_{\kappa}}},$$

$$\eta_1 = A \left(\sqrt[3]{\left(-\frac{q_1}{2} + \sqrt{D_1}\right)^2} + \sqrt[3]{\left(\frac{q_1}{2} + \sqrt{D_1}\right)^2} + \frac{p_1}{3} \right), A = \frac{a}{2 \ln^3 \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \left(\frac{1}{r_c^2} - \frac{1}{r_{\kappa}^2} \right),$$

$$q_1 = 2\xi_1^3 - \frac{1}{A} \xi_1 - \frac{1}{A} \frac{\kappa}{\mu} \Delta p, p_1 = \frac{1}{A} - 3\xi_1^2, D_1 = \left(\frac{q_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{p_1}{3}\right)^3.$$

$$\text{Из (12) получаем } \frac{(1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)})}{\alpha} = \frac{\Delta p - \Delta p'_0}{\eta_1}. \quad (13)$$

Разлагая $e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)}$ в ряд получаем:

$$\frac{1}{\alpha} \left(1 - \left(1 - \alpha(\Delta p - \Delta p_0) + \frac{\alpha^2 (\Delta p - \Delta p_0)^2}{2!} - \frac{\alpha^3 \Delta p^3}{3!} + \dots \right) \right) =$$

$$= (\Delta p - \Delta p_0) - \frac{\alpha}{2} (\Delta p - \Delta p_0)^2 + \frac{\alpha^2}{6} (\Delta p - \Delta p_0)^3 - \dots$$

Взяв четыре члена разложения, мы в графике $\frac{1 - Q / \frac{2\pi \kappa h}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}}}{\Delta p - \Delta p_0} = \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha^2}{6} (\Delta p - \Delta p_0)$ от $\Delta p - \Delta p_0$ по точке пересечения прямой

с осью ординат получаем значение $\frac{\alpha}{2}$, следовательно, и α . Для проверки правильности, учитывая, что угловой

коэффициент $\text{tg} \varphi = -\frac{\alpha^2}{6}$, мы сравниваем полученное значение α со значением $\alpha = \sqrt{-6 \text{tg} \varphi}$. Здесь $\alpha > 0$, $\text{tg} \varphi < 0$.

Таким образом, найдя α и построив график $\Delta p'_0 = \Delta p - \eta_1 \frac{(1 - e^{-\alpha(\Delta p - \Delta p_0)})}{\alpha}$ от $\Delta p - \Delta p_0$, мы находим значения $\Delta p'_0$ в зависимости от $\Delta p - \Delta p_0$, т. е. градиент давления, который нужно дополнительно преодолеть и который связан с влиянием начального градиента и инерционных сил.

Следует отметить, что, если влияние инерционных сил отсутствует, то $1 - Q / \frac{2\pi kh}{\mu \ln \frac{r_w}{r_c}} \Delta p = 0$, $\alpha = 0$, т. е. мы получаем закон Дюпюи.

Литература:

1. А. Х. Мирзаджанзаде, О. Л. Кузнецов, Х. С. Басниев, З. С. Алиев. Основа технологии добычи газа. — М.: Недра, 2003, 880 с.
2. А. Х. Мирзаджанзаде, И. М. Аметов, А. Г. Ковалев. Физика нефтяного и газового пласта. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005, 280 с.
3. А. Х. Мирзаджанзаде, А. Г. Ковалев, Ю. В. Зайцев. Особенности эксплуатации месторождений аномальных нефтей. — М.: Недра, 1972, с. 200.
4. А. Х. Мирзаджанзаде, Р. С. Гурбанов. Обзор работ по гидродинамике вязкопластичных сред в бурении. — Баку: 1968, 83 с.
5. А. Т. Горбунов. Разработка аномальных месторождений. — М.: Недра, 1981, 240 с.

Общая характеристика биотехнической системы «доильная машина — испытательное оборудование — животное»

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный аграрный университет

Одной из наиболее актуальных проблем современного АПК является разработка и эффективная эксплуатация биотехнических систем, а также разработка для них адаптивной техники. В настоящее время биотехнические системы получили широкое распространение в нашей жизни и люди постоянно являются звеньями этих систем. Эффективная работа таких биотехнических систем требует разра-

ботки новых методов — методов адаптации, биологического управления, методов сочетания живого и технического [1].

Система «доильная машина — испытательное оборудование — животное» (рис. 1) состоит из звеньев (или подсистем) двух видов — биологического (животное) и двух технических (доильные машины и испытательное оборудование).

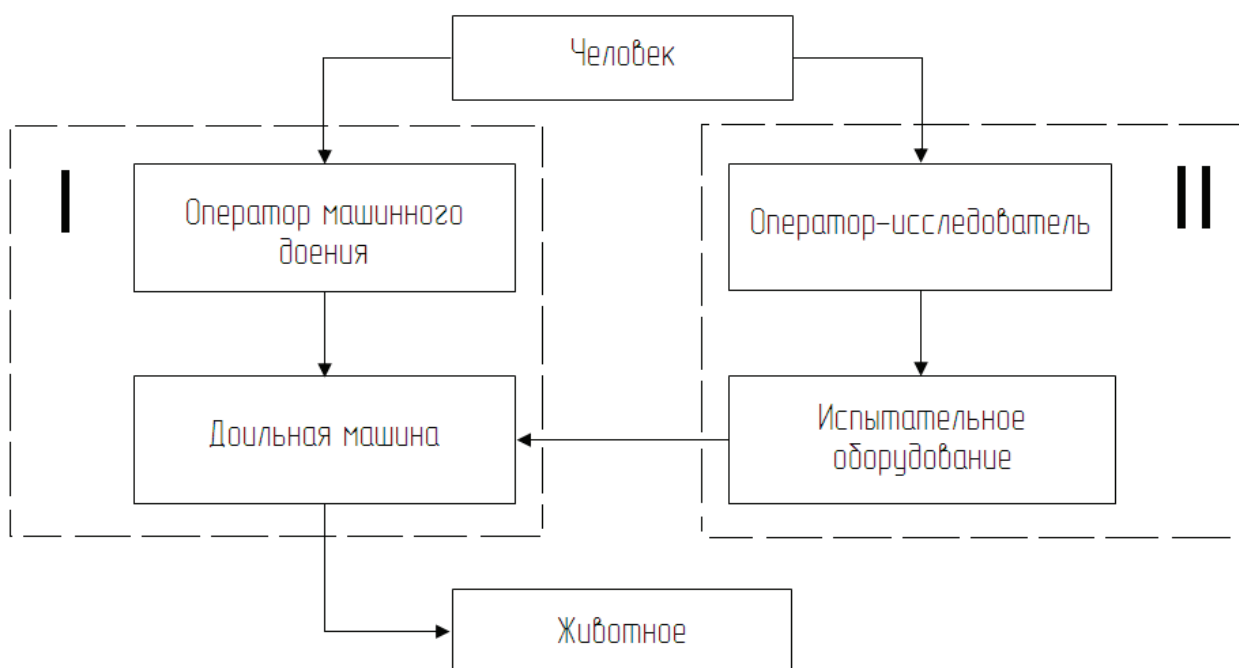


Рис. 1. Система «доильная машина — испытательное оборудование — животное»

Сложность этой системы связана с неодинаковой природой звеньев системы и связей, имеющих место внутри системы. Связи между биологическими звеньями (животными) сложные, поскольку управляются законами биологии, физиологии, биохимии. Связи между техническими звеньями (машинами) проще, т.к. они основаны на законах физики, математики, механики. Становится очевидным, насколько сложна задача нахождения оптимальных связей между биологическими и техническими звеньями системы, связей, которые обеспечивают высокоэффективную работу всей системы в целом.

В процессе работы звенья системы и сама система, подвергаясь самым разнообразным воздействиям, не всегда работают эффективно. Для более эффективного функционирования всей системы необходимо определить роль каждого звена в их взаимодействии.

Следует обратить внимание на то, что полноценно реализовать функциональный потенциал технических объектов системы можно только благодаря четкому и грамотному управлению ими. Этого можно достичь только в том случае, когда роль оператора и испытателя выполняет специально обученный персонал.

Оператор контролирует различные показатели звеньев системы (доильная машина, испытательное оборудование), сравнивает их, оценивает и на этом основании принимает определенные решения, снова оценивая эффективность их реализации.

Процесс управления может быть определен как организация оператором целенаправленных воздействий непосредственно и при помощи технической части управляющей системы на объект для достижения необходимого полезного эффекта при наличии возмущающих воздействий внешней среды и возможных возникновения внутренних помех.

