

ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XIII международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 20-21 апреля 2018 года

Часть 2

Йошкар-Ола
ПГТУ
2018

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Н 34

Редакционная коллегия

Д. В. Иванов, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук; профессор;

С. Г. Кудрявцев, канд. техн. наук, доцент;

Э. В. Унженина, специалист по учебно-методической работе ЦФО;

В. Е. Шебашев, канд. техн. наук, профессор

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 20-21 апреля
2018 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2018. –
Ч. 2. – 220 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий», «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

© Поволжский государственный
технологический университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный уровень наукоемкого производства требует подготовки в университетах специалистов, способных легко воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять в промышленное производство. Поэтому акцент при организации образовательного процесса в учебных заведениях необходимо переносить на самостоятельную работу студентов и, в первую очередь, на самостоятельную творческую работу с целью формирования у них нестандартного мышления и инновационной культуры. Растущий объем информации, новые способы коммуникации способствуют организации самостоятельной работы. Разумное и взаимное сочетание между учебной и самостоятельной работой позволит сформировать у студентов определенный набор компетентностей для дальнейшей практической деятельности.

Одной из эффективных форм самостоятельной работы, которая требует повседневного напряженного труда, мобилизации интеллектуальных и нравственных сил, является организация научно-исследовательской работы студентов. Совместная работа преподавателя и студента, направленная на решение конкретной научной задачи или доведение до практического применения научных или технологических достижений, является основой успешной подготовки квалифицированных специалистов.

XIII Международная молодежная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам, которая прошла 20-21 апреля 2018 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, и была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, формированию у нее инновационной культуры, развитию профессиональных компетенций, использованию их творческого потенциала для решения актуальных проблем современной науки и практики.

Представители молодого поколения из вузов, научно-исследовательских институтов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья приняли участие в ее работе. По традиции большие студенческие делегации присутствовали из Брянска, Казани, Чебоксар.

Работа конференции была организована в 21 секции. Названия секций соответствовали приоритетным направлениям деятельности научных школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

Работа конференции позволила:

- оценить уровень подготовки молодых исследователей с позиций их общего образовательного уровня, технической грамотности, инженерного мышления;
- провести независимую, объективную экспертизу работ, выполненных представителями разных научных школ;
- выявить и отметить талантливых ребят с целью их мотивации и стимулирования для дальнейшего творческого роста;
- привлечь внимание представителей промышленности и бизнеса к научно-техническим разработкам молодежи.

При подведении итогов работы конференции было отмечено благоприятное отношение молодежи к научно-техническому творчеству, ее огромный интеллектуальный потенциал, который в дальнейшем целесообразно направить на решение новых научных и прикладных задач.

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 4 частях. В данной части представлены секции: «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий», «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии».

Оргкомитет выражает искреннюю признательность участникам конференции, их научным руководителям за высокий уровень представленных докладов. Особая признательность руководителям секций за квалифицированную, доброжелательную процедуру отбора полученных материалов. Редакционная коллегия сборника благодарит всех, кто предоставил статьи в сборник и тех, кто помогал его готовить к публикации.

Желаем всем творческих успехов и удачи в достижении поставленных перед собой целей.

Проведение XIV конференции по традиционной тематике аналогично планируется на апрель 2019 год. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

УДК 621.357

Васенева Н. А.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г., канд. физ.-мат. наук,
доцент

Поволжский государственный технологический университет

ПРОЦЕСС НАНЕСЕНИЯ ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕТАЛЬ ИЗ СТАЛИ 40ХН

***Аннотация.** Рассмотрены особенности нанесения хромового покрытия, операции подготовки поверхности детали. Разработан маршрутный технологический процесс нанесения хромового покрытия на деталь из машиностроительной среднеуглеродистой стали 40ХН, используемой при повышенных динамических нагрузках.*

***Ключевые слова:** хромирование, электролит, коррозионная стойкость, ток, температура, анод, катод.*

Преимуществами хромовых покрытий, обеспечивающими их широкое применение в машиностроении, являются высокая твердость, износостойкость, коррозионная стойкость, химическая и термическая устойчивость. Для повышения коррозионной стойкости покрытия хром наносят обычно на промежуточный слой (никель или никель-медь).

Особенности процесса хромирования:

1. для обеспечения получения качественного покрытия необходимо тщательное соблюдение температуры электролита, плотности тока и способа подвешивания;
2. процесс проводят при высокой ($35-60 \text{ а/дм}^2$) плотности тока;
3. применение нерастворимых анодов из свинца или сплава свинца и сурьмы;
4. из-за крайне плохой рассеивающей способности электролита затруднено хромирование профилированных деталей (большая концентрация тока на выступающих частях изделий, в то время как заглубленные участки покрываются плохо). Это вызывает необходимость применения дополнительных анодов и экранов.

Толщина покрытия устанавливается в зависимости от требований к детали. Для повышения износостойкости и твердости детали она составляет обычно 9-60 мкм.

Схема процесса хромирования приведена на рисунке. На катоде происходят три процесса: восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного, выделение газообразного водорода, выделение металлического хрома. На аноде: выделение газообразного кислорода, окисление трехвалентного хрома в шестивалентный. [3].

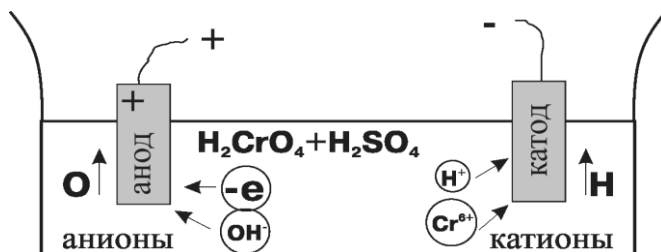


Схема процесса хромирования

Технологический процесс нанесения хромового покрытия на деталь из материала 40ХН включает следующие операции:

- шлифование (для того чтобы убрать впадины, неровности),
- матирование (если необходимо),
- полирование (получение зеркального блеска),
- обезжиривание (удаление с поверхности изделия жировых загрязнений),
- монтаж детали на подвеску,
- декапирование (удаление грязи, ржавчины, окалины оксидов).

Рассмотрим анодное декапирование подробнее, так как данная операция чрезвычайно важна для обеспечения качества покрытия. Процесс обработки деталей происходит в хромовом электролите, состоящем из 100 г хромового ангидрида (CrO_3) и 2-3 г серной кислоты (H_2SO_4) на 1 л воды. Проводят его в течение 30-90 с при плотности тока 25-40 A/dm^2 и температуре электролита 55-60 °С.

После анодного декапирования деталь погружают в ванну при включенном токе на 5-6 мин. Колебания температуры электролита в пределах ± 1 °С. Аноды для хромирования изготавливают из сплава, состоящего из 92-93% свинца (Pb) и 7-8% сурьмы (Sb).

Детали монтируют на подвески таким образом, чтобы их расстояние от дна ванны составляло не менее 100-150 мм, а от верхнего уровня

электролита – не менее 50-80 мм. Глубина погружения анодов и деталей (катодов) в ванну должна быть одинаковой.

Скорость осаждения слоя хрома при плотности тока 40-100 $A/дм^2$ составляет 0,03-0,06 $мм/ч$.

Детали выгружают из ванны и вместе с подвесками промывают в холодной воде в течение 15-20 секунд, затем в холодной проточной воде.

Вывод. Получение качественного хромового покрытия представляет собой непростую задачу. Необходимо учитывать многочисленные факторы, аккуратно подбирать технологический режим и неукоснительно его соблюдать. Важнейшими условиями достижения требуемого качества являются тщательная подготовка поверхности и правильное размещение изделий в ванне для обеспечения равномерного покрытия деталей.

Литература

1. Коротин, А. И. Технология нанесения гальванических покрытий: учеб. пособие для сред. проф. техн. училищ / А. И. Коротин. – М.: Высш. шк., 1984. – 200 с.
2. Гальванотехника для мастеров: справ. изд. / С. Вирбилис. Пер. с польск. / Под ред. А. Ф. Иванова. – М.: Металлургия, 1990. – 208 с.
3. StudFiles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3848415/page:12/>

УДК 661.8

Васильева Д. Е.

Научный руководитель: Фролов Е. Н., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Аннотация. *Представлены методы повышения качества деталей машин и выявлены лидирующие в зависимости от современных требований в машиностроении.*

Ключевые слова: *покрытия, качество, осаждение, напыление, легирование.*

Рассматривается задача в выявлении особенностей наиболее перспективных методов повышения качества поверхностного слоя, таких как: химическое осаждение (CVD), физическое осаждение (PVD в сравнении с

обычными методами газотермического напыления и электроискрового легирования.

Газотермическое напыление – все процессы нанесения покрытий из материалов в виде проволоки, прутка или порошка, которые не разлагаются при высоких температурах. Они вводятся в высокотемпературную зону и распыляются либо струей газа, либо сжатым воздухом, при этом образуются мелкие частицы, которые двигаются с большой скоростью и попадают на заранее подготовленную поверхность, где создают слой с заданными свойствами. Преимущества: возможность замены дорогостоящих конструкционных материалов более дешевыми за счет нанесения специальных покрытий; нанесение покрытия на детали без ограничения их веса и габаритов.

Электроискровое легирование – возникновение кратковременного электрического импульса, вызывающего расплавление легирующей основы электрода и перенос его на обрабатываемую поверхность. Операция расплавления и осаждения лигатуры происходит в воздушно-газовой среде. Преимущества: обеспечение надёжного контакта нанесённой лигатуры с основной поверхностью обрабатываемой детали – высокая степень адгезии возникновение небольшого теплового фона [1].

При физическом осаждении (PVD) материал покрытия переходит в газовую фазу из твердого состояния в результате испарения под воздействием тепла или в результате распыления за счет кинетической энергии столкновения частиц материала. Нанесение покрытий проводится при температуре до 450°C. Процесс проводится в вакууме или в атмосфере рабочего газа при достаточно низком давлении (около 10^{-2} мбар). Это необходимо для облегчения переноса частиц от источника к изделию при минимальном количестве столкновений с молекулами газа.

При химическом охлаждении (CVD) в камеру подается смесь газов для нанесения покрытия. Если процесс протекает при заполнении рабочей камеры реакционным газом (азотом, кислородом, углеводородом), то происходит нанесение нитридных, оксидных и карбидных покрытий. При этом происходит химическая реакция между атомами осаждаемых металлов и молекулами реакционного газа 100-1000 Па при температуре до 1100°C. Для получения одинаковых свойств всего покрытия в объеме рабочей камеры необходимо обеспечить оптимальные потоки газа [2].

В результате проведенного анализа современных методов формирования поверхностного слоя можно выделить физическое и химическое осаждение как методы обеспечения в большей мере эксплуатационных характеристик деталей. Именно эти методы обеспечивают необходимую

вязкость в поверхностной зоне для осаждения материала покрытия на материал подложки из газовой фазы, происходит активное развитие технологии многослойного покрытия, а т. ж. не приводится ограничений по материалам, на которые наносятся покрытия.

Литература

1. Бельский, М. А. Электроосаждение металлических покрытий / М. А. Бельский, А. Ф. Иванов. – М.: Металлургия, 1985. – С. 289-291.
2. Никандрова, Л. И. Химические способы получения металлических покрытий / Л. И. Никандрова. – М.: Машиностроение, 1971. – С. 104-110.

УДК 65.011

Волина Е. В.

Научный руководитель: Гартфельдер В. А., канд. техн. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова
Чилибина О. П., генеральный директор ООО «Эксперт Групп»

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В БОЛЬНИЦЕ

***Аннотация.** Рассмотрена практика применения концепции «Бережливое производство» и оптимизации деятельности медицинских учреждений. Показан потенциал улучшения взаимоотношений персонала медицинских учреждений с пациентами, преимущества устранения потерь и новой организации работы.*

***Ключевые слова:** бережливое производство, медицинская организация, потери, оптимизация, пациент.*

«Бережливое производство (Lean Production)» – это система организации производственных процессов, позволяющая произвести больший объем продукции/услуг при меньших усилиях, на меньших производственных площадях и оборудовании, при полном удовлетворении ожиданий потребителя. Эти принципы эффективны не только в промышленности [1], но и в других областях. Так, в 2006 году состоялась первая в ЕС конференция по проблеме внедрения «Lean – культуры» в здравоохранении и оказания медицинских услуг потоковым методом с использованием логистических технологий.

В 2016 г. Министерством здравоохранения РФ при поддержке государственной корпорации «Росатом» и администрации президента РФ

был запущен пилотный проект «Бережливая поликлиника». Проект проводился в трёх российских регионах – Ярославской, Калининградской областях и в Севастополе с целью оптимизации работы регистратуры, врачей и лабораторий, ликвидации хождений по кабинетам, ненужных и для пациентов, и для персонала поликлиник.

Эксперимент оказался успешным, по его итогам Совет по стратегическому развитию при Президенте РФ разработал приоритетную программу «Создание новой модели медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь». Проект рассчитан на 5 лет с включением в него всех поликлиник в субъектах РФ. Цель проекта: 1) более чем в 2 раза увеличить время непосредственной работы врача с пациентом; 2) не менее чем в 3 раза сократить время оформления записи на приём к врачу; 3) не менее чем в 3 раза сократить время ожидания пациентом врача у кабинета; 4) до 2-х дней сократить срок прохождения 1-го этапа диспансеризации.

Планы у проекта масштабные, с января 2018 года в нем участвуют 594 поликлиники в 33 субъектах Российской Федерации.

Чувашская Республика вошла в число участников этого престижного проекта. Методы «Бережливого производства» будут внедрять 9 взрослых и 9 детских поликлиник. С помощью полной и грамотной реорганизации всех процессов работы медицинских учреждений будет создана абсолютно новая модель «Медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь». В ней очевидны «плюсы» как для медицинского персонала, так и для пациентов. Медперсонал увидит оптимизацию рабочего процесса, а пациенты ощутят скорость и повышение качества обслуживания [2, 3].

БУ «Городская клиническая больница №1» – одно из учреждений, где новая модель медицинской организации уже начала действовать. Внедрение технологии и обучение персонала осуществляет кампания ООО «Эксперт Групп» при активной помощи студентов машиностроительного факультета Чувашского госуниверситета (направления «Стандартизация и метрология»), которые уже изучали теорию и проводили практические занятия по этой тематике на старших курсах [4, 5].

В структуре медицинской организации имеется 3 поликлиники. К ним прикреплены 78 260 тысяч человек населения. После проведения анализа текущей ситуации было предложено изменить способ и график работы процедурного кабинета, перестроить работу амбулаторной хирургии, изменить навигацию (последовательность перемещений) по этажам, сократить время прохождения 1-го этапа диспансеризации, сделать более доступной ультразвуковую диагностику. В соответствии с разработанным

«бренд-буком» изменения начнутся с внешнего облика помещений и интерьеров и закончатся внутренним устройством рабочего процесса и удобным расположением кабинетов терапевтов и врачей узкой специальности.

После совещания с сотрудниками поликлиники запланировали улучшить маршрутизацию пациентов, разделяя потоки «здоровых» и «больных», организовать санитарно-просветительскую работу с населением, разместить информационные стенды о здоровом образе жизни, правилах и порядке диспансеризации.

Следующий этап – «Организация работы процедурного кабинета». Его цель: распределить поток пациентов, сократить время ожидания процедуры, внедрить электронную запись; перераспределить время работы кабинетов; увеличить количество пациентов в смену на 1 медицинскую сестру; уменьшить время рабочего цикла лимитирующих операции медицинской сестры (исключить лишние передвижения).

При текущем состоянии процесса пациент и врач вынуждены ходить несколько раз в день вперёд-назад из-за неправильного расположения кабинетов и наличия единственной перевязочной комнаты. Перепланировка кабинетов и рациональное размещение кабинетов (по этажам и внутри этажей) проводится в соответствии с последовательностью перемещений пациентов амбулаторной хирургии. Уменьшение перемещений пациентов и врачей узкого профиля происходит за счёт создания Центра амбулаторной хирургии. По показателям опроса, проведённого страховыми компаниями, на начало проекта удовлетворённость населения предоставляемыми услугами составляла 45,3%. Задачей проекта является подъём этого показателя до 70%.

По итогам I квартала 2018 г. были получены следующие результаты: разработан «бренд-бук» для создания единых стилевых решений навигации; очереди в регистратуру составляют нынче не более 5 человек одновременно; начата перепланировка и новое размещение кабинетов врачей-специалистов и процедурного кабинета.

Очевидно, что запланированные работы требуют продолжения.

Литература

1. Гартфельдер, В. А. Контроль качества непрерывного потока продукции. Материалы I-ой Международной научно-практической конференции «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» / В. А. Гартфельдер, В. С. Григорьев, Л. С. Секлетина. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2015. – С. 265-270.

2. Строкин, Р. Л. SRM – система управления взаимоотношениями с поставщиками в ООО «МИКОНТ» // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: материалы Международной молодежной научно-практической конференции / Р. Л. Строкин, В. А. Гартфельдер. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2014. – С. 506-510.

3. Афанасьева, М. Л. Совершенствование системы электронного документооборота в ОАО «Завод «Чувашкабель» / М. Л. Афанасьева, В. А. Гартфельдер // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2015. – С. 92-93.

4. Гартфельдер, В. А. Интеграция потенциалов промышленных предприятий и учреждений образования на примере машиностроительного факультета Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова / В. А. Гартфельдер // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2011. – № 1. – С. 194-196.

5. Гартфельдер, В. А. Интеграция региональных потенциалов для подготовки инженерных кадров / В. А. Гартфельдер, Л. С. Секлетина // Сетевое взаимодействие как эффективная технология подготовки кадров: материалы Всероссийской (с международным участием) научно-методической конференции. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2015. – С. 31-34.

УДК 621.777.01

Волкова Е. Г.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г., канд. физ.-мат. наук,
доцент

Поволжский государственный технологический университет

ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс горячего прессования, особенности технологии, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: прессование, формование, спекание, порошковая металлургия.

Одним из основных недостатков порошковых материалов, получаемых холодным прессованием с последующим спеканием, является остаточная пористость, приводящая к снижению физико-механических характеристик, прежде всего, пластичности и ударной вязкости материала. Этот недостаток может быть устранен использованием метода горячего прессования.

Горячим называется прессование металлического порошка или порошковой формовки при температуре, превышающей температуру рекристаллизации основного компонента. Проводится оно при температурах $0,5-0,95 T_{пл}$ основного компонента порошкового материала.

Существенным преимуществом данного метода прессования является быстрое уплотнение порошкового изделия и получение детали с минимальной пористостью при сравнительно малых давлениях прессования.

Плотность порошкового материала изменяется в связи с пластической деформацией, нестационарным и стационарным диффузионным крипом. Силы внешнего давления действуют вместе с капиллярным давлением, которое ведет к развитию межчастичного сцепления и уменьшает пористость порошкового материала. Для каждой температуры горячего прессования есть минимальное давление, при котором получится малопористое (98-99%) порошковое изделие.

Механизм уплотнения порошка схож с механизмом при спекании: образование межчастичного контакта, рост плотности с увеличением размера частиц и дальнейший рост частиц при незначительном дополнительном уплотнении.

При горячем прессовании производится быстрый нагрев, для чего используется электрический ток. Могут использоваться различные способы нагрева, такие как прямое пропускание тока через порошок или пресс-форму, индукционный нагрев порошка (пресс-формы или промежуточного экрана), импульсный ток высокого напряжения.

Материал пресс-формы должен быть жаропрочным, стойким против окисления и механического износа при повышенных температурах, не привариваться и не взаимодействовать с прессуемым порошком, иметь характеристики термического расширения практически как и у прессуемого материала.

При работе до температур 800-850 °С используют жаропрочные сплавы типа нимоника инколя и др. Для высоких температур 900-1000 °С применяют сложнолегированные никелевые сплавы. Выше 1000 °С – пресс-формы, изготовленные из твердых сплавов и тугоплавких соединений.

Внутреннюю поверхность материала пресс-формы следует покрывать какими-либо инертными составами для предотвращения взаимодействия прессуемого материала с данной поверхностью.

Характер приложения и снятия нагрузки также влияет на качество получаемых заготовок. Необходимо сначала нагреть порошок до определенной температуры, а затем прикладывать давление и продолжать нагрев.

Метод горячего прессования осложняется тем, что во избежание окисления заготовки в процессе прессования необходимо использование защитных сред (восстановительных, инертных) или вакуумирование. Удобнее использовать горячее прессование не для прессования, а для доуплотнения заготовок, полученных предварительным холодным прессованием.

Очень хорошие результаты могут быть получены с использованием динамического горячего прессования. Этот метод заключается в предварительном холодном прессовании заготовок с пористостью 25-30%, спекании их в защитной среде, затем кратковременном нагреве токами высокой частоты, установке в пресс-форму в разогретом состоянии, уплотнении и охлаждения с заданной скоростью. Такая схема обеспечивает получение практически беспористого материала, отличающегося мелким зерном и высоким уровнем механических свойств.

Особым случаем горячего прессования является электроразрядное или электроимпульсное спекание, при котором через порошок с помощью электродов-пуансонов, к которым приложено давление, пропускают сильный электрический разряд.

Порошковые изделия, полученные горячим прессованием, имеют более высокий предел прочности, большое удлинение, повышенную твердость, электро- и теплопроводность, точные размеры. Полученные детали обладают мелкозернистой структурой, большой однородностью и по свойствам могут успешно соперничать с литыми и коваными изделиями.

Недостатками метода горячего прессования, сдерживающими его широкое применение, являются сложность оборудования, необходимость использования жаропрочных материалов для изготовления пресс-форм и их низкая стойкость.

Метод горячего прессования успешно применяется для изготовления биметаллических соединений, которые изготовить холодным прессованием затруднительно. Горячее прессование необходимо при изготовлении изделий из трудно-прессующихся и плохо спекающихся порошковых материалов.

Литература

1. Крашенинникова, Н. Г. Основы технологии порошковой металлургии / Н. Г. Крашенинникова, С. Я. Алибеков, Г. П. Фетисов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – 288 с.
2. Севастьянова, И. Г. Теория и технология процессов порошковой металлургии / И. Г. Севастьянова, И. В. Анциферова, Г. А. Либенсон. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2002. – 298 с.

Геворкян А. А., Озеев С. В.
Научный руководитель: Щепин В. Д., преподаватель
*Йошкар-Олинский аграрный колледж
института механики и машиностроения
Поволжского государственного технологического университета*

ОБРАБОТКА СВЕРЛЕНИЕМ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНДУКТОРОВ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ УНИВЕРСАЛЬНО- СБОРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ (УСП) ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

***Аннотация.** Представлены рекомендации по разработке кондукторов из элементов УСП.*

***Ключевые слова:** элементы УСП, теория базирования, классификация деталей.*

Предлагается метод конструирования и сборки приспособлений из заранее изготовленных нормализованных, взаимозаменяемых и высокоточных деталей универсально-сборного приспособления (УСП), не требующих в процессе сборки каких-либо доработок, отличает данную систему от всех прежних видов и способов конструирования и изготовления оснастки. Приспособления монтируют без предварительной разработки чертежа общего вида (рисунок).

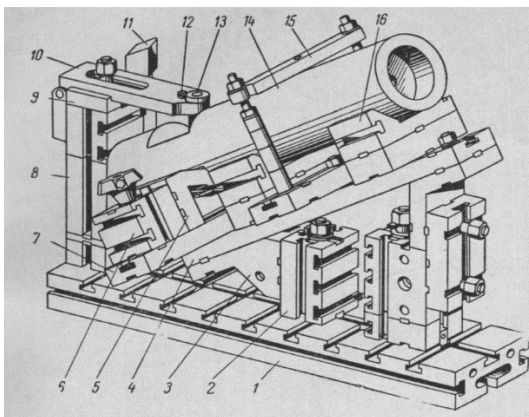
К приспособлениям, собранным из элементов УСП, предъявляются такие же требования, как и к специальным приспособлениям. Конструкция приспособления должна предусматривать свободный выход режущего инструмента во избежание повреждений элементов и инструмента. Сборка корпуса приспособления производится на основании, которым обычно служит плита (базовый элемент), но не исключается применение и других элементов (корпусных, узлов). Для сборки приспособлений, в которых необходимо производить поворот и деление деталей, применяются различные сочетания поворотных и делительных узлов, ось поворота в которых может быть расположена вертикально и горизонтально.