Одной из потенциальных возможностей дальнейшего роста производства продукции в животноводстве является повышение продуктивности животных путём лучшего использования их индивидуальных особенностей. Большие перспективы в области автоматизации, как животноводства, так и всего сельского хозяйства раскрываются перед роботами и робототехническими системами. Наибольший интерес, но и в то же самое и наибольшую сложность, представляет роботизация процесса доения коров. В нашей стране и за рубежом разработано довольно большое количество интересных и разнообразных конструкций манипуляторов. Их разработка ведется в трех направлениях: для стационарных установок, размещенных на специальных доильных площадках и в доильных залах («Тандем», «Елочка»), передвижных манипуляторов, перемещающихся по специальным направляющим, смонтированным вдоль стойл коровника, и переносных манипуляторов [2].

При машинном доении доильный аппарат находится во взаимодействии с выменем животного 2...4 раза в день по 4...5 минут на протяжении всего периода лактации. При положительном воздействии доильной тех-

ники на животное происходит стимуляция рефлекса молокоотдачи, увеличение продуктивности и качества молока. При отрицательном воздействии доильной техники животные испытывают болевые ощущения, которые приводят к торможению рефлекса молокоотдачи, неполному выдаиванию и болезням вымени [1]. Следовательно, доильная техника, находясь во взаимодействии с животным, должна быть максимально к нему приспособлена и работать в щадящем или в стимулирующем режиме. Такая схема функционирования системы представлена на рис. 1

I — вариант, оператор машинного доения обслуживает животное, доильной машиной не прошедшей испытания и подбор на специальном оборудовании.

К сожалению, разрабатываемые технологические приемы и машины для «обслуживания» животных слабо увязаны с ними с физиологической точки зрения, к тому же пока исследователи не рассматривают животных как биоэнергетические функциональные звенья системы, являющиеся носителями высокой генетической и нервной информации. Такому положению в немалой степени способствует и раздвоение животных как объектов исследований — биологический и инженерный [1].

Для решения этой проблемы необходимо использовать «идеальный» доильный аппарат, который должен возбуждать рефлекс молокоотдачи у коровы, быть простым по конструкции, удобным в эксплуатации, быстро и чисто доить, а также не вызывать заболеваний вымени [2].

Выбор «идеальной» конструкции доильного аппарата является задачей трудноразрешимой, если пользоваться простым апробированием различных аппаратов в производственных условиях [2].

Функциональные испытания доильного оборудования, а также доработка его конструктивно — режимных параметров должны производиться в лабораторных условиях. Для этого необходимо использовать испытательные стенды и контрольно-измерительное оборудование, с помощью которых осуществляется имитация необходимых морфологических, физиологических и анатомических параметров организма животного [3, 4, 5, 6].

При проведении испытания доильных аппаратов в лабораторных условиях не наносится ущерб здоровью животным, т.к. исключено воздействие на соски доильного аппарата. При этом на результаты опыта не влияют многие факторы, такие как тщательный подбор животных по продуктивности, стрессоустойчивости, условиям содержания, которые невозможно учесть при испытании на коровах — аналогах, что в свою очередь влияет на достоверность испытаний [1, 2].

Испытание доильного оборудования непосредственно на животных может отрицательно сказаться на их здоровье и привести к уменьшению периода лактации, но при использовании вычислительной техники предоставляется уникальная возможность избегать жестких производственных экспериментов, оперируя математическими моделями. Как известно, они составляют основу автоматизации проектирования, а огромные вычисли-

тельные ресурсы современных компьютеров позволяют использовать математические модели высокой степени сложности [2]. Работа системы по II — варианту представлена на рис. 1., оператор машинного доения обслуживает животное, доильной машиной прошедшей испытания и подбор на специальном оборудовании, благодаря этому он становится «оптимальным» для данной группы животных.

При проведении научно-исследовательских работ необходимо интенсивно внедрять и эффективно эксплуатировать математические модели, для того чтобы исключить при создании доильного оборудования «жесткий» производственный эксперимент. Математическое моделирование при использовании современных вычислительных мощностей, опираясь на обобщение ранее полученного опыта в вопросах стандартизации и отбора животных, не требует дополнительных материальных средств и времени для решения проблем, связанных с многократной повторяемостью лабораторно-производственных экспериментов. Оптимизация параметров технических систем для физиологической эвакуации молока из цистернальных отделов вымени с применением компьютеров является качественно новым подходом к созданию и развитию доильной техники.

Только компьютерное моделирование, используемое при оптимизации взаимосвязей элементов системы «доильная машина — испытательное оборудование — животное», является тем фактором, без учета которого практически невозможно решить проблему индустриализации молочного скотоводства при максимальной реализации потенциала продуктивности животных и сохранении генофонда крупного рогатого скота России.

Как показал анализ развития технического звена системы «доильная машина — испытательное оборудо-

вание — животное», лежащий в основе методологии ее исследования, существуют реальные технологические и энергетические предпосылки, а также достоверные способы технической реализации потенциала продуктивности животных. Это определяет кардинальное направление оптимизации взаимосвязей элементов системы, эффективность которой обоснована технико-экономическим прогнозом внедрения методологического обеспечения создания и развития доильных машин нового поколения.

Животные являются активными биологическими звеньями, поэтому необходимо глубокое изучение их форм поведения в среде, искусственно созданной человеком. Нельзя не учитывать того, что животные являются носителями высокой генетической и нервной информации. Всё это необходимо для комплексной и объективной оценки животного с целью имитации этих особенностей на испытательном оборудовании.

Эффективная работа системы «доильная машина — испытательное оборудование — животное» зависит от согласованной работы всех ее звеньев. Этого можно добиться только при тщательно продуманной организации системы, полном контроле ее основных характеристик, наличии обратной связи, применении технически более совершенных машин, разработанных в полном соответствии с физиологическими особенностями животных. Следует также помнить о важной роли и значении человека-оператора.

Оптимизация параметрических характеристик системы «доильная машина — испытательное оборудование — животное» предполагает выход на качественно новое, высокоэффективное направление совершенствования доильной техники, что позволит ускорить решение проблемы экономического становления агропромышленного комплекса.

Литература:

1. Шахов В. А., Поздняков В. Д., Козловцев А. П., Герасименко И. В. Повышение эффективности использования и эксплуатационной надежности доильных аппаратов / Вестник ЧГАА том 67/1 // Научный журнал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Челябинская государственная агроинженерная академия» — Челябинск 2014. — С. 60–64.
2. Герасименко И. В. «Разработка методики и определение конструктивно-режимных параметров испытательного стенда для доильных аппаратов»: Дис. канд. техн. наук. Оренбург. 2008. — 151 с.
3. Соловьев с. А., Герасименко И. В. Стенд для испытания доильных аппаратов Патент РФ № 2279797, Бюл. № 20, 20.07.2006.
4. Соловьев с. А., Герасименко И. В., Шахов В. А. Стенд для испытания доильных аппаратов Патент РФ № 2285390, Бюл. № 29, 20.10.2006.
5. Соловьев с. А., Герасименко И. В., Шахов В. А. Стенд для испытания доильных аппаратов Патент РФ № 2298317, Бюл. № 13, 10.05.2007.
6. Соловьев с. А., Герасименко И. В., Шахов В. А. Контрольно-испытательный комплекс Патент РФ на полезную модель № 66150, Бюл. № 25, 10.09.2007.

Пути повышения энергоэффективности имеющегося жилищного фонда в Российской Федерации в контексте эколого-экономической безопасности

Котлярова Виктория Валентиновна, доктор философских наук, профессор;

Дулоглу Татьяна Александровна, магистрант

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты (Ростовская обл.)

Статья посвящена актуальным на сегодняшний день проблемам повышения энергоэффективности имеющегося жилищного фонда в РФ в контексте эколого-экономической безопасности. В статье анализируются основные причины энергозатрат отрасли ЖКХ. На основе изучения литературных источников установлено, что наибольшим потенциалом энергосбережения обладает жилищный фонд. Также значительное внимание уделено выделенным автором возможным направлениям, ориентированным на повышение энергоэффективности в отрасли ЖКХ. Таким образом, автором была определена попытка оценить существующие методы повышения энергоэффективности в жилых зданиях РФ.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, жилищно-коммунальное хозяйство, жилищный фонд, реконструкция, модернизация, теплоснабжение, теплоизоляция здания, инсоляция, экономическая целесообразность

Одна из важнейших стратегических задач России, решение которой требует совместных усилий со стороны ученых, специализирующихся не только в сфере социально-гуманитарного, но естественнонаучного и технического знания — это задача обеспечения безопасности страны.