Сочетая поворотную головку с поворотными кронштейнами, можно создать делительное приспособление с наклонным расположением оси поворота.

Точность обработки в сборных приспособлениях зависит от точности наладки (выверки) размеров приспособления, жесткости собранного приспособления и точности изготовления элементов УСП.

Приспособления, собранные из элементов УСП, обеспечивают обработку детали по 7-8-му квалитету точности на оптимальных режимах резания.

Для повышения жесткости универсально-сборных приспособлений необходимо использовать наименьшее количество элементов УСП с целью уменьшения количества стыков, ослабляющих приспособление; крепить элементы большим количеством болтов и шпонок, а также укреплять опорные элементы, воспринимающие усилия при обработке дополнительной установкой других опорных элементов УСП.



Универсально-сборное приспособление для сверлильных операций

Система УСП практически дает возможность оснастить приспособлениями около 80% всех деталей изделий машиностроительного завода и позволяет собрать любое станочное приспособление.

Из них создаются различные по конструкции сборные стойки, опоры, колонны, порталы и замкнутые и незамкнутые рамы. В ряде случаев сборка приспособлений из наличных элементов УСП бывает затруднительна без применения специально изготовленного элемента. Чаще всего приходится изготавливать установочные элементы, на которых производится установка обрабатываемой детали.

При сборке приспособлений недопустима подгонка элементов. Каждый из ответственных базовых, корпусных и других элементов проверяют, все неровности и заусенцы удаляют шлифовальным бруском и протирают чистой ветошью.

Соосность соединяемых шпонками элементов проверяют индикатором и лекальным угольником.

При сборке контрольных приспособлений и компоновок, предназначенных для обработки деталей с исполнительными размерами по 7 и 8-му квалитетам точности, выбирают элементы без следов износа и повреждений.

Особое внимание следует обращать на сборку приспособлений для сверлильных и расточных операций, так как эти приспособления при обработке отверстий воспринимают значительные силы резания. Наряду с требованиями высокой точности при монтаже УСП большое значение имеет жесткость приспособлений, поскольку она влияет на точность изготовления деталей.

Перед сдачей в эксплуатацию каждую компоновку тщательно проверяют. В первую очередь проверяют установочные и базовые размеры компоновок, далее – параллельность и перпендикулярность осей отверстий и плоскостей и достаточность усилий зажима крепежных элементов при помощи динамометрических ключей.

Проверка выполняется индикатором и плитками концевых мер.

Авторами была произведена сборка УСП для выполнения сверлильной операции в деталях типа тела вращения и достигнуты положительные результаты по точности ее изготовления.

УДК 62.93

Егоров А. В., Михайлов А. Г., Терентьев Е.А. ст. преподаватель
Научный руководитель: Мулюхин Н. В., ассистент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕЗРЕЗОНАНСНОГО ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЯ

***Аннотация.** В работе рассмотрена актуальность изучаемого вопроса, отмечены проблемы, возникающие при погружении свайных элементов в грунт. Представлена методика проектирования безрезонансного вибропогружателя.*

***Ключевые слова:** моделирование, вибрация, безрезонансный вибропогружатель, автоматизированное проектирование.*

В мегаполисах и в крупных городах нашей страны ведется масштабное строительство жилых и промышленных зданий, которое зачастую происходит либо в плотно застроенных районах, либо вблизи с памятниками ар-

хитектуры. В таких крупно населенных пунктах возведение зданий производится, как правило, на свайном фундаменте. Погружение свайных элементов в грунт осуществляется с помощью сваебойного молота, копровой мачты, вибропогружателя и т. д. Процесс забивания происходит с широким распространением ударных волн по грунту, которое отрицательно влияет на соседствующие постройки. Поэтому снижение негативного воздействия вибрационного поля на близлежащие области, находящиеся около работающего агрегата, является весьма приоритетной задачей. Для современной науки и производства вопросы разработки методик автоматизации проектирования безрезонансных вибрационных установок являются актуальными, т. к. разработка и создание подобных агрегатов с использованием современных программных продуктов, но без должного методического обеспечения, – процесс сложный и затратный. Выбор и определение безрезонансного режима работы без соответствующей методики такой системы – задача практически не выполнима [1-3].

Установки безрезонансного вибрационного воздействия зачастую производятся только за рубежом, в ограниченном количестве и стоят очень дорого.

Нами было проведено: 1) углубленное изучение имеющегося теоретического и практического опыта в области проектирования и моделирования безрезонансного вибропогружателя; 2) анализ реальных конструкций и характеристик вибропогружателей, производимых передовыми предприятиями мира; 3) предварительный расчет основных характеристик действующей модели вибропогружателя; 4) создание твердотельной 3D модели при помощи NX11; (рис. 1.) 5) построение кинематической модели в программе Euler (рис. 2.), на основе полученных данных из цифрового макета модели вибропогружателя;

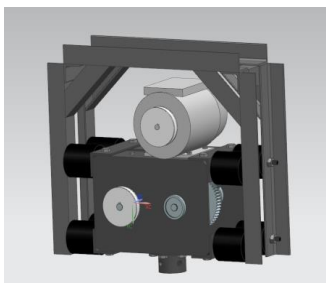


Рис. 1. 3D модель вибропогружателя

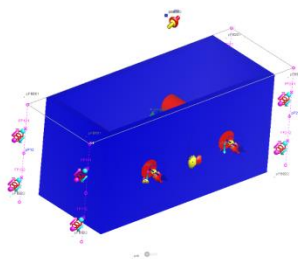


Рис. 2. Кинематическая модель узла вибропогружателя

6) выбор рациональных характеристик и расчет действующих нагрузок на детали узлов конструкции при эксплуатации проектируемой системы в безрезонансном режиме; 7) проведение расчетов в программном комплексе Ansys, использующим в основе своей работы метод конечных элементов, конструкции деталей на работоспособность, долговечность, безрезонансность и т. д.; 8) проектирование и создание экспериментальной установки (рис. 3.) на основе ранее полученных результатов моделирования [4,5].



Рис. 3. Действующая модель вибропогружателя

Литература

1. Мулюхин, Н. В. Моделирование безрезонансных вибрационных систем / Н. В. Мулюхин, В. Д. Лобанов // Вестник современных технологий. – 2017. – №4 (8). – С. 38-42.
2. Расчет деформаций при шлифовании чашечными кругами / П. М. Салов, Т. Г. Виноградова, С. С. Сайкин и др. // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы II-ой международной научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. – С. 265-268.
3. Заточка инструмента при малых усилиях / В. С. Григорьев, Б. П. Медведев, Н. В. Мулюхин и др. // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение: материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2017. – С. 261-264.
4. Основы методики автоматизированного проектирования безрезонансных вибрационных систем / Д. В. Лобанов, В. С. Григорьев, Н. В. Мулюхин и др. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2018. – №1. – С. 56-61.
5. Мулюхин, Н. В. Расчет точности обработки при шлифовании / Н. В. Мулюхин // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение: материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2017. – С. 249-252.

Ефимов А. Ю.

Научный руководитель: Лобанов Д. В., д-р техн. наук
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

***Аннотация.** В работе рассмотрена актуальность изучаемого вопроса, отмечены проблемы, возникающие при выборе режущего инструмента для операций технологических процессов, при проектировании сборных режущих инструментов. Представлена методика моделирования сборного режущего инструмента.*

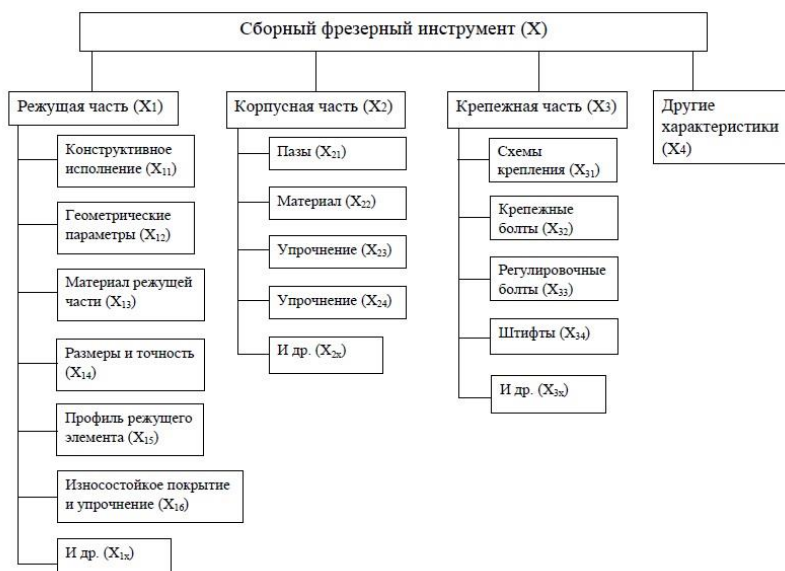
***Ключевые слова:** моделирование, сборный режущий инструмент, база данных, автоматизация.*

Современная металлообрабатывающая промышленность все больше внедряет системы автоматизации в производство. [1-4] Происходит переход к гибким производственным линиям. В настоящее время производства могут состоять только из станков с ЧПУ, без универсальных станков. Современные станки с ЧПУ обладают хорошими показателями жесткости шпинделя, станины, мощностью двигателей и т. д., позволяя эффективнее производить обработку металла. С целью использования всех возможностей станков с ЧПУ необходимо подобрать для обработки соответствующий режущий инструмент, который сможет работать на больших скоростях, подачах, глубинах резания [5-7].

Если не брать в расчет узконаправленные предприятия, то в общей доле машиностроительных производств на фрезерные операции приходится до 60% всех технологических операций [5-7]. Все это приводит к повышению доли сборного фрезерного инструмента в металлообработке. Сборные конструкции обеспечивают значительную экономию быстрорежущей стали и снижение расходов из-за возможности многократного использования корпуса и замены режущих пластин после изнашивания.

К сожалению, на данный момент мало внимания уделяется автоматизации выбора режущего инструмента. Зачастую труд конструкторов, проектирующих инструмент, и технологов, подбирающих инструмент для технологического процесса, рутинен и связан с использованием большого объема информации из разных источников, а также ее анализом [4, 7, 9].

Для оценки конструктивных решений и автоматизации выбора режущих инструментов необходима их систематизация, которая выполняется на основе моделирования с использованием теории графов [4, 7, 8]. Фрезу следует рассматривать как систему структурных, геометрических, конструктивных и эксплуатационных характеристик, в которой есть три основные части: режущая (X_1), корпусная (X_2) и крепежная (X_3), каждая из которых описывает характерные ей параметры. К примеру, в X_1 входят: геометрические параметры, материал режущей части, размеры и точность и т. д.



Графовая модель сборного фрезерного инструмента

Разбив графовую структуру на ряд связанных между собой таблиц, среди которых выделяется главная, определяются дальнейшие связи, на основе которых можно построить информационную базу данных.

Таким образом, с помощью созданной модели сборного фрезерного инструмента можно автоматизировать процесс подбора инструмента для технологических операций, сократить время выбора инструмента, а также появляется возможность контролировать конструктивные параметры инструмента, на основе которых можно упростить проектирование новых сборных конструкций.

Литература

1. Янюшкин, А. С. Повышение производительности фрезерования на основе автоматизации проектирования сборного инструмента / А. С. Янюшкин, Д. В. Лобанов, Д. А. Рычков // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 10. – С. 91-94.
2. Лобанов Д. В. Автоматизированная система создания баз данных и многокритериального сравнительного анализа конструкций сборного фрезерного инструмента для обработки композиционных материалов / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков // САПР и графика. – 2011. – № 3 (173). – С. 71-73.
3. Основы методики автоматизированного проектирования безрезонансных вибрационных систем / Д. В. Лобанов, В. С. Григорьев, Н. В. Мулюхин и др. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2018. – № 1 (60). – С. 56-61.
4. Yanyushkin, A. S. Automation tool preparation in the conditions of production / A. S. Yanyushkin, D. V. Lobanov, D. A. Rychkov // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Т. 770. – С. 739-743.
5. Филиппов, Г. В. Режущий инструмент / Г. В. Филиппов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 392 с.
6. Металлорежущие инструменты / Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
7. Лобанов, Д. В., Янюшкин А.С. Подготовка режущего инструмента для обработки композиционных материалов: монография / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2011. – 192 с.
8. Математика: учеб. пособие / В. П. Омельченко, Э. В. Курбатова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 380 с.
9. Янюшкин, А. С. Программные продукты для автоматизации подготовки инструментального производства на предприятиях / А. С. Янюшкин, Д. В. Лобанов, Д. А. Рычков // Ползуновский альманах. – 2008. – № 4. – С. 214-216.

УДК 62-634.8

Забродина Н. А.

Научный руководитель: Бастраков В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ЗАДАНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы проектирования и создания композиционного материала с заданными физико-механическими свойствами для изделий машиностроительной отрасли.*

Ключевые слова: композиционный материал, твёрдость, прочность, модуль упругости, матрица, термореактивная смола, волокнистый наполнитель.

Обеспечение высокой конкурентоспособности изделий машиностроительной отрасли в последние годы в нашей стране обуславливается интенсивным развитием технологии изготовления деталей из порошковых композиционных материалов.

С целью создания материалов с заданными свойствами базовые полимеры смешивают с другими веществами. Такие материалы называются композиционными. Композиционный материал (КМ) – это гетерогенный, анизотропный материал, состоящий из двух и более компонентов [1, 2]. К разрабатываемому КМ предъявляются следующие требования: твёрдость, прочность, модуль упругости (коэффициент, характеризующий сопротивление материала растяжению/сжатию), стабильность линейных размеров.

В качестве матрицы использована термореактивная смола СФЖ-3031, экономичная и позволяющая улучшить прочностные свойства и температурные режимы применения материала.

Прочность КМ рассчитана по следующим формулам:

$$\sigma_{\text{в КМ}} = \sigma_{\text{вв}} V_{\text{в}} + (\sigma_{\text{вм}} 1 - V_{\text{в}}), \quad (1)$$

$$E_{\text{КМ}} = E_{\text{в}} V_{\text{в}} + E_{\text{м}}(1 - V_{\text{в}}), \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{вв}}$ и $\sigma_{\text{вм}}$ – временное сопротивление,

$E_{\text{в}}$ и $E_{\text{м}}$ – модуль упругости волокна и матрицы соответственно.

Для матрицы (смолы) $E_{\text{м}} = 2 \text{ ГПа}$, $\sigma_{\text{вм}} = 20 \text{ МПа}$.

Для наполнителя основного: $E_{\text{м}} = 172 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{вв}} = 1380 \text{ МПа}$.

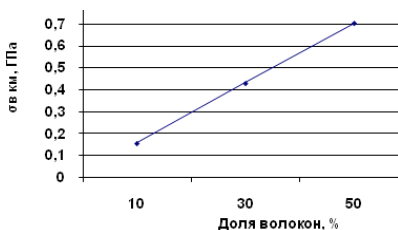


Рис. 1. Зависимость прочности КМ от содержания волокнистого наполнителя

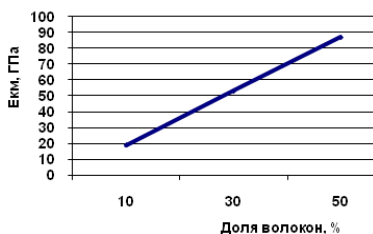


Рис. 2. Зависимость модуля упругости КМ от содержания волокнистого наполнителя

После расчётов получены следующие зависимости: при увеличении доли волокон относительно доли матрицы прочность и модуль упругости композиционного материала увеличиваются.

Матрица, термореактивная смола, армирована несколькими наполнителями, а именно, волокнистым наполнителем – хризотил марок: АН-К6, 7R, А-6-30, графитом, каолином и другими компонентами. Волокна хризотила повышают прочность композиционного материала, предотвращают его выкрашивание при эксплуатации. В качестве пластификатора и антиадгезива используется соль стеариновой кислоты – стеарат цинка.

Получены и исследованы образцы с различным процентным соотношением исходных компонентов в материале [3]. Были определены величины линейной и объемной усадок для указанных смесей. Минимальные значения усадки имели смеси с волокнистым наполнителем А-6-30.

Результаты полученных физико-механических свойств разработанного материала для различных марок волокнистого наполнителя представлены в таблице.

Физико-механические характеристики разработанного КМ
с различными марками волокнистого наполнителя

Материал Свойства	Разработанный КМ с АН-К6	Разработанный КМ с 7R	Разработанный КМ с А-6-30
Ударная вязкость, кДж/м ²	1971,6	2469	2876,2
Изгибающее (разрушающее) напряжение, МПа	47,1	56,3	63,4
Прочность при разрыве, Н/мм ²	15,2	22,9	27,9
Относительное удлинение при разрыве, %	4,1	6,2	7,4
Твердость, НВ, Н/мм ²	25	35	32
Коэф. трения	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4

Разработан новый композиционный материал с полимерной матрицей на основе термореактивной смолы и хризотилового волокнистого наполнителя с заданными специфическими свойствами, исследованы физико-механические свойства полученных образцов.

Литература

1. Автоматизированное производство изделий из композиционных материалов / В. С. Балакирев, А. В. Заев и др. Под. ред. В. С. Балакирева. – М.: Химия, 1990. – 240 с.

2. Буланов, И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: учеб. для вузов / И. М. Буланов, В. В. Воробей. – М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. – 516 с.

3. Полимерный композиционный антифрикционный материал: Патент на изобретение № 2451702 Рос. Федерация: МПК C08L61/10, зарегистрирован 27.03.2012 – 8 с., 2 табл., 8 пр.

УДК 621.001.76

Иванов С. С., Дарбеков А. Н.
Научный руководитель: Эттель В. А., канд. техн. наук, профессор
*Карагандинский государственный технический университет,
Казахстан*

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПРЕИМУЩЕСТВО И НЕДОСТАТКИ

***Аннотация.** В статье описан термин аддитивных технологий и их всевозможные виды. Также произведен анализ использования 3D оборудования на разных производствах. Дан обоснованный вывод о 3D-принтинге и его оборудовании.*

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, индустрия 4.0, инновации.*

Более 30 лет назад для всех людей и ученых казалось фантастикой 3D печать и аддитивное оборудование. Лишь в фильмах, содержащих фантастические технологии, можно было увидеть, как создается новая рука для человека или как изготавливается оружие в пространстве с помощью лазера. Спустя более 30 лет ведущие страны мира активно включаются в гонку по самому развитому 3D оборудованию. Например, в Янгстоуне, Огайо, был открыт Национальный инновационный институт аддитивного производства (NAMP) – это первый центр 3D технологий из всех ныне созданных в США; в настоящее время ведется колоссальное финансирование биопечати органов на 3D принтере, начало которое берет с 2000 года и связано с именем биоинженера Томаса Боланда. Уже в интернет-ресурсах есть много информации о пересадке биоорганов 3D производства и их отличном функционировании в живом организме.

Даже несмотря на то, что изучение и работа с аддитивными технологиями берет начало с конца XX века, до сих пор нет четкого и обоснованного понятия о них. Каждый источник по-разному трактует определение 3D технологий.

Нами были собраны определения, наиболее раскрывающие смысл данного типа технологий и оборудования.

1. Аддитивные технологии или Additive Manufacturing (AM-технологии) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или CAD-модели) методом послойного добавления (add, англ. – добавлять, отсюда и название) материала [1].

2. Аддитивные технологии (Additive Manufacturing – от слова аддитивность – прибавляемый) – это послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3d технологий [2].

По сегодняшним данным можно определить следующие виды аддитивных технологий:

FDM (Fused deposition modeling) – это послойная печать изделия из хорошо нагретой пластиковой нити. Является самым используемым способом 3D-печати в мире. На основе его функциональной работы изготавливаются многие 3D-принты.

SLM (Selective laser melting) – селективное лазерное сплавление металлических порошков. Деталь производится из металлического порошка, который спекается с помощью высокоэнергетического лазера.

SLS (Selective laser sintering) – селективное лазерное спекание полимерных порошков. С помощью данной технологии получают изделия больших размеров и разных физических свойств.

SLA (Stereolithography) – лазерная стереолитография, отверждение жидкого фотополимерного материала под действием лазера.

По исследованиям, проведенным нами, было выявлено, что на данный момент почти все производства ведущих зарубежных стран пользуются (частично или полностью) аддитивными технологиями в процессе изготовления своей продукции. И по исследованиям можно сделать следующий вывод:

- 32,4% – машиностроение;
- 22,5% – электроника и потребительские товары;
- 14,9% – медицина;
- 12,2% – космическое производство и авиастроение;
- 8% – военное производство;
- 3% – строительство.

Данные об использовании 3D-технологий обоснованы следующими их преимуществами:

1. свойства готовой продукции. Детали, изготавливаемые на 3D-принтерах, превосходят прототипы, полученные при помощи традиционных технологий (литье, штамповка, механическая обработка).

2. экономия производственного сырья. С помощью аддитивных технологий создается практически точная копия детали, заданная конструктором. В большинстве случаев не нужно производить механическую обработку.

3. изготовление деталей сложной геометрической формы. Аддитивная технология позволяет изготавливать предметы, получение которых другим способом невозможно.

Но также аддитивные технологии имеют ряд проблем, которые до сих пор решаются ведущими учеными мира. Эти проблемы состоят в следующем [3]:

1. габариты создаваемого изделия ограничены размерами «строительной камеры»;

2. размеры его колеблются от 20х20х20 мм до 600х500х600 мм;

3. однако большие изделия могут быть изготовлены по частям и затем собраны в одно изделие, что уменьшает прочностные и конструктивные особенности изделия.

В связи с проведенными исследованиями можно сделать следующий вывод, что аддитивные технологии получили свое начало с далеких 1968 годов и с успешным ростом и развитием как своей конструкторской, так и технологической части дошли до наших дней. На данный момент ведущие предприятия всех стран ведут конкуренцию по обладанию самого лучшего и современного оборудования для создания конкуренции на рынке производства. Ведущие ученые вкладывают большие силы на изучение и модернизацию 3D оборудования, а бизнесмены «с большой буквы» вкладывают неимоверные финансы на «полет фантазии» опытных и также молодых ученых, занятых развитием аддитивной индустрии. Поэтому изучение и исследование в области 3D является одним из востребованных и актуальнейших вопросов современности.

Литература

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – М: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

2. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kak-bog.ru/additivnye-tehnologii-chto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya>.

3. Валетов, В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие / В. А. Валетов. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

Карпов А. А.

Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТА ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ НА ПРАКТИКЕ

***Аннотация.** Рассмотрены основные положения стандарта цепочки поставок добровольной лесной сертификации и приведено их практическое применение.*

***Ключевые слова:** добровольная лесная сертификация, цепочка поставок, сертифицированная продукция.*

В настоящее время уделяется все больше внимания вопросам экологии, бережливого природопользования, заботе об окружающей среде. В сфере лесного хозяйства и деревообработки одним из перспективных векторов развития является рынок продукции, сертифицированной по международным требованиям добровольной лесной сертификации. Существует несколько схем лесной сертификации, однако в России и большинстве стран мира большую распространённость получила сертификация по схеме FSC (Лесного Попечительского Совета). Основным принципом FSC является экологически приемлемое, социально выгодное и экономически устойчивое управление мировыми лесами.