Современный этап развития экономических отношений характеризуется широким многообразием используемых видов энергии, направляются на удовлетворение энергетических потребностей населения и производство экономических благ. В связи с этим значимость энергии как фактора производства в экономике приобретает особое и самостоятельное значение, т.к. развитие и модернизация различных отраслей экономики Российской Федерации сопровождается вопросами, касающимися повышения энерго- и ресурсосбережения. В настоящее время данные вопросы относятся к объектам повышенного внимания. Подтверждением этому является принятый 23 ноября 2009 г. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», на основании которого разработаны и функционируют во всех муниципальных образованиях РФ целевые программы по энергосбережению. [1]

Энергоэффективность жилищного фонда является приоритетным направлением в сфере энергетической политики многих стран мира. Развитие этого направления обусловлено такими факторами, как: исчерпаемость невозобновляемых энергетических ресурсов, отсутствие альтернативы заменить их на более экологически безопасные и менее энергоемкие, наличие рисков при их добыче, переработке и транспортировке — все эти факторы способствуют развитию исследований в данном направлении. В связи с политической и военной нестабильностью в регионах добычи энергетических ресурсов, напряженностью на мировых рынках энергетических ресурсов

и ростом цен на энергоносители вышеприведенные факторы приобретают все большее значение. С течением времени научно-технический прогресс постоянно совершенствовал человеческие потребности, а вместе с тем и средства производства и виды энергии, но именно в индустриальном обществе энергия приобретала своего качественного разнообразия по формам изъятия, а также именно на этом этапе обострилась проблема энергосбережения, актуальность которой в отрасли жилищно-коммунального хозяйства в первую очередь связана с высокой энергоемкостью отрасли. Среди основных причин энергозатратности отрасли можно выделить высокую степень изношенности жилищного фонда, несовершенство коммунальных систем и строительных конструкций. Что касается последних, то жилищный фонд РФ представлен зданиями различных годов постройки, большинство которых выполнено по теплотехническим нормам, не соответствующим современным требованиям по энергоэффективности.

Областью, обладающей наибольшим потенциалом энергосбережения, является жилищный фонд, на долю которого, по различным оценкам, приходится потребление от 30 до 40% энергоресурсов [2–5]. Реконструкция и модернизация жилищного фонда являются наиболее важными направлениями в решении проблем энергосбережения и энергоэффективности. Данные мероприятия позволят решить ряд проблем, возникающих при эксплуатации жилищного фонда и касающихся продления жизненного цикла здания, поддержания параметров внутреннего климата на комфортном уровне для человека, оснащения здания современным инженерным оборудованием, повышением архитектурной выразительности здания и вместе с тем его энергоэффективности [6].

Применительно к сфере ЖКХ можно выделить три основополагающих направления, ориентированных на энергосбережение.

Первое направление заключается в совершенствовании коммунальной инфраструктуры, энергетических установок поставщиков и потребителей. Указанные мероприятия предполагают внедрение инновационных и качественных энергосберегающих технологий.

Второе направление заключается в разработке энергосберегающих мер в зданиях, которые большей частью актуальны в части тепловой энергии. Здесь же следует отметить, что именно системы теплоснабжения обладают наибольшим потенциалом энергосбережения. Однако, к последним предъявляется ряд требований, касающихся поддержания параметров внутреннего климата здания комфортных для человека, снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности инженерных систем в целом. Также стоит сказать, что в процессе проектирования энергосберегающих систем для здания очень важно учитывать влияние инсоляционных процессов на микроклимат помещений [7]. По оценкам специалистов, эффект от инсоляции может достигать 30% в общем балансе теплоступлений за отопительный сезон.

Третье направление основано на определении требований к выбору целесообразного технического варианта по теплоизоляции здания, которое имеет преимущество в двух аспектах: экономическом (снижение энергозатрат на отопление) и социальном (повышение теплового комфорта помещения) [8]. Выбор варианта, способствующего повышению теплозащиты, приводит к следующим этапам. В самом начале устанавливаются возможные конструктивные решения по утеплению ограждающих конструкций здания, затем проводится их технико-экономическая оценка [9], так как решающим фактором является их экономическая целесообразность.

К сказанному выше следует добавить тот факт, что проектирование энергоэффективных мероприятий достаточно

трудоемкий процесс. Одного выбора технических решений по повышению энергоэффективности недостаточно. Так как при принятии решения само здание и окружающая его природная среда должны быть рассмотрены в качестве единой энергетической системы. Такую возможность дают современные системы энергомоделирования зданий, позволяющие разрабатывать и поддерживать информационную модель не только всего здания, но и его окружающей среды, реализуя, таким образом, принцип системного проектирования (технология BIM). [10]

Жилищно-коммунальное хозяйство — это, собственно, та часть энергопотребления, где в системах отопления и подогрева воды существует значительный потенциал повышения энергоэффективности. С целью реализации программы энергосбережения основными мероприятиями являются: масштабное внедрение и обслуживание приборов учета (как общедомовых, так и индивидуальных); обязательное осуществление перехода к стандартам энергоэффективности для новых зданий и тех, что подлежат реконструкции; постепенная модернизация систем теплоснабжения домов; использование систем освещения, способствуют повышению энергосбережения.

Таким образом, техническое состояние имеющегося жилищного фонда требует реконструкции и модернизации в плане энергосбережения. Однако, данные мероприятия требуют комплексного подхода, заключающегося не только в повышении энергоэффективности индивидуального объекта, жилого дома, но и в системном подходе к энергосберегающим мероприятиям относительно существующей застройки (жилого квартала или целого микрорайона). При этом значительное внимание при реконструкции и модернизации должно уделяться мероприятиям по выполнению экологических требований, которые предъявляются к строительным материалам и методам ведения работ.

Литература:

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // consultant.ru.
2. Дубягин Ю. П., Дубягина О. П., Марченко Е. М. Стратегия национальной безопасности России и ее соотносимость с энергетической безопасностью и ее важными системными составляющими: энергосбережением и водоподготовкой // Энергосбережение и водоподготовка. — 2013. — Т. 83. — № 2. — С. 11–16.
3. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. — 2010. — № 1. — С. 9–13.
4. Alihodzic, R., V. Murgul, N. Vatin, E. Aronova, V. Nikolić, M. Tanić and D. Stanković, 2014. Renewable energy sources used to supply preschool facilities with energy in different weather conditions. Applied Mechanics and Materials, T.624: 604–612.
5. Wei, Li, Zh. Jinzhong and Zh. Zhimin, 2012. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory. Energy Procedia, 17: 227–232.
6. Зильберова И.Ю., Петров К. С. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119.
7. Стрижак П. А., Морозов М. Н. Математическое моделирование теплового режима здания с учетом инсоляционных теплоступлений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2015. — № 8 Т. 326. — С. 36–46.

8. Шеина с. Г., Федяева П. В. Оценка методов повышения энергоэффективности в жилых зданиях повышенной этажности для г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/p2y2013/1713.
9. Гагарин В. Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. — 2008. — № 8. — С. 41–47.
10. Georgescu, M. and I. Mezić, 2015. Building energy modeling: A systematic approach to zoning and model reduction using Koopman mode analysis. *Energy and buildings*, 1(86): 794–802.

САПР И ГРАФИКА

Системы автоматического проектирования в судостроении

Минченко Лидия Викторовна, кандидат экономических наук, доцент;

Кандратова Татьяна Александровна, магистрант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

В данной статье рассмотрены системы автоматического проектирования, используемые в судостроении и судоремонте российских предприятий данной области.

Ключевые слова: судостроение, судоремонт, системы автоматического проектирования, САПР

Для судоремонтных предприятий большую роль играют наработанные базы знаний, содержащие стандартные фрагменты различных графиков проектов ремонта, допускающие в сжатые сроки оценить реальную продолжительность и стоимость выполнения будущего судоремонта.

Решение всех этих, а также многих других задач управления проектами позволяет обеспечить и упростить специализированная информационная система управления проектами (ИСУП). Наличие данной системы на судостроительных и судоремонтных заводах является на- сущной необходимостью.

На судостроительных предприятиях применяется множество различных информационных систем, многие из которых могут быть интегрированы с ИСУП. В частности, к ним можно отнести CAD/CAM-системы, системы документооборота, электронные архивы, PDM/PLM-системы и т.д.