Спрос на такую продукцию растёт с каждым днём. Это обусловлено рядом факторов: сертифицированная продукция является легально заготовленной с соблюдением всех требований законодательства; при заготовке древесины сохраняются высокие природоохранные ценности и биологическое разнообразие; основой является неистощительное лесопользование; большое внимание уделяется вопросам лесовосстановления; процесс управления лесами носит системный характер.

Важнейшим элементом системы FSC, обеспечивающим процесс движения сертифицированной продукции из ответственно управляемых лесов к конечному потребителю является цепочка поставок. Сертификацию цепочки поставок FSC должны проходить деревообрабатывающие предприятия, занимающиеся преобразованием и переработкой

сертифицированной древесины, трейдеры сертифицированной продукции. Система является закрытой, попадание в цепочку поставок продукции или элементов несертифицированного сырья недопустимо. Подтверждения организацией соответствия требованиям цепочки поставок FSC регламентирована стандартом FSC-STD-40-004 [1] и устанавливается в ходе аудита независимым органом по сертификации. Выбор органа по сертификации организации осуществляют самостоятельно в добровольном порядке.

Основными процедурами, которые организация должна разработать и внедрить являются:

- Руководство по управлению цепочкой поставок;
- Процедура учета жалоб;
- Процедура управления несоответствующей продукцией;
- Процедура контроля закупок сертифицированной продукции;
- Процедура обращения с неприемлемыми материалами;
- Процедура учета сертифицированной продукции и материалов;
- Процедура учета сделок с сертифицированной продукцией;
- Процедура соответствия законодательству в области легальности происхождения древесины;
- Процедура контроля FSC-заявлений;
- Процедура обучения сотрудников требованиям стандарта цепочки поставок;
- Процедура оформления маркировки и использования товарных знаков на продукции;
- Процедура по контролю аутсорсинга.

На практике большинство процедур, предусмотренных стандартом цепочки поставок, перекликаются с уже разработанными и внедренными внутренними процедурами и процессами организации. В зависимости от масштабов деятельности, культуры ведения делопроизводства, организации внутренних процессов и взаимодействия разные организации испытывают различные сложности с внедрением и применением требований стандарта цепочки поставок.

Наиболее сложными вопросами, с которыми сталкиваются организации, являются:

1. создание руководства по управлению цепочкой поставок. Данный документ содержит все основные требования и процессы по управлению цепочки поставок. Как правило, в нем фиксируются требования стандарта, внутренние процедуры, описание процессов взаимодей-

ствия, ответственные лица за выполнение процессов. Сложность заключается в создании целостной, логичной и содержащей все требования структуре системы цепочки поставок организации.

2. методика учета коэффициента выхода. Организация должна иметь логичную методику определения коэффициента выхода сертифицированной продукции в своих производственных процессах. Данная методика должна охватывать все этапы переработки продукции, предполагающие изменение объема или веса на каждом этапе технологического процесса. В зависимости от применяемого коэффициента выхода и объема, поступившего в производство сертифицированного сырья, рассчитывается количество реализуемой продукции с FSC-заявлением. Сложность заключается в создании общей методики для всего производственного процесса, учете сертифицированного сырья. В большинстве случаев на предприятиях производится как сертифицированная, так и несертифицированная продукция. Данные технологические потоки необходимо разделять, обеспечить их несмешиваемость и отдельное хранение разных видов продукции.

3. аутсорсинг. По требованиям нового стандарта цепочки поставок, вступившим в силу с 1 марта 2018 года, значительно ужесточились требования к процессам, переданным на аутсорсинг. Организация должна контролировать выполнения требований стандарта как собственным персоналом, так и сотрудниками подрядных организаций. Сложности заключаются в контроле несертифицированных поставщиков. Каждый случай индивидуален, решение о выполнении требований стандарта принимают аудиторы в ходе сертификационного аудита. Зачастую по данному пункту стандарта выявляются несоответствия.

Учитывая комплексность системы цепочки поставок, требования стандарта и контроль за их исполнением со стороны органов по сертификации, сертифицированная продукция является востребованной на экологически-чувствительных рынках и становится устойчивым трендом для развития лесного сектора промышленности.

Литература

1 FSC-STD-40-004 v-3-0 Сертификация цепочки поставок. – Введ. 16.11.2016 – FSC International Center. – 43 с.

Кременецкий Л. Л., Сердюков Н. Д.
Научный руководитель: Носенко В. А., д-р техн. наук, профессор
Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический
университет»

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ

***Аннотация.** Рассмотрены особенности формирования шероховатости обработанной поверхности титанового сплава при различных скоростях глубинного шлифования высокопористым шлифовальным кругом из карбида кремния.*

***Ключевые слова:** глубинное шлифование, титановый сплав, скорость шлифования, шероховатость поверхности.*

Основной причиной плохой обрабатываемости титановых сплавов шлифованием является высокая адгезионная активность титана к абразивному материалу [1]. При глубинном шлифовании интенсивность адгезионного взаимодействия возрастает, что затрудняет получение обработанной поверхности с заданной шероховатостью.

В качестве мер обеспечения эффективности процесса рассматривают применение высокопористого абразивного инструмента [2] и непрерывной правки [3]. Одним из направлений повышения производительности шлифования также является увеличение скорости резания.

Цель работы: исследование влияния скорости главного движения на шероховатость обработанной поверхности при глубинном шлифовании титанового сплава.

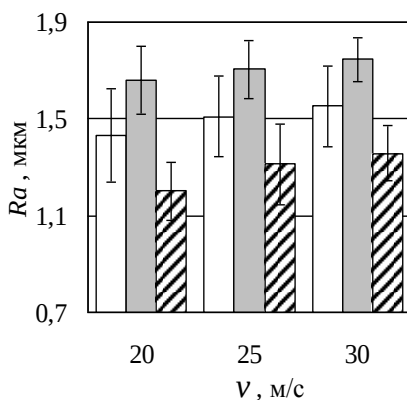
Заготовки из титанового сплава Ti6Al4V длиной 40 мм обрабатывали на профилешлифовальном станке-автомате с ЧПУ модели SLS 434 методом врезного шлифования. В качестве абразивного инструмента использовали шлифовальный круг 64CF80H12V производства ОАО «Волжский абразивный завод». Режимы обработки: скорость шлифования v : 20 м/с, 25 м/с и 30 м/с; скорость подачи стола $v_s=100$ мм/мин, направление подачи – встречное; глубина шлифования $t=1$ мм; подача правящего ролика $S_p=0,6$ мкм/об.

Шероховатость поверхности измеряли профилографом-профилометром Mitutoyo Surftest SJ-410. Шероховатость измеряли в 10 сечениях по длине обработанной поверхности.

При глубинном шлифовании необходимо учитывать особенности формообразования на различных этапах процесса, протяженность которых зависит от длины обрабатываемой поверхности и глубины шлифования. Целесообразно выделять три этапа: врезание, постоянная длина дуги контакта (ПДДК) и выход.

Установлено, что при шлифовании на скоростях 25 м/с и 30 м/с на этапе ПДДК Ra практически не изменяется. На скорости 20 м/с можно говорить о некоторой тенденции роста Ra в начале этапа. С переходом к этапу выхода Ra снижается на всех скоростях шлифования.

С использованием полученных экспериментальных данных рассчитаны средние значения Ra на всей длине обработанной поверхности, на этапе ПДДК и этапе выхода (см. рисунок). Значимость влияния фактора скорости шлифования на параметр Ra оценивали методом дисперсионного анализа.



Среднее значение параметра шероховатости Ra обработанной поверхности на различных скоростях шлифования и этапах процесса:

□ – вся длина заготовки; ■ – этап ПДДК; ▨ – этап выхода

Установлено, что шероховатость обработанной поверхности, сформированная на этапе ПДДК, в среднем на 30-37 % выше, чем на этапе выхода. Скорость шлифования не оказывает значимого влияния на средние значения Ra , рассчитанные по всем имеющимся значениям.

На этапе выхода при сравнении средних получены близкие значения расчетного и табличного значений критериев Фишера, исходя из этого выполнено попарное сравнение средних. Установлено, что изменение скорости шлифования в диапазоне 20-25 м/с и 25-30 м/с не оказывает значимого влияния на параметр Ra . С увеличением скорости шлифования в 1,5 раза (с 20 м/с до 30 м/с) шероховатость обработанной поверхности на этапе выхода возрастает в среднем на 13 %, несмотря на увеличение количества зерен, проходящих через рассматриваемое сечение обработанной поверхности. Очевидно, что определяющим фактором в данном случае является интенсивность адгезионного взаимодействия пары абразивный материал-титановый сплав, увеличивающаяся с ростом скорости шлифования.

Выводы

1. Среднее арифметическое отклонение профиля обработанной поверхности на этапе постоянной длины дуги контакта в среднем на 30-37 % выше, чем на этапе выхода.
2. Скорость шлифования не оказывает значимого влияния на среднее значение параметра шероховатости Ra , оцениваемого по длине обработанной поверхности. На этапе выхода наблюдается тенденция повышения Ra с увеличением скорости шлифования.

Литература

1. Xipeng Xu, Yiqing Yu. Mechanisms of abrasive wear in the grinding of titanium (TC4) and nickel (K417) alloys. *Wear*, 2003, vol. 255, no. 7, pp. 1421-1426.
2. Влияние твердости круга из карбида кремния и состава СОЖ на параметры шероховатости поверхности при шлифовании титанового сплава / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий и др. // *Современные наукоемкие технологии*. – 2017. – № 9. – С. 53-57.
3. Носенко, С. В. Влияние правки абразивного инструмента на состояние рельефа обработанной поверхности титанового сплава при встречном глубинном шлифовании / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий // *Вестник машиностроения*. – 2014. – № 7. – С. 64-68.

Кудрявцев А. А.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г., канд. физ.-мат. наук,
доцент

Поволжский государственный технологический университет

ПРОБЛЕМА ТРУДОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

Аннотация. В данной работе изложена проблема взаимоотношений в реальных современного производства.

Ключевые слова: взаимоотношения, конфликты, производство, коллектив.

21 век характеризуется прогрессивным развитием промышленности, как тяжёлой, так и лёгкой. Оптимизация и механизация производственного процесса минимизирует участие человека в производстве, тем не менее, человеческий фактор остаётся основной составляющей производства. Соблюдение технологической дисциплины, должное выполнение регламентируемой техники безопасности обеспечивают качественное выполнение работы. В реалиях современной России эти требования часто нарушаются.

Основными компонентами производства являются:

- люди (профессионально подготовленный персонал);
- средства труда (машины, механизмы, инструменты, сооружения);
- предметы труда (сырьё, материал, заготовки, изделия);
- энергия (электрическая, тепловая, механическая, световая, мускульная);
- информация (научно-техническая, коммерческая, правовая);
- место производства (здания, шахты, дороги).

Профессионально управляемый синтез этих компонентов формирует конкретный производственный процесс.

Наравне с получаемой зарплатой, одним из основных мотивов, побуждающих человека трудиться в коллективе, является социальный. Благодаря ему человек готов выполнить свою работу, ориентируясь не только на её содержание и материальную компенсацию труда, но и на возможность занять определенное место в социальной структуре коллектива. При этом он получает моральное удовлетворение от труда, возможность самовыражаться, приобретает определённый статус в трудовом коллективе.

Члены коллектива имеют различный жизненный опыт, разное мировоззрение и разный уровень профессиональных знаний и умений, что влияет на взаимоотношения в трудовом коллективе. Очень часто стороной, определяющей основные принципы взаимодействия и решающей проблемы взаимоотношений в трудовом коллективе, является его руководитель.

В ходе общения между членами коллектива особенно заметно проявляется регулятивная функция общения, воздействие коллектива на поведение, активность, систему ценностей членов коллектива с целью своеобразной стандартизации. Именно поэтому члены коллектива, выделяющиеся из общих стандартов, имеют проблемы во взаимоотношениях с коллегами.

Выделяют следующие проблемные зоны во взаимоотношениях в трудовом коллективе:

- вхождение и адаптация нового работника в коллективе. Новый работник не может в полной мере проявить себя как личность, так как его мировоззрение, воспитание и опыт могут входить в противоречие с нормами трудового коллектива, который подавляет индивидуальность любыми способами. Это касается и молодых людей, впервые приступающих к серьёзной работе. Их чрезмерный энтузиазм и избыток энергии могут выбить коллектив из привычной колеи.
- усилившаяся потребность работника в максимальной персонализации. После завершения первичной адаптации она побуждает человека к поиску средств и возможностей для восстановления своей индивидуальности, и это стремление не всегда приветствуется в коллективе, внося изменения в имеющуюся систему распределения ролей и привилегий.
- противоречия между профессиональными взглядами и подходами к решению задач и проблем организации ведущих работников.

Проблемы взаимоотношений между сложившимися группами работников могут возникнуть как внутри небольшого отдела, так и между отделами организации. Примером первого случая может быть дедовщина по возрасту, второго – борьба между отделами за влияние и ресурсы организации.

В реалиях современной производственной жизни, первый случай постепенно утрачивает свою роль, на смену приходит наставничество, основанное на взаимном уважении и взаимопомощи работников.

- кризис власти в трудовом коллективе. Проблемы взаимоотношений возникают при чередовании административных ошибок, в том числе и с неправильным распределением служебной нагрузки. Они осложняются

при наличии в коллективе неформального лидера. Коллектив может разделиться на группы поддержки лидеров. Неформальный лидер выступает, как правозащитник своих товарищей, но в большинстве случаев он действует сугубо для реализации своих интересов.

- личная неприязнь между работниками, возникшая по объективным или субъективным причинам, – одна из самых распространённых проблем во взаимоотношениях трудовых коллективов.

Такое обилие проблем вынуждает руководителей находить всё более универсальные и максимально эффективные пути решения проблем.

Материальные, словесные санкции по отношению к работникам не всегда достигают должного эффекта, только усугубляя проблему на производстве.

Иногда достаточно прямых поощрений от руководства, а иногда – премии.

Чаще всего, более успешными становятся те руководители, которые хорошо знакомы с работой, выполняемой подчинёнными, что дает возможность понять суть недовольства работников и своевременно решить возникшие проблемы.

Очень часто руководитель требует выполнять максимальное количество работы за минимальный срок и плату. Работник же заинтересован в выполнении минимального количества работы за высокую зарплату. При этом страдает качество выполняемых работ, но большую часть убытков несёт заказчик, получая продукт низкого качества.

В качестве примера можно привести производственную практику студентов: промышленные предприятия заинтересованы в получении как высококвалифицированных работников, так и чернорабочих. Часто студентов используют для выполнения работы, требующей минимальных умственных и максимальных физических усилий. Безразличие со стороны студентов к качеству выполняемых работ усугубляется отсутствием мотивации в виде денежного стимулирования.

Мною был проведён опрос среди студентов 3-го и 4-го курсов, обучающихся на инженерных специальностях, в ходе которого 79 % опрошенных отрицательно отзывались о принудительной неоплачиваемой практике. Оставшиеся 21 % отметили приобретение опыта и новых впечатлений. Общее количество опрошенных – 105 человек.

Решением проблемы может стать хотя бы незначительное, но какое-то денежное поощрение.

В заключение стоит сказать, что в современном мире метод «кнути и пряника» всё ещё остаётся актуальным. Более подробное изучение всевозможных ситуаций, связанных с данной тематикой, может позволить

оптимально подбирать пути решения. При этом каждая проблема уникальна, так как личности, которых она касается, индивидуальны, отличаются друг от друга мировоззрением, воспитанием и опытом.

Литература

1. Важнейшие проблемы российского предприятия. Кто их решит? / Т. Гурова, Н. Кириченко, Д. Медовников // Эксперт. – №42 [(206) 8 ноября 1999 г.].
2. Воловская, Н. М. Экономика и социология труда: учеб. пособие / Н. М. Воловская. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 204 с.

УДК 66.067

Кутонова Е. В.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ОЧИСТКА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация. Для очистки водной поверхности используются различные методы очистки. Из этого числа методов очистки вод огромный интерес представляет сорбция равно как единственный из более результативных и недорогих методов очистки.

Ключевые слова: сорбция, углеродные материалы, нефтепродукты.

Для очистки воды от нефти и нефтепродуктов используется множество различных сорбентов. Появление и поиск новых сорбентов определяют актуальность научных исследований в данной сфере.

Углеродные волокнистые материалы считают материалами будущего. Заложенные в них потенциальные возможности еще далеко не использованы, поэтому в будущем предполагается значительное расширение областей их применения и объемов потребления. [1].

Нами была проведена серия экспериментов с использованием углеродных тканей.

Для исследования мы взяли углеродные ткани весом 1,1 грамм и определили их сорбционную способность. Сорбционная способность данных тканей составляет 88-98%.

После сорбции для утилизации адсорбированного количества нефтепродуктов углеродные ткани поджигали. Ткани горели ярким пламенем.

После утилизации сорбированного нефтепродукта ткани взвешивали, вес практически не изменился.

Эти образцы подвергались регенерации (выжигание нефтесодержащих компонентов) и использовались вторично. Степень поглощения при этом практически не изменилась, как и масса исследуемых образцов. [2].

Статическая обменная емкость (COE) рассчитывается по формуле:

$$COE \cdot g + V \cdot C_p = V \cdot C_u,$$

где g – масса ткани, г;

V – объем, приливаемой к сорбенту, воды, л;

C_p – остаточная концентрация в ткани времени t , мл/л;

C_u – концентрация исходной нефти, мл/л.

Расчет статической обменной емкости сорбента проводится по стандартной методике, разработанной НИИ Минерального сырья «СТО-РосГео008-002-98 Технологические методы исследования минерального сырья».

$$COE = \frac{(C_u - C_p)V}{g}.$$

Степень извлечения нефтепродукта из воды, %

$$E = \frac{(C_u - C_p)V}{C_u} \cdot 100\%.$$

По сравнению с современными методами очистки водной поверхности от разлившейся нефти и нефтепродуктов метод с использованием углеродной ткани является наиболее выгодным как в экономическом плане, так и в экологическом плане. В воду не вносятся дополнительные компоненты, и не остаются отходы после сжигания.

Литература

1. Конкин, А. А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы / А. А. Конкин. – М.: Химия, 1984. – 376 с.
2. Алибеков, С. Я. Применение углеродных материалов для очистки воды от нефтепродуктов / С. Я. Алибеков, А. И. Сютова, Е. В. Кутонова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер. Технологическая. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 89-94.

Лаптев С. Н.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРЕИМУЩЕСТВО ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ НАД ТРАДИЦИОННЫМИ СПОСОБАМИ

***Аннотация.** Представлены характеристики и результаты сравнения плазменной сварки и традиционных способов сварки.*

***Ключевые слова:** дуга, скорость, поджиг, качество.*

Современное производство все чаще требует высокой точности осуществления монтажных операций посредством сварки. Однако традиционные способы не могут удовлетворить запросы предприятий. Целью данной работы является изучение характеристик такого инновационного способа сварки как плазменная сварка, и сравнение его с традиционными способами.

Операции плазменной сварки делятся на две группы: плазменная и микроплазменная сварка. Микроплазменная сварка выполняется при силе тока не больше 25А, что достаточно для сваривания тонких листов металла и исключению образования прожогов на его поверхности. Исследования показали, что плазменная сварка при силе тока порядка 100А не годится для высокоточных ответственных задач. Поэтому наиболее производительная сварка нуждается в силе тока 150А. Стоит отметить методику по принципу воздействия – косвенный и прямой проплав. В первом случае используется электрод между заготовкой и плазмой, во втором случае плазменная дуга воздействует напрямую со свариваемой поверхностью.

Во время процесса сварочной операции происходит расплав металла плазменной дугой, которая выпускается из сопла небольших размеров. В результате получается суженная дуга, имеющая почти цилиндрическую форму, что обеспечивает высокую концентрацию энергии. Тогда как ТИГ сварка имеет свободно горящую дугу. В ходе работы было установлено, что при сварке внахлест дуга переходит на верхнюю кромку, что наблюдается и при стыковой сварке, когда один лист выше другого. Это приводит к непровару свариваемых деталей. Другой важной характеристикой является рабочая температура плазменной дуги, которая может достигать 30 000°C. Высокая температура плазмы даёт

возможность использовать данный метод в широком ряде сварочных работ. Стоит отметить, что режущий сварочный луч способен деформировать металл по тонкой линии, что позволяет повысить точность сварочного шва, а также снизить расход металла. В процессе работы используется ещё одно сопло плазмотрона, которое служит для защиты зоны горения от воздействия воздуха, т. е. сварка проходит в условиях вакуума, что снижает брак изделий. Главным преимуществом плазменной сварки над аргоновой является более высокая скорость сварки. Опыт показал, что существует заметная разница в скорости двух способов при обработке листов толщиной более 2,5 мм.

Также исследования показали, что наличие малоамперной вспомогательной дуги (3...15А) обеспечивает стабильный поджиг, даже при очень низком значении тока 0,1А в случае микроплазменной сварки. Данное преимущество зафиксировано при сварке алюминиевых листов. При аргоновой сварке электрод разрушается и загрязняется, в то время как при плазме электрод имеет гораздо большую стойкость примерно в 30 раз большую. Причина в том, что электрод находится за плазменным соплом и обдувается сжатым газом. Также в ходе работы было установлено, что плазменная сварка низкоуглеродистых сталей с толщиной листов до 7-8 мм выполняется только за один проход, тогда как чтобы сварить те же листы стали сваркой ТИГ потребовалось несколько проходов. При сравнении плазменной сварки с МАГ сваркой было зафиксировано, что качество шва после МАГ сварки заметно хуже, чем после плазменной. Следует вывод, что шов, образованный плазменной сваркой, не будет требовать дополнительной обработки. Отсутствие выпуклости и провисания шва является весомым преимуществом данного способа.

В выборе способа соединения деталей специалист учитывает множество факторов. Поэтому плазменная сварка не всегда является лучшим вариантом. Однако в данной работе установлено, что плазменная сварка превосходит по некоторым параметрам традиционные виды сварки: высокая скорость, стабильность дуги, надежный провар, высокое качество шва.

Литература

1. Малаховский, В. А. Плазменная сварка / В. А. Малаховский. – М.: Высшая школа, 1987. – 80 с.
2. Петров, А. В. Плазменная сварка / А. В. Петров // Итоги науки и техники / ВИНТИ. Сер. Сварка. – 1980. – С. 53-109.

Михеев С. С.

Научные руководители: Никонова Т. Ю., канд. техн. наук, доцент;

Дандыбаев Е. С., PhD

Карагандинский государственный технический университет,

Казахстан

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАЛЕЦ – ВТУЛКА

***Аннотация.** Рассмотрен один из основных путей повышения износостойкости деталей шарнирного соединения палец – втулка, сущность которого заключается в замене традиционных смазывающих веществ антифрикционными материалами. Представлены традиционные и нетрадиционные материалы, используемые при изготовлении деталей шарнирного соединения.*

***Ключевые слова:** втулка, шарнирное соединение, антифрикционный материал, износостойкость.*

Манипуляторы нашли широкое применение в конструкциях сельскохозяйственных, горно-рудных, строительных и других технологических машин. Звенья манипулятора сопрягаются между собой посредством шарнирного соединения типа палец – втулка. Как показывает практика, срок службы данных соединений недостаточно высок. При достижении величины моторесурса в 3000 моточасов в их работе наблюдаются отказы, в то время как ресурс работы машин находится в пределах 5000 – 7000 моточасов, а металлоконструкций манипуляторов может достигать до 10000 моточасов.

На износостойкость данного вида соединения оказывают влияние высокие нагрузочные режимы работы, условия загрязняющего и корродирующего действия окружающей среды, жесткие температурные режимы.