Реализация проектов в области CAD/CAPP/PDM, как правило, занимает достаточно длительный период — от года и более. Естественно, что при внедрении таких решений заказчики заинтересованы в организации эффективных предпроектных исследований, в четком обозначении сроков выполнения всех этапов, в строгом следовании графикам. Здесь — причина того, что судостроительные предприятия все чаще обращаются к отечественным разработкам программного обеспечения и систем автоматического проектирования.

Система автоматизированного проектирования (САПР) — система, исполняющая информационную технологию выполнения функций проектирования и являет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

САПР, активно применяемые в судостроении:

1. FORAN — специализированная судостроительная система проектирования (разработана фирмой SENER INGENIERIA Y SISTEMAS S. A.).

2. TRIBON — специализированная судостроительная система проектирования (разработана фирмой TRIBON SOLUTIONS).

3. NUPAS-CADMATIC — специализированная судостроительная система проектирования (разработана и компаниями NUMERIEK CENTRUM GRONINGEN B. V., и CADMATIC Ltd.).

4. CATIA — система проектирования, разработанная фирмой DASSAULT SYSTEMES, Франция при поддержке корпорации IBM, США. В настоящее время анонсируется, как система, учитывающая специфику проектирования в судостроении.

5. AutoSHIP — специализированная судостроительная система проектирования, разработанная фирмой AUTOSHIP SYSTEMS CORPORATION.

6. ПЛАТЕР — интегрированная система автоматизации конструкторской и технологической подготовки корпусных производств верфи.

7. ShipModel — программный комплекс для судостроения.

8. DEFCAR — специализированная судостроительная система проектирования (разработана фирмой DEFCAR Eng.).

9. NAPA — специализированная судостроительная система проектирования (разработана фирмой Napa Oy).

10. КЗ-SHIP — комплекс программ трехмерного моделирования для судостроения, разработанный НВЦ «ГеоС», Россия.

11. SeaSolution — специализированный программный комплекс, разработанный компанией SeaTech Ltd., Россия.

12. Pro/EngineerShipbuildingSolutions — специализированная система проектирования для судостроения, разработанная компанией PTC (Parametric Technology Corporation), США.

13. САПС — система автоматизированного проектирования судов. Разработана фирмой ООО «ЛЕДА» (г. Николаев, Украина) применительно к особенностям судостроения в странах СНГ и Балтии.

Ведущим российским разработчиком таких программных обеспечений является Группа компаний АСКОН, работающая на рынке САПР с 1989 года и разрабатывающая массовые CAD/CAM/CAPP/PDM-системы под следующими марками:

1. Система инженерного документооборота ЛОЦМАН: PLM — используется при управлении заказами, проектами, изделиями МСЧ и верфи;

2. САПР технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ используется для написания техпроцессов как МСЧ, так и верфи;

3. САПР КОМПАС-3D и КОМПАС-График позволяют создавать 3D-модели и оформлять необходимую документацию, а также оформлять текстовую документацию.

На сегодняшний день, большинство предприятий судостроения и судоремонта стремятся проектировать в 3x-мерном пространстве. Трехмерные САД-системы позволяют значительно ускорить процесс выпуска проектно-сметной документации, а также повысить точность проектирования.

САД-системы используются для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. По большей части, в современные САД-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.). Ведущие трехмерные САД-системы дают возможность реализовать идею сквозного цикла подготовки и производства сложных промышленных изделий.

В отечественном судостроении активно применяются информационные базы Группы компаний АСКОН под марками КОМПАС, ЛОЦМАН: PLM и ВЕРТИКАЛЬ.

На ОАО СПО «Арктика» (г. Северодвинск) широко используется система ЛОЦМАН: PLM. На ФГУП ЦМКБ «АЛМАЗ» (г. Санкт-Петербург) — система КОМПАС для решения задач проектирования элементов трубопроводных систем, систем гидравлики, компоновки гидропалей и энергетических установок корабля.

ПО «Севмаш» также использует комплекс данного ПО и на сегодняшний день, для обеспечения автоматизации конструкторско-технологической подготовки изделий машиностроения решены следующие задачи:

1. организовано автоматизированное формирование заданий по раскрытию состава изделия машиностроения и внесению информации в систему ЛОЦМАН: PLM;

2. разработан и внедрен механизм загрузки транспортных массивов от проектантов;

3. организовано формирование конструкторского состава примененных изделий МСЧ с бумажных подлинников путем создания спецификаций в КОМПАС-График;

4. организовано взаимодействие информации, управляемой в системе ЛОЦМАН: PLM, с другими информационными системами, функционирующими на предприятии.

На предприятии ОАО «Адмиралтейские верфи» и ОАО «Северное ПКБ» широко используется информацион-

но-нормативное обеспечение полного жизненного цикла корабля ПО NormaCS.

В процессе внедрения ПО на ОАО «Адмиралтейские верфи» была решена задача конвертации в формат NormaCS — ЛОТ базы данных ранее используемого на предприятии ПО Технорма/ИнтраДок. Для решения этой задачи была создана Программа автоматизированного (пакетного) внесения документов в систему по созданию собственных баз данных предприятия NormaCS Pro.

В процессе внедрения была решена задача нормативного обеспечения разработки конструкторской и технологической документации в MS Word, MS Excel, AutoCAD, Pro/Engineer. Для решения этой задачи были использованы встроенные интеграционные механизмы. Результатом явилась отработка автоматической простановки и проверки гиперссылок на нормативные документы:

1. В документах MSOffice;

2. В документах (чертежах) AutoCAD;

3. В 3D-моделях и чертежах, разработанных с использованием Pro/Engineer.

При выборе системы в ОАО «Северное ПКБ» особое значение имела полнота баз данных и функционал. Несомненно, то, что в NormaCS хранится практически весь фонд отечественных нормативных документов по всем отраслям промышленности, включая судостроение, сыграло решающую роль в выборе по критерию полноты базы данных.

В пользу выбора NormaCS по критерию функционала сыграли следующие факторы:

1. Система позволяет создавать и собственные базы данных, в том числе — базы внутренних документов (нормативов, стандартов предприятия (СТП), распоряжений и т.д.).

2. Система оптимизирует процесс обмена информацией, ускоряет процесс разработки и проектирования. Это возможно благодаря наличию следующих функций:

3. NormaCS имеет встроенный модуль автоматизированного нормоконтроля, позволяющий производить проверку актуальности ссылочных документов, названия которых указаны в чертежах и рабочей документации. При этом сам нормативный документ не открывается;

4. Система интегрирована с основными используемыми приложениями: Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCAD.

Таким образом, NormaCS оказалась лидером среди нормативно-справочных систем и была выбрана Северным ПКБ для интеграции в производственный цикл в качестве мощного инструмента информационно-нормативного обеспечения.

Фонд действующих (межгосударственных, национальных и отраслевых) стандартов на бумажных носителях, имеющийся в Северном Бюро, составляет 6738 единиц. Актуализация стандартов на бумажных носителях выполняется постоянно на договорной основе с ФГУП «Стандартинформ» и НИИ «ЛОТ».

На базе ПО NormaCS в ОАО Северное ПКБ» проведено внедрение электронной библиотеки национальных, межгосударственных стандартов, а также нормативных

документов судостроения (903 единицы). Используется сетевая версия (плавающая лицензия на 50 клиентских мест) NoptiCS для обработки и просмотра документов. В процессе внедрения использована одна из важных функций ПО NoptiCS — возможность самостоятельно силами предприятия создавать БД нормативных документов, например, внутренних стандартов. Такая БД была создана на Северном ПКБ.

В настоящее время каждая проектная организация, каждое промышленное предприятие, получая более менее серьезный заказ, осознают, что без средств автоматизи-

зации не достичь высокого качества и скорости выполнения работ. То же происходит и в судостроительной отрасли. Заказчик, размещая заказ на проектирование или строительство судна, смотрит не только на высокое качество выполненной работы и соответствие мировым стандартам, но и на методы выполнения данной работы. Одной из определяющих является качество и сроки выполнения проектно-конструкторской, рабочей и технологической документации с применением систем автоматизированного проектирования. Внедрение на предприятии САПР является трудным, но необходимым шагом.

Литература:

1. Михайлов С., Резник Б., Казанцева И., Гимейн Л. Опыт внедрения NoptiCS на ОАО «Адмиралтейские верфи», // Корабел. — 2013. — № 3 (21).
2. Румянцев Ю., Фофанова В., Фертман И., Попов К. Информационная система нормативных документов для предприятий судостроения, // CAD Master — 2008. — № 31.
3. Решения АСКОН и опыт внедрения на предприятиях судостроения // Автоматизация проектирования URL: https://machinery.ascon.ru/source/articles/vnedrenie_na_predpriyatijah_sudostroenija.pdf (дата обращения: 15.04.2017).