Одной из основных причин низкой износостойкости шарнирных соединений является изготовление деталей из бронзы, реже стали и чугуна, которые недостаточно эффективно работают как антифрикционный материал; несоответствие смазочного материала условиям работы, в результате чего шарниры работают в режиме граничного и полусухого трения, наблюдаются явления схватывания и заедания [1 – 3].

Наиболее целесообразным решением проблемы износостойкости является применение твердой смазки. В качестве перспективных антифрикционных материалов могут быть использованы полимеры, пластики типа АМАН, ZEDEX, материалы на основе древесины, ленточные (слоистые), углеграфитные, металлокерамические, металлоплакирующие смазочные материалы [2].

Среди перечисленных антифрикционных материалов нужно выделить антифрикционные пластики типа АМАН, ZEDEX по причине того, что эти материалы обладают высоким пределом прочности, низкими коэффициентами сухого трения и температурного расширения, высокой износостойкостью, бензостойкостью, маслостойкостью, вибропрочностью, коррозионностойкостью [2].

Пластики типа АМАН и ZEDEX представляют собой многокомпонентные материалы, где в качестве связующего вещества используются полимеры, а в качестве наполнителя – твердые смазки со слоистой структурой.

Пластики типа АМАН в среднем на 51% обладают большей плотностью, на 15% большим пределом прочности при сжатии по сравнению с пластиками типа ZENDEX. Ударная вязкость для обоих типов пластиков находится в пределах от 0,3 до 1,1 МПа·см, верхний предел температуры от 110 до 300 °С. В результате испытаний пластиков АМАН на линейный износ при вращательном и реверсивном движении величина износостойкости в сравнении с бронзой оказалась на 25 – 40 % выше. Интенсивность износа составила $0,5 \div 0,7 \cdot 10^{-9}$ [4].

Новым направлением в решении вопроса повышения износостойкости является применение углерод – углеродного композиционного материала для изготовления деталей шарнирных соединений, где в качестве армирующих элементов, воспринимающих нагрузку, применяют волокнистые материалы с прочностью от 2,5 до 10 ГПа. В качестве матрицы в УУКМ используют пироуглерод. Интенсивность износа данного материала составляет $1 \cdot 10^{-8}$ [5].

Выводы

Важный показатель в работе любой машины – бесперебойное функционирование всех ее узлов. Немаловажным составляющим этого является величина износостойкости. Использование традиционных материалов различных марок, как сталь, чугун и бронза при изготовлении деталей шарнирного соединения не позволяет достичь высоких значений износостойкости. Поскольку наибольшему износу в процессе эксплуатации шарнирных соединений подвергается втулка, для повышения ресурса

безотказной работы шарниров целесообразно при ее изготовлении использовать антифрикционные пластики. В результате лабораторных исследований с лучшей стороны себя показали многокомпонентные пластики типа АМАН, износостойкость соединения оказалась на 25 – 40 % выше, по сравнению с бронзой, интенсивность износа составила $0,5 \div 0,7 \cdot 10^{-9}$. Применение данных пластиков позволяет отказаться от традиционной подачи смазки в зазор шарнирного соединения.

Последнее время все большую популярность при изготовлении деталей шарнирного соединения приобретает применение углерод – углеродного композиционного материала. Интенсивность износа данного материала по сравнению с пластиками несколько меньше и составляет $1 \cdot 10^{-8}$. Преимуществом данного материала является то, что, изменяя соотношение компонентов макроструктуры, подбирая состав компонентов, можно регулировать такие свойства материала, как прочность, жесткость и др.

Литература

1. Серебрянский, А. И. Перспективы использования пластиковых антифрикционных материалов [Текст] / А. И. Серебрянский, Г. Г. Юманов, К. С. Картамышев // Международный Научный Институт «Education». – 2014. – №4. – С. 83-86.
2. Серебрянский, А. И. Обоснование выбора антифрикционного материала для шарниров лесных манипуляторов [Текст] / А. И. Серебрянский, М. А. Мижевич // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2014. – №9. – С. 38-41.
3. Серебрянский, А. И. Анализ видов изнашивания и возможные пути повышения износостойкости шарниров манипуляторов / А. И. Серебрянский, Ж. И. Богатырева // Воронежский научно-технический вестник. – 2017. – №1. – С. 63-77.
4. Пошарников, Ф. В. Повышение износостойкости шарнирных соединений лесных манипуляторов [Текст] / Ф. В. Пошарников, А. И. Серебрянский, А. В. Усиков // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2. – С. 85-92.
5. Прохоров В. Ю. Повышение износостойкости шарнирных сопряжений манипуляторов лесозаготовительных машин / В. Ю. Прохоров // Тр. Междунар. симп.: Надежность и качество. – 2011. – Т. 2. – С. 198-199.

Секида Д. С.

Научные руководители: Никонова Т. Ю., канд. техн. наук, доцент;

Мухамедьяров Д. З.

*Карагандинский государственный технический университет,
Казахстан*

ВАЛЬЦОВКА РОЛИКОВ

Аннотация. Рассмотрена конструкция станда, позволяющая вальцевать ролики.

Ключевые слова: вальцовка трубы, вальцовка роликов, станд.

При эксплуатации ленточных конвейеров возникают проблемы с заклиниванием роликов, прокручиванием обечайки относительно корпуса, заклиниванием подшипников, прокручивание подшипников относительно оси и т. д., что соответственно влечет за собой выход из строя как ролика, так и конвейера в целом. Причин для возникновения данных явлений довольно большое количество, как технологических, конструктивных, транспортных, монтаж роликов, так и сам процесс эксплуатации.

Ввиду различных конструкций роликов используются и отличные друг от друга методы сборки.

На нашем предприятии последним этапом сборки ролика является вальцовка трубы на вкладыш рис. 1.

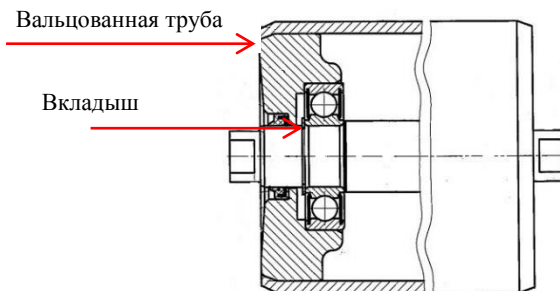


Рис. 1. Ролик в сборе

Для этой процедуры использовался станд (рис. 2, 3), который пережил все возможные сроки морального устаревания и физического износа. По

этим причинам при вальцовке ролика с большой долей вероятности после вальцовки ролик не прокручивался от руки, это является основным фактором при приемке изделий службой ОТК. Причиной заклинивания роликов послужили такие проблемы, как многочисленные перекосы и изгибания станда.



Рис. 2. Справа – станина нового станда, слева – старый станд



Рис. 3. Снизу – станина нового станда; сверху – старый станд

Устранить данную проблему помогло изготовление нового усиленного станда для вальцовки роликов рис. 4. При первой эксплуатации нового станда (рис. 5) процент «непрокручиваемых роликов» с партии снизился до 20 %. Это говорит нам о том, что станд работоспособен, но тре-

бует доводки по некоторым параметрам, одним из которых является регулировка усилия вальцовки края трубы, что может являться одной из причин непрочувствования роликов. Опытным путем установлено, что необходимое давление для вальцовки трубы колеблется в диапазоне 150...200 МПа.

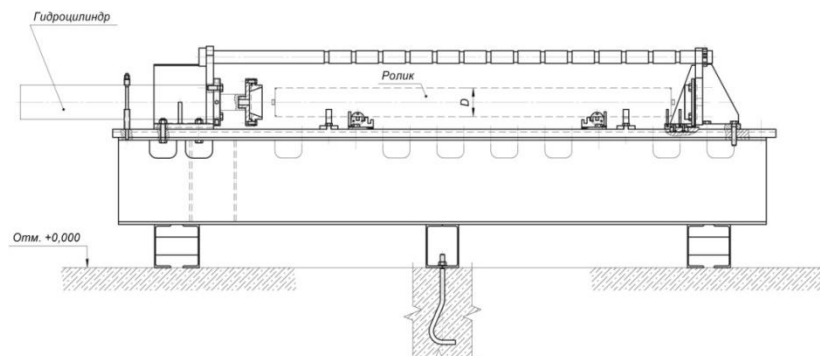


Рис. 4. Общий вид стенда



Рис. 5. Процесс вальцовки

Таким образом, рассмотренная конструкция стенда позволяет вальцевать ролики в довольно большом диапазоне длин до 2 метров включительно. Также данный стенд при некоторой его доработке может применяться для других операций при сборке роликов (запрессовка подшипников, вкладышей, стопорных колец), что повлечет за собой облегчение труда рабочего персонала и, как следствие, сокращение времени на производство.

Соловьева М. Д.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

***Аннотация.** Представлены методы лазерной дезактивации металлов.*

***Ключевые слова:** лазерная дезактивация, радиация, поверхностное загрязнение.*

Эксплуатация атомных электростанций и производство ядерного оружия представляют опасность для экологии нашей планеты. Вследствие аварий и замены отработанных агрегатов на АЭС, изготовления и хранения ядерного оружия, добычи ядерного топлива возникает необходимость разработки новейших технологий дезактивации.

Основными типами радиоактивных загрязнений являются поверхностное загрязнение и наведенная радиация. При этом более 90% радиационно-загрязненных объектов имеют поверхностное загрязнение.

Одной из главных проблем в настоящее время является восстановление исходных свойств поверхностно радиоактивно-загрязненных деталей в процессе эксплуатации на АЭС для включения их в промышленный оборот.

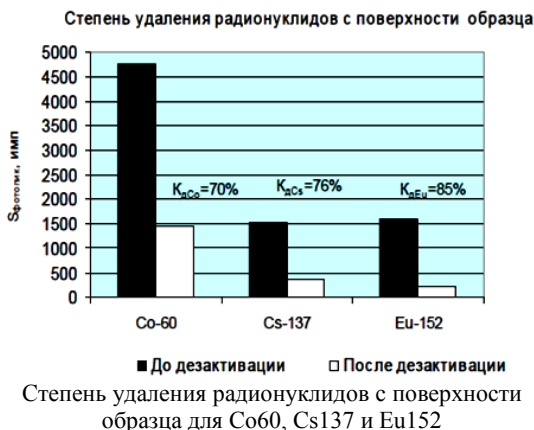
Твердые частицы радионуклидов располагаются в поверхностном слое и могут быть удалены без разрушения конструкции. Коррозийная пленка, толщина которой не превышает 150 – 200 мкм, содержит до 90-95% радионуклидов, загрязняющих металл.

Основные методы дезактивации поверхностных радиоактивных загрязнений в настоящее время – химический и электрохимический. Их недостатком является образование большого количества жидких радиоактивных отходов. Например, при химической дезактивации элементов контура АЭС с реактором типа РБМК образуется до 6000 м³ жидких радиоактивных отходов.

При лазерной дезактивации тех же металлоконструкций общий объем образующихся радиоактивных отходов, которые накапливаются в твердом состоянии, не превышает 1,5 – 2 м³.

Впервые задача дезактивации с применением лазеров была поставлена в 2001 г. научно-исследовательским институтом ЦНИИКМ

ПРОМЕТЕЙ для утилизации атомных подводных лодок. Уровень загрязнений на поверхности детали после лазерной дезактивации снизился до уровня ниже предельно допустимых концентраций ПДК (рисунок).



На следующем этапе работ был изготовлен и предъявлен комиссии Росатома мобильный лазерный комплекс на базе АІG-лазера, работающего в импульсно-периодическом режиме с длительностью импульсов 10 нс.

Для улавливания продуктов дезактивации был разработан новый способ, подтвержденный патентом РФ, заключающийся в обработке радиационно-загрязненных поверхностей сквозь прозрачные для лазерного излучения полимерные сорбирующие пленки.

В настоящее время разработан и изготовлен опытно-промышленный образец ранцевого лазера РЛ для выполнения работ по очистке и дезактивации в «стесненных» условиях. В качестве источника применен частотный волоконный лазер с длительностью импульса 100 нс.