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Использование эффекта Зеебека для увеличения интенсивности охлаждения конденсатора малой холодильной машины

Лемешко Михаил Александрович, канд. техн. наук, доцент;

Романов Павел Витальевич, магистрант

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты

В статье рассматривается вопрос целесообразности использования эффекта Зеебека для питания вентилятора, охлаждающего конденсатор в малых холодильных машинах. В малых холодильных машинах компрессионного типа относительно небольшой мощности не применяют эффект Зеебека для питания вентилятора и одновременно для обдува и охлаждения конденсатора холодильного агрегата. В работе показана целесообразность применения в малых холодильных машинах, в том числе, в бытовых холодильных приборах термоэлектрических преобразователей, реализующих эффект Зеебека. Используя тепло поверхности компрессора и холод холодильного отделения, вырабатывается напряжение достаточной мощности для питания вентилятора, охлаждающего конденсатор так, что вентилятор не потребляет электроэнергию из сети. Показано, что использование термоэлектрических преобразователей и современных вентиляторов, разработанных для охлаждения персональных компьютеров целесообразно применять в бытовых холодильниках, поскольку это обеспечит эффективный отвод тепла от конденсатора, без затрат электроэнергии из сети.

Предварительными расчетами установлено, что для отвода тепла от конденсатора холодильной машины с использованием современного вентилятора и термоэлектрического преобразователя целесообразно выполнять конструирование малых холодильных машин с уменьшенным конденсатором, но оснащенных термоэлектрическим преобразователем для питания вентилятора который охлаждает теплообменник.

Ключевые слова: малая холодильная машина, бытовой холодильный прибор, охлаждение конденсатора, вентилятор, термоэлектрический преобразователь

Введение

Объектом исследований являются эффект Зеебека в малых холодильных машинах. Нами исследуется возможность снижения удельного энергопотребления компрессионного холодильника путем применения термоэлектрических преобразователей и вентилятора с высоким КПД, что приводит к увеличению интенсивности охлаждения хладагента в конденсаторе.

Вопросу снижения энергопотребления холодильной техники постоянно уделялось и уделяется внимание, и в период её бурного развития, и в настоящее время.

Известно [1], что интенсифицировать процесс конденсации хладагента можно несколькими путями:

- увеличением площади поверхности теплообмена;
- увеличением коэффициента теплопередачи от поверхности конденсатора окружающему воздуху;
- снижением общего термического сопротивления теплопередачи за счет уменьшения его составляющих (частных термических сопротивлений);

— увеличением разности температур теплоносителей (среднего температурного напора), использование испарительного охлаждения».

Наряду с указанными выше классическими методами увеличения теплоотвода от конденсатора холодильной машины, известны исследования и других «нетрадиционных» методов.

Теплоотдачу от поверхности конденсатора может быть также увеличен за счет увеличения скорости движения воздуха около поверхности конденсатора, например, при использовании вентилятора и термоэлектрического преобразователя, или при использовании испарительного охлаждения поверхности конденсатора, [4,5], или с использованием подвижного конденсатора [6,7]. Интересным представляется вариант охлаждения конденсатора и компрессора холодильного агрегата одновременно [8].

При теплообмене поверхности твердого тела с газовой средой при естественном, конвективном теплообмене значение коэффициента теплоотдачи обычно не превышает

20–80 Вт/м²·град. Одним из часто применяемых способов охлаждения поверхности конденсатора является принудительная вентиляция.

Для увеличения интенсивности процесса конденсации хладагента применяются и другие методы, например, изложенные в публикации [9]. Применение вентилятора для обдува поверхности конденсатора широко применяется в витринных охладителях, в которых используется компактный компрессорно-конденсаторный блок с одним или двумя вентиляторами, обычно емкость таких холодильников более 400 л.

Для малых холодильных машин с относительно не высокой холодопроизводительностью, традиционно применяется метод охлаждения конденсатора естественной конвекцией, и считается [1], не рациональным использование вентилятора для охлаждения конденсатора. Однако исследованиями [11], нам удалось дополнить эту традицию новым подходом. Предложено использовать термоэлектрический преобразователь для получения электроэнергии от работающего компрессора холодильного агрегата. Использование эффекта Зеебека позволит тепло, выделяемое на компрессоре холодильной машины преобразовать в электроэнергию и последнюю использовать для обдува поверхности конденсатора. Таким образом, на вентилятор не потребляется электроэнергия из сети, а его использование позволяет улучшить теплоотвод от поверхности конденсатора. Тепло отводимое от кожуха компрессора обычно рассеивается в окружающую среду, дополняя теплоотвод от конденсатора. Обычно мощность отводимого тепла от работающей холодильной машины больше чем мощность получаемого холода. Для большого холодильного парка компрессионных холодильных машин в совокупности это весьма большое тепловыделение в атмосферу.

Материалы и методы

Рассмотрим схему охлаждения конденсатора малой холодильной машины вентилятором, который будет питаться от термоэлектрического преобразователя и решим задачу определения количества теплоты, отводимой от поверхности конденсатор при обдуве его поверхности вентилятором.

Производительность вентилятора характеризует объем воздуха, проходящий через вентилятор в единицу времени. Например, см³/мин, или в системе СИ – $\frac{м^3}{с}$. Поставщики вентиляторов для персональных компьютеров измеряют производительность вентилятора в кубических футах в минуту (Cubic Feet per minute, CFM). Это характеристика вентилятора, которая всегда указывается производителем. (1 фут в кубе равен 28 320 см³ = 0,02832м³, 1 фут³ /мин = 28320 см³/ мин или 472 см³/с.)

Именно воздушный поток, создаваемый вентилятором, определяет, какое количество тепла можно отводить от конденсатора в единицу времени.

Обозначим суммарную мощность тепловой нагрузки на конденсатор Q_k .

Теоретически величину этой тепловой нагрузки можно получить из calorиметрического расчета холодильного цикла конкретной конструкции холодильника.

Обозначим разность температур на поверхности конденсатора и окружающего воздуха — $\Delta T = T_k - T_{об}$.

Пусть воздух массой m , подаваемый на поверхность конденсатора, нагревается на ΔT за время t . Тогда за это время ему передается количество теплоты:

$$Q_t \cdot t = mc_p \Delta T \tag{1}$$

где c_p — теплоемкость воздуха при неизменном давлении. При этом размерность параметров: $[Q_t] = \text{Вт}$; $[m] = \text{кг}$; $[c_p] = \text{Дж/кг} \cdot \text{град}$, $[\Delta T] = \text{град}$, $[t] = \text{с}$.

Объем подачи воздуха в единицу времени характеризует производительность вентилятора $W_B = V/t$, которая должна обеспечивать скорость отвода тепла от конденсатора это Qt в единицу времени.

Выразим массу воздуха через его плотность и объем: $m = \rho V$

Тогда в единицу времени будет отводиться тепло:

$$Q_t = \frac{\rho \cdot V \cdot c_p \cdot \Delta T}{t}, \tag{2}$$

$$Q_t = \frac{V}{t} (\rho \cdot c_p \cdot \Delta T),$$

$$Q_t = W_B (\rho \cdot c_p \cdot \Delta T).$$

Где W_B расход воздушного потока через вентилятор для отвода тепловой мощности Q_t .

Откуда

$$W_B = \frac{Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T}. \tag{3}$$

Для размерностей, принятых в выражении (1): $[W] = \text{м}^3/\text{с}$

Или $W_B = \frac{60 Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \text{ м}^3/\text{мин}$, или

$$W_B = \frac{60 \cdot 10^6 \cdot Q_t}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \text{ см}^3/\text{мин}$$

Для вентиляторов, с указанной производительностью в CFM, необходимо учитывать, что 1 м³/мин = 30,48 CFM (кубических фунтов в минуту), или:

$$1 \text{ фунт}^3/\text{мин} = 28320 \text{ см}^3/\text{мин}. \tag{4}$$

Результаты

Подставляя в формулу (3) тепловую нагрузку на конденсатор, перепад температур, плотность и удельную теплоемкость воздуха можно рассчитать производительность вентилятора.

Фактическая производительность вентилятора W_B для отвода тепловой мощности от поверхности конденсатора

Таблица 1

Пример расчета производительности вентилятора

Q , Вт	$Q_1 = 20$			$Q_2 = 40$			$Q_3 = 60$		
$\Delta T = T_k - T_{ов}$	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3
	20	30	40	20	30	40	20	30	40
W , см ³ /мин	957	643	487	1950	1267	975	2925	1950	1462
W , CFM	0,034	0,022	0,017	0,068	0,044	0,034	0,103	0,068	0,052

сатора Qt должна быть больше расчетной, ввиду частичного рассеивания воздушного потока при обдуве поверхности конденсатора. Это рассеивание может быть учтено конструктивным параметром — коэффициентом рассеивания потока K_p . В зависимости от формы воздушного потока и формы конденсатора величина этого коэффициента может изменяться в диапазоне от 0,5 до 0,9.

Фактическая производительность вентилятора:

$$W_{\phi} = W_v / K_p \quad (5)$$

Рассмотрим пример.

Пусть мощность, отводимая от конденсатора 60 Вт, перепад температур между поверхностью конденсатора и окружающим воздухом 25 °С.

Для приближенного расчета принимаем плотность воздуха при $t=25$ °С и давлении, равном одной атмосфере: $C = 1100,0$ Дж/кг·град, тогда для приведенных данных по формулам (3) и (4), полагая $K_p = 0,6$, получим:

$$W_v = \frac{Qt}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} = 9,57 \cdot 10^{-5} \frac{Qt}{\Delta T}, \frac{м^3}{с} \quad (6)$$

Для относительно точных расчетов необходимо учитывать влажность воздуха и давление в области измерения производительности вентилятора. Для влажности воздуха 60%, плотность воздуха равна примерно 0,95 кг/м³

Удельная теплоемкость воздуха также зависит от влажности воздуха. Для сухого воздуха она равна 1005,0 Дж/(кг·К).

Полная теплоёмкость влажного воздуха складывается из теплоёмкостей сухого воздуха и пара:

$$C = C_{св} + C_n d.$$

Удельную теплоёмкость обычно относят к 1 кг сухого воздуха:

$$C_{св} \cong 1 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}, \quad C_n \cong 1,93 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}.$$

Тогда

$$C = C_{св} + 1,93d.$$

где d — влагосодержание воздуха — в кг/кг с.в.

Используя выражение (6), выполним оценочные расчеты, связывающие тепловую нагрузку на конденсатор и производительность вентилятора. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Для обозначения воздушного потока в размерности CFM, из выражения (6) получим:

$$W (CFM) = 0,33 (Q/\Delta T).$$

Здесь $[W]$ = фут куб /мин.

Как видно, для того чтобы обеспечить теплоотвод от поверхности конденсатора потоком воздуха вентилятора, для заданных температур поверхности конденсатора и температуры окружающего воздуха, необходимо создать воздушный поток, прямо пропорциональный рассеиваемой тепловой мощности. Например, если тепловая нагрузка на конденсатор имеет мощность 30,0 Вт, температура окружающего воздуха 25 °С, температура поверхности конденсатора 45 °С, коэффициент рассеивания потока $K_p = 0,8$, то необходимый для этого воздушный поток вентилятора W должен быть равен 861 см³/мин. Или для кулера (вентилятор для охлаждения ПК) $W = 0,030$ CFM.

Обсуждение и заключение

Казалось бы, воздушный поток в 861 см³/мин. — это не слишком много, такой воздушный поток способен обеспечить даже относительно маломощный вентилятор. Однако нужно иметь в виду, что воздушный поток, создаваемый вентилятором, и воздушный поток, обдувающий поверхность конденсатора — это не одно и то же. Если вентилятор устанавливается в корпус холодильника или вентилятор входит в состав компрессорно-конденсаторного блока, то его производительность уже будет отличаться от заявленной в технической документации.

Известно, что указываемая в документации производительность вентилятора рассчитывается в идеальных условиях, при отсутствии сопротивления создаваемому им воздушному потоку. В реальных условиях на пути воздушного потока, формируемого вентилятором, всегда существуют препятствия, которые приводят к уменьшению объема воздуха, прокачиваемого через вентилятор в единицу времени, и увеличению разницы между давлением воздушного потока, формируемого вентилятором, и давлением в окружающей среде (атмосферным давлением).

В общем же случае можно считать, что статическое давление потока воздуха от вентилятора является функцией производительности вентилятора: $\Delta p = f(W)$. Эта функция носит название характеристической кривой или расходной характеристики вентилятора.

Приведем примеры вентиляторов, которые можно использовать для охлаждения конденсаторов в бытовых холодильниках.

Наименование	Габариты мм	Мощность Вт	Скорость, об/мин	Производительность, CFM	Производительность См ³ /мин	Шум, дБ	Цена, руб.
KDE1204PFV2	40x40x10	1	5800	7	$24,7 \cdot 10^5$	27	230
KDE1205PFV2	50x50x10	1,1	4300	11	$38,8 \cdot 10^5$	26	370
KDE1209PTB1	92x92x25	1,8	2800	49	$173 \cdot 10^5$	34	320
PMB1275PNB1.AY	75x75x30	3,6	3400	13,6	$48,1 \cdot 10^5$	43,5	560
PMD1209PTB1.A(2)	92x92x25	5,5	4200	77	$271,9 \cdot 10^5$	48	490

Таким образом, как показывают расчеты, для отвода тепла от конденсатора холодильной машины с использованием современного вентилятора целесообразно выполнять конструирование малых холодильных машин с уменьшенным конденсатором, но оснащенных вентилятором для охлаждения конденсатора.

Использование тепла компрессора для получения дополнительного источника электроэнергии, решает две задачи: теплоотвод энергии от компрессора и преобразование этой энергии в электричество.

В таком случае становится целесообразным использовать вентиляторы для охлаждения конденсатора, а уве-

личение интенсивности его охлаждения обеспечит улучшение показателей холодильного цикла и, в конечном счете, приведет к снижению среднесуточного энергопотребления холодильной машины.

Нами также предложено для увеличения мощности вентилятора и рационального его применения снабдить холодильник аккумулятором. Это позволит при невысокой тепловой нагрузке на агрегат, накапливать электроэнергию, а при увеличенной нагрузке (например, при загрузке шкафа холодильника продуктами) — использовать более эффективно для интенсивного теплоотвода, тем самым, снижая общее энергопотребление холодильника.

Литература:

1. Вейнберг Б. С. Бытовые компрессионные холодильники / Б. С. Вейнберг, Л. Н. Вайн. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 272 с.
2. Лемешко М. А. Зависимость энергетической эффективности компрессионного холодильника от способа охлаждения его конденсатора / Лемешко М. А., Кожемяченко А. В., Урунов С. Р. // Техничко-технологические проблемы сервиса — Санкт-Петербург: СПГЭУ — 2014 — № 4(30). С. — 58–60
3. Лемешко М. А. Увеличение интенсивности теплообменных процессов конденсатора компрессионного холодильника / Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2014. № 12. С. 65–69.
4. Лемешко М. А. Использование испарительного охлаждения для увеличения энергетической эффективности бытового холодильника / Лемешко М. А., Урунов С. Р., Головина Е. И. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. Курск, 2015 — № 1(103). — С. 114–116.
5. Лемешко М. А., Дмитриенко Н. А., Урунов С. Р. Исследование эффективности испарительного конденсатора компрессионных холодильных машин / Межотраслевой институт Наука и образование. 2014. № 6. С. 48–51
6. Патент на изобретение RUS2570533 29.12.2014. Бытовой холодильник с подвижным конденсатором / Лемешко М. А., Кожемяченко А. В., Урунов С. Р.
7. Лемешко М. А., Алехин С. Н., Урунов С. Р., Серебряков А. В. Бытовой холодильник с подвижным конденсатором. / Молодой ученый. 2016. № 6 (110). С. 122–127
8. Кожемяченко А. В., Лемешко М. А., Рукаевич В. В., Шерстюков В. В. Снижение энергопотребления бытового холодильного прибора путем интенсификации охлаждения конденсатора / Инженерный вестник Дона — 2013. Т. 24. № 1(24). С. 60–64
9. Лемешко М. А. Технологии повышения энергетической эффективности бытовых холодильных приборов. / Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2014. № 13. С. 188–196.
10. Патент на изобретение RUS2521424, 12.03.2013. Способ охлаждения конденсатора компрессионного холодильника. / Лемешко М. А., Кожемяченко А. В., Рукаевич В. В., Шерстюков В. В., Романова М. И., Дайнека И. Г.
11. Лемешко М. А., Алехин С. Н., Урунов С. Р., Серебряков А. В. Способ увеличения энергоэффективности бытовых холодильных приборов. / В сборнике: Научный поиск в современном мире сборник материалов XI международной научно-практической конференции. 2016. С. 33–36.