Радиационное загрязнение таких конструкций протекает так, что основная доля радионуклидов накапливается в объеме тонкой оксидной пленки, покрывающей внутренние поверхности оборудования, которое в процессе эксплуатации на предприятиях ЯТЦ соприкасается с теплоносителем, например, водой. При этом нерастворимые продукты коррозии отлагаются непосредственно из циркулирующего теплоносителя, а растворимые – по достижении определенного уровня концентрации, ионов тех или иных химических элементов.

Как правило, эта пленка имеет двухслойную структуру, формируемую плотным тонким сплошным слоем, примыкающим к подложке, и пористым наружным.

Уровень радиационного загрязнения поверхности до обработки совпадает с суммарным уровнем загрязнения, оставшимся на детали и на сорбирующей пленке после обработки.

В сочетании с дистанционно управляемыми роботами технология лазерной дезактивации пригодна для работы в условиях больших уровней радиации, например, при сборе россыпей ядерного топлива. В этом случае лазер может также выполнять задачу фрагментации сорбирующих пленок для их сбора и укладки в контейнер.

Условия взаимодействия лазерного излучения и вещества обеспечиваются в газовой среде или вакууме. Сбор образующихся при этом мельчайших капель и паров металла, загрязненных радионуклидами, осуществляется с помощью специальных вентиляционных систем, оборудованных фильтрами, что сопряжено с определенными техническими трудностями и неудобствами.

Принципиальная возможность дезактивации радиационно-загрязненных образцов, погруженных в жидкость, при воздействии на их поверхность лазерного частотно-импульсного излучения инфракрасного диапазона с одновременным сбором и аккумулярованием высвобождаемых радиоактивных продуктов в объеме кюветы, заполненной жидкостью (использовались вода и технический глицерин), уже продемонстрирована.

Возможность осуществления лазерной дезактивации в жидкой среде (также как чрезпленочной дезактивации на воздухе) открывает еще один путь к созданию простых и эффективных систем сбора продуктов лазерной обработки.

Литература

1. Кузнецов, В. М. Российская атомная энергетика. Вчера, сегодня, завтра. Взгляд независимого эксперта. [Текст] / В. М. Кузнецов. – М.: Голос-Пресс, 2000. – 288 с.
2. Очистка лома нержавеющей сталей электрохимическим методом / Г. Н. Колпаков, Н. А. Колпакова, В. А. Кузов и др. // Ползуновский вестник. – 2009. – № 3. – С. 112-116.
3. Лазерная дезактивация металлических поверхностей / В. П. Вейко, Е. А. Шахно, В. Н. Смирнов и др. // Оптический журнал. – 2007. – Т. 74, № 8. – С. 33.

Стеблецкая А. В.

Научный руководитель: Никонова Т. Ю., канд. техн. наук, доцент
*Карагандинский государственный технический университет,
Казахстан*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ЛИНИИ НА УЧАСТКЕ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ

***Аннотация.** Представлено современное оборудование, обеспечивающее высокую производительность молокоотдачи, отвечающее существующим требованиям.*

***Ключевые слова:** автоматизированный доильный зал, ферма, молокопровод, вакуумная система.*

Рассматривается оснащение молочных ферм современным автоматизированным доильным оборудованием с максимально высокой эффективностью и возможной производительностью.

Для подъема экономики страны за последние годы было принято множество государственных и узкоотраслевых планов по обеспечению, поддержке и развитию сельского хозяйства, аграрной отрасли.

Компоновка науки и производства позволяет повысить эффективность деятельности и выгоды из новых изобретений, внедрить многие зарубежные технологии и приспособить их к условиям Казахстана. [1].

Исследовав наличие молочных ферм на территории Республики Казахстан, пришли к неутешительному выводу: конструкция стойловых мест, доильных установок и способы доения давно не модернизировались, конструкции устарели. Следовательно, идет снижение количества надоенного молока и высокой заболеваемости животных.

При содействии Конструкторского Бюро транспортного машиностроения ТОО «Карагандинский завод металлоизделий» изготовил и внедрил опытный образец «Зал доильный автоматизированный для доения» для ТОО Агрофирмы «Ақжар Өндіріс» (Республика Казахстан, Павлодарская область, с. Көктөбе). Была поставлена задача – оснастить доильный зал современным, новейшим оборудованием, современными доильными установками, максимально производительными и безопасными как для людей, так и для животных и отвечающим требованиям современного мира. В результате проведенных анализов на рынке существующих доильных аппаратов были выявлены следующие недостатки:

– доильный аппарат работал до недавнего времени по двухтактной технологии, которая характеризуется сжатием соска и откачиванием молока;

– особенности функционирования двухтактного доильного аппарата отличаются непрерывностью процесса. Такая технология не очень комфортна для коров, поскольку не учитывает физиологию животных;

– этот агрегат достаточно шумный и т. д. [2].

На основе анализов при учете всех недостатков был спроектирован опытный образец доильного автоматизированного зала для кобылиц.

Зал доильный автоматизированный для доения предназначен для механизации и автоматизации процессов производственной линии при минимальных трудозатратах на их выполнение, бесперебойную работу оборудования технологической линии всего производственного процесса, а также безопасность, как для обслуживающего персонала, так и для животных (рисунки).



Зал доильный автоматизированный для доения кобыл

Зал доильный автоматизированный обладает рядом преимуществ:

1. доильный комплекс состоит из групповых станков. Станки расположены параллельно или под углом к рабочей траншее.

2. станки изготовлены из труб и оцинкованы горячим цинком;
3. рабочие траншеи окантованы барьером из стали с антикоррозионной защитой;
4. ворота для впуска и выпуска кобыл оборудованы механическим приводом и дистанционным управлением с рабочего места дояра;
5. в зависимости от количества постов доильный зал оснащен двумя или тремя вакуумными установками, суммарной производительностью из расчета 200 л/мин на один аппарат. Это обеспечивает двукратный запас минимального уровня потребления вакуума и гарантирует функционирование оборудования, даже при выходе из строя или при необходимости аварийного сервиса, одной из установок.
6. вакуумпровод изготовлен из пластмассовых труб;
7. молочная линия изготовлена из нержавеющей труб определенного диаметра в зависимости от количества доильных мест, соединенных специальными муфтами. Молочная линия имеет кольцевую конфигурацию и двухсторонний вход в колбу (молокоприемник). [3].
8. доильные стаканы изготовлены из нержавеющей стали и прозрачного поликарбоната;
9. система снятия доильного аппарата – автоматическая, когда доение полностью окончено.

Таким образом, на сегодняшний день внедренный опытный образец «Зал доильный автоматизированный для доения» для ТОО Агрофирмы «Ақжар Өндіріс» обладает всеми достаточными показателями экономической эффективности:

- производительность;
- срок окупаемости;
- взаимозаменяемость узлов участка доения;
- возможность расширения производства;
- рентабельность;
- расчетными затратами;
- прибыль.

Литература

1. <https://znaifermu.ru/korovy-krs/molochnoe-oborudovanie/kakoj-luchshe.html>.
2. Ведищев, С. М. Механизация доения коров: учебное пособие / С. М. Ведищев. – Тамбов: изд-во ТГТУ, 2006. – 159 с.

Стручков Д. В.

Научные руководители: Щербаков А. Н., канд. техн. наук, доцент;

Захаров Л.А., канд. техн. наук, доцент;

Селифонов В. С., канд. техн. наук, доцент

Брянский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ИЗОЛЯТОР»

Аннотация. В статье приводится описание конструкции приспособления для установки и закрепления детали «Изолятор».

Ключевые слова: электротехнический соединитель, изолятор, пластмасса, приспособление.

В настоящее время в машиностроении применяются изделия из металлических материалов, форма, размеры и требуемое качество которых получается путём механической обработки исходных заготовок. Однако, кроме металлических, используются также изделия из неметаллических материалов, таких как: древесина, резиновые и резинотканевые изделия и, в частности, пластмасса.

Большинство деталей из пластмасс изготавливают прессованием, литьем, формованием, штамповкой. Тем не менее, в ряде случаев, для получения заданных размеров деталей из пластмасс их подвергают механической обработке резанием. Кроме того, при изготовлении мелких партий деталей не всегда рационально использовать формы, штампы и другое специальное оборудование для изготовления заготовок или готовых деталей [1]. В этом случае более целесообразно применять механическую обработку резанием.

Во время выполнения механической обработки заготовку необходимо установить и закрепить в приспособления для лишения подвижности. Приспособление – это технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. [2] Использование приспособлений способствует повышению точности и производительности обработки, обеспечивает механизацию и автоматизацию технологических процессов, расширение технологических возможностей оборудования и повышение безопасности работ. Современное производство располагает

большим парком приспособлений, значительную часть которых составляют станочные приспособления для обработки пластмасс.

Целью исследования является разработка технологической оснастки для резки изоляторов.

В качестве технологической оснастки было принято решение: спроектировать приспособление для резки изолятора, форма которого

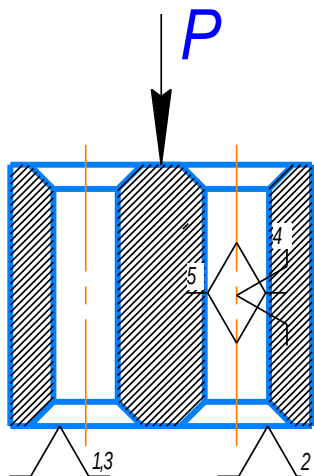


Схема базирования
и закрепления заготовки
в приспособлении

представлена на рисунке. Базирование данных деталей в приспособлении осуществляется по нижней плоскости и центральным отверстиям по цилиндрическому пальцу соответствующего размера (рисунок). Приспособление работает в автоматическом режиме. Заготовки подаются из магазинного накопителя при помощи толкателя. Ее подхватывают 2 ролика, которые подают в зону резания. Величина контролируется лазерным дальномером. После установки на длину при помощи клина, приводимого в движение от пневмоцилиндра, выдвигается плунжер с базирующими пальцами, и в это время от этого же клина при помощи толкателей закрепляют деталь 2 прихвата. Происходит обработка. Пневмоцилиндр вытягивает клин, тем самым высвобождает плунжер и прихваты. Они под действием пружины возвращаются в исходное положение. Деталь сдувается сжатым воздухом в накопитель. Цикл обработки повторяется.

Деталь сдувается сжатым воздухом в накопитель. Цикл обработки повторяется.

Литература

1. Штучный, Б. П. Механическая обработка пластмасс: справочник / Б. П. Штучный. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.
2. Станочные приспособления: справочник. В 2-х т. / Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1.; под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. – 592 с., ил.
3. Проектирование технологической оснастки: учебное пособие. – 2-е изд.; под ред. В. В. Клепикова. – М.: МГИУ, 2008. – 76 с.

Шишочкин М. В.

Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

СВАРКА ТИТАНА

Аннотация. *Представлены основные виды сварки титана и его сплавов, используемые в машиностроении.*

Ключевые слова: *титан, сварка, электродуговая, электрошлаковая, электроннолучевая, сварка токами радиочастоты, дуга, инертный газ, луч, шов, мелкозернистая структура.*

Титан обладает особыми физико-химическими свойствами, он имеет: высокую удельную прочность, отличную коррозионную стойкость в атмосферных условиях, морской воде и в ряде высокоагрессивных сред, поэтому титан и его сплавы находят всё более широкое применение.

Титан и его сплавы в расплавленном и твёрдом состоянии при температурах выше 600°C в условиях сварочного цикла обладают высокой химической активностью.

Можно выделить 4 основных вида сварки титана:

1. электродуговая: при сварке используют специальные приспособления, с помощью которых обеспечивается защита зоны сварки, околошовной зоны, корня шва, а также остывающих участков шва. Часто используют инертный газ, аргон, гелий или смеси этих газов. После гашения электрической дуги необходимо продолжать подачу защитного газа в течение 30-60 секунд, пока металл не остынет до температуры ниже 400°C. Это помогает предотвратить окисление металла сварного шва и зоны термического влияния.

2. электрошлаковая: для соединения заготовок и деталей больших толщин, характеризуется высокой производительностью, не требует сложной