Актуальные вопросы эффективного газового автомобильного топлива

Султанов Ильдар Рафкатович, ассистент;
Аманбаева Дильсора Аббамуслимовна, ассистент
Андижанский государственный университет (Узбекистан)

Одна из главных задач в энергообеспечении нашей цивилизации. Сочетание устойчивого экономического развития с сохранением здоровой среды обитания основано на концепции обязательного снижения вредных выбросов энергообъектов.

Ключевые слова: углеводородного топлива, метан, баллон, октановое число, сжиженный газ, экологическая чистота

В настоящее время использование углеводородного топлива для получения энергии основано преимущественно на его пламенном сжигании в различных устройствах. При пламенном сжигании природного газа основными загрязнителями в продуктах сгорания являются монооксид углерода CO, несгоревшие углеводороды (НУВ) и оксиды азота NOx.

«Газовое автомобильное топливо» включает в себя две совершенно разных по составу смеси: природный газ, в котором до 98% приходится на метан, и производимый из попутного нефтяного газа пропан-бутан. Кроме безусловной горючести общим для них является ещё и агрегатное состояние при атмосферном давлении и комфортных для жизни температурах. Однако при низких температурах физические свойства этих двух наборов лёгких углеводородов здорово различаются. Из-за этого они требуют совершенно разного оборудования для хранения на борту и подачи в двигатель, да и в эксплуатации автомобиля с разными системами газового питания имеют несколько существенных различий. [1]

Иные принципы лежат в основе работы газобаллонного оборудования для машин, потребляющих в качестве топлива природный газ, в обиходе обычно именуемый метаном по своему основному компоненту. Это тот же газ, что подаётся по трубам в городские квартиры. В отличие от нефтяного газа метан (CH₄) обладает низкой плотностью (в 1,6 раза легче воздуха), а главное — низкой температурой кипения. Он переходит в жидкое состояние лишь при -164°C. Наличие небольшого процента примесей других углеводородов в природном газе не сильно изменяет свойства чистого метана. А значит, превратить этот газ в жидкость для использования в автомобиле невероятно сложно. В последнее десятилетие активно велись ра-

боты по созданию так называемых криогенных баков, позволяющих хранить в автомобиле сжиженный метан при температурах -150°C и ниже и давлении до 6 атмосфер. Были созданы опытные образцы транспорта и заправок под этот вариант топлива. Но пока практического распространения эта технология не получила.

А потому в подавляющем большинстве случаев для использования в качестве моторного топлива метан просто сжимают, доводя давление в баллоне до 200 атмосфер. Как следствие, прочность и соответственно масса такого баллона должны быть заметно выше, чем для пропанового. Да и помещается в одинаковом объёме сжатого газа существенно меньше, чем сжиженного (в пересчёте на моли). А это — уменьшение автономности автомобиля. Другой минус — цена. Существенно больший запас прочности, заложенный в метановое оборудование, обрывается тем, что цена комплекта на автомобиль оказывается почти в десять раз выше аналогичной по классу пропановой аппаратуры.

В наши дни метановые баллоны бывают разных размеров, из которых в легковом автомобиле можно разместить, объёмом до 100 л.

Для метановых баллонов **CNG-3** средний коэффициент совершенства (отношение массы к объёму) = **0.65**, т.е. баллон объёмом 100 литров будет весить примерно 65 кг. [2]

При всём этом у метана есть два существенных преимущества перед нефтяным газом. Во-первых, он ещё дешевле и не привязан к цене на нефть. А во-вторых, метановое оборудование конструктивно застраховано от проблем с зимней эксплуатацией и позволяет при желании вообще обходиться без бензина.

Таблица 1

Объем, л.	Вместимость газа, м ³	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	Макс. рабочее давление, МПа	Пробное давление, МПа
47	11,75	326	860	33,6	20	30
50	12,5	326	900	35,2	20	30
67	16,75	326	1140	44,6	20	30
80	20	326	1360	53,2	20	30
100	25	326	1660	65	20	30

Автомобиль по факту останется двухтопливным. Причина именно в сжиженности газа. А точнее, в том, что в процессе активного испарения газ резко охлаждается. В результате сильно падает температура в баллоне и особенно — в газовом редукторе. Чтобы аппаратура не замерзала, редуктор подогревают, встраивая в него теплообменник, соединённый с системой охлаждения двигателя. Но чтобы эта система начала работать, жидкость в магистрали надо предварительно подогреть. А потому запускать и прогревать мотор при температуре окружающего воздуха ниже 10°C рекомендуется строго на бензине. И лишь затем, с выходом мотора на

рабочую температуру, переключаться на газ. Впрочем, современные электронные системы переключают всё сами, без помощи водителя, автоматически контролируя температуру и не допуская замерзания оборудования. Правда, для поддержания корректной работы электроники в этих системах нельзя досуха опустошать бензобаки даже в жаркую погоду. Пусковой режим на газу является для подобной аппаратуры аварийным, и на него систему можно переключить лишь принудительно в случае крайней необходимости. [3]

Значение октанового числа углеводородов и различных видов топлива показано в таблице 2. [4]

Таблица 2

Вещество	ОЧМ	ОЧИ
Метан	110,0	107,5
Пропан	100,0	105,7
Бензин Н-80	76	84
Бензин АИ-92	83,5	92
Бензин АИ-95	85,0	95

Исследовательское октановое число (ОЧИ) (англ. Research Octane Number — RON) определяется на одноцилиндровой установке с переменной степенью сжатия, называемой УИТ-65 или УИТ-85, при частоте вращения коленчатого вала 600 об/мин, температуре всасываемого воздуха 52°C и угле опережения зажигания 13°. Оно показывает, как ведёт себя бензин в режимах малых и средних нагрузок.

Моторное октановое число (ОЧМ) (англ. Motor Octane Number — MON) определяется также на одноцилиндровой установке, при частоте вращения коленчатого вала 900 об/мин, температуре всасываемой смеси 149°C и переменном угле опережения зажигания. ОЧМ имеет более низкие значения, чем ОЧИ. ОЧМ характеризует поведение бензина на режимах больших нагрузок. Оказывает влияние на высокую скорость и детонацию при частичном дроссельном ускорении и работе двигателя под нагрузкой, движении в гору и т.д.

Отсюда следует по значениям таблицы **октановое число метана выше остальных и применения синтетических реагентов для повышения октановое число не следует**

Расход топлива транспортного средства в стандартных условиях

На расход топлива в нашем случае метан, влияют следующие факторы: техническое состояние автомобиля — пока двигатель проходит обкатку он потребляет больше

топлива, затем уровень расхода снижается до нормы, указанной в инструкции, а по мере износа опять повышается; стиль езды — это индивидуальное значение для каждого отдельно взятого человека; погодные условия — зимой двигатель потребляет больше топлива, летом — меньше; использование дополнительных потребителей энергии; аэродинамика — при открытых окнах аэродинамические свойства снижаются, возрастает сопротивление воздуха, соответственно и бензина нужно больше; аэродинамические свойства можно улучшить за счет установки спойлеров, обтекаемых элементов.

Исследования автомобилей произведенных в Узбекистане

Ravon Nexia R3, 1.5 л (107 л.с.), на 280–300 км — баллон 100 литр с сжатым газом 20 МПа (201 кгс/см²)

Модель Chevrolet Lacetti с объемом двигателя 1.8 литра 250–280 км — баллон 100 литр с сжатым газом 20 Мпа (201 кгс/см²)

Nexia I, II, III с объемом двигателя 1.6 литра 109 л.с. 260–275 км — баллон 100 литр с сжатым газом 20 Мпа (201 кгс/см²)

Ravon Nexia R3 1.5 AT Optimum 1.5 л (107 л.с.) 280–300 км — баллон 100 литр с сжатым газом 20 Мпа (201 кгс/см²)

При этом химический состав рабочего газа (в % по объему): [4]

Таблица 3

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O	Сумма
97,0%	0,5%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%	0,8%	1,0%	100,0%

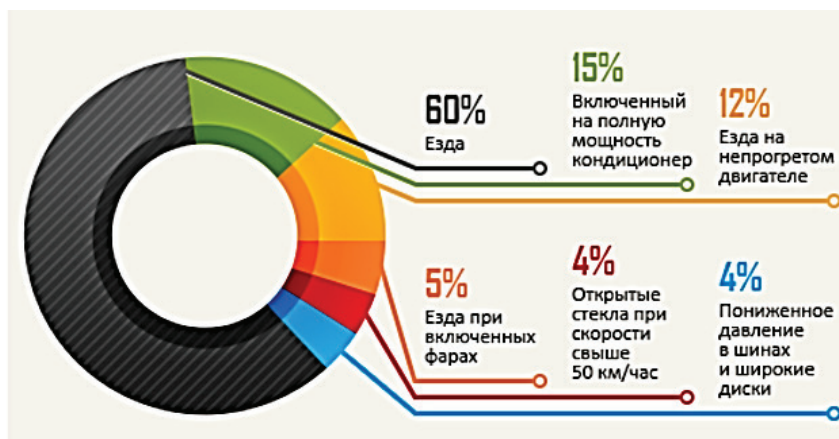
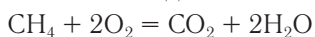


Рис. 1. Расход топлива транспортного средства в стандартных условиях. [5]

Экологическая чистота. Экологическая чистота газообразного топлива по сравнению с тяжелыми нефтяными топливами очевидна.



метан + кислород = углекислый газ + вода

Это прежде всего отсутствующие загрязнения при транспортировке и разгрузке, а также существенно меньше выбросы вредных веществ при сжигании в качестве топлива в котельных. При сжигании СУГ лишь на

10–15% выше процентное содержание CO в выбросах, чем при сжигании самого чистого топлива — природного газа и минимальное количество сероводорода, этого нельзя сказать о сжигаемых тяжелых нефтяных топливах.

Для обеспечения качественного горения газа необходимо в достаточном количестве подвести воздух в зону горения и добиться хорошего перемешивания газа с воздухом. Оптимальным считается соотношение 1: 10. То есть на одну часть газа приходится десять частей воздуха.

Литература:

1. Ахметов А., Иванов В. Н., Ерохов В. И. Экономическая эффективность и эксплуатационные качества газобаллонных автомобилей. Т. Узбекистан, 1984. 191 с.
2. «Метановые баллоны CNG-2 DIGITRONIC Light»
3. Гулия Н. В. Инерционные аккумуляторы энергии. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1973. — С. 112–118. — 240 с.; УДК 621.8.032.2–562.
4. Гуреев А. А., Жоров Ю. М., Смидович Е. В. Производство высокооктановых бензинов. — М.: Химия, 1981. — 224 с. — 2670 экз
5. Газобаллонные автомобили. Е. Е. Ерохов., Б. Д. Колубаев., В. И. Ерохов и др. М., Машиностроение, 1989.

Разработка технологии брикетирования отходов полимерных материалов воздействием высокочастотного излучения

Филатова Снежана Николаевна, старший преподаватель;
 Баканин Денис Викторович, магистрант;
 Гаджиева Александра Алиевна, студент;
 Ростовцев Никита Сергеевич, студент
 Иркутский государственный университет путей сообщения

Утилизация отходов из органических и искусственных полимеров (древесина, поливинилхлорид и т.д.) — является огромной проблемой многих предприятий в России.

По всей стране существует больше двадцати тысяч нелегальных свалок, в том числе и свалки с отходами деревообрабатывающего производства и полиэтилена. Отсутствие современных предприятий по переработке мусорной

продукции приводит к тому, что все несанкционированные свалки находятся под открытым небом, загрязняют землю несколько десятилетий, не разлагаясь.

Невзирая на большое количество исследований в сфере экологически чистого производства, вопрос об утилизации и обработке промышленных отходов остается важным до сих пор.

Самый эффективный способ утилизации на сегодняшний день — это переработка отходов в топливные брикеты, которые широко используются в большинстве развитых стран мира.

В связи с этим целью настоящего исследования стала разработка метода утилизации, улучшающего экологическую обстановку в регионах. Достижение данной цели возможно при решении следующих задач:

1. Разработка технологии термомеханического брикетирования природных и искусственных материалов в поле высокой частоты (ВЧ);
2. Проведение исследования пиролиза топливных брикетов;
3. Определение зольности, термостойкости и состава продуктов сгорания.

Наиболее эффективным считается диэлектрический метод сушки природных и искусственных материалов.

Диэлектрическая сушка — это единственный метод подвода теплоты к влажному материалу по всей его толщине, а не к наружной поверхности, как при абсолютно всех других методах сушки [1].

Влажные материалы всегда обладают диэлектрическими свойствами, так как полярным диэлектриком является сама вода. Колебания дипольных молекул в высокочастотном поле приводят к диссипации энергии внешнего электромагнитного поля в теплоту, которая выделяется одновременно по всей толщине влажного материала.

Количество выделяющейся внутри материала теплоты свободно регулируется путем изменения электрических параметров работы высокочастотного генератора, что дает возможность подобрать для любого конкретного материала такой режим сушки, при котором распределение

влагосодержания в отдельных точках по всей толщине материала окажется почти равномерным. Равномерное распределение влагосодержания, в свою очередь, гарантирует отсутствие внутренних усадочных напряжений и вызываемого этими напряжениями растрескивания материала в процессе его сушки.

Качество получаемого материала существенно улучшается за счет того, что нагрев высушенных мест автоматически прекращается. Объясняется это тем, что тангенс угла диэлектрических потерь таких материалов, как, например, дерево прямо пропорционален влажности. Поэтому с уменьшением влажности в процессе сушки потребление ВЧ энергии уменьшается, а нагрев продолжается только в тех участках обрабатываемого материала, где еще сохранилась повышенная влажность [2].

В качестве базового оборудования была использована ВЧ-установка модели УЗП-2500 в связи с тем, что данное оборудование обосновано используется кафедрой АПП ИрГУПС с целью научных исследований. Созданная экспериментальная установка на базе УЗП-2500 (рис. 1) подтвердила её эффективность в процессе термообработки природных и искусственных материалов [2, 3, 4].

Высушиваемый материал располагается между двумя металлическими поверхностями, служащими пластинами конденсатора, к которым подводится переменное электрическое напряжение частотой 27,12 МГц и номинальной мощностью 2,5 кВт.

Для проведения экспериментов были изготовлены приспособления для крепления разовых боковых стенок, которые выполнены из электроизоляционного картона марки ЭВТ, ГОСТ 2824–86. Крепление стенок осуществляется раздвижным хомутом определенного диаметра (рис. 2).



Рис. 1. Экспериментальная установка, созданная на базе УЗП-2500

В верхнем электроде (рис. 3), было предусмотрено большое количество отверстий для удаления продуктов сушки.

Отверстия в нижнем электроде (рис. 4) предполагают удаление влаги за счет электротермического и механического воздействия.

Поэтому процессу сушки предшествует процесс прессования.

По экспериментальным данным (в зависимости от влажности материала) за счет холодного прессования такого типа электродами удаляется до 10% влаги [3].

В результате использования перфорированных электродов удаление влаги осуществляется комбинированным термомеханическим способом, что значительно повышает интенсивность процесса сушки.



Рис. 2. Раздвижной хомут с электроизоляционным картоном ЭВТ



Рис. 3. Верхний электрод



Рис. 4. Нижний электрод

Заключение

В результате проведенных исследований была разработана технология термомеханического брикетирования природных и искусственных материалов в поле

высокой частоты (ВЧ), тем самым была решена первая задача.

Дальнейшая работа направлена на решение оставшихся задач, решение которых позволит достичь цели настоящих исследований.

Литература:

1. Процессы и аппараты химических технологий / В.Ф. Фролов // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/10_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_II/7078.
2. Анненков Ю. М. Основы электротехнологий: практикум / Ю. М. Анненков, М. М. Михайлов, В. В. Шарафутдина, В. И. Меркулов — Томск: Изд-во. ТПУ, 2005 г. — 104 с.
3. Лившиц А. В., Филиппенко Н. Г., Филатова С. Н., Ларченко А. Г. Статья «Высокочастотная электротермическая обработка неметаллического вторичного сырья» Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» Эл № ФС 77–48211. Государственная регистрация № 0421200025. ISSN1994–0408 # 06, июнь 2014 DOI: 10.7463/0614.0712029.
4. Установка для нагрева в поле токов высокой частоты древесины и других диэлектриков (варианты) // Рыболовлев В. П. Патент России № 2210874. 2001.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

V Международная научная конференция
Казань, май 2017 г.

Сборник статей

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *М.В. Голубцов*

Издательство «Бук», г. Казань

Подписано в печать 24.05.2017. Формат 60x90 1/8.

Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 7,88. Уч.-изд. л.10,97. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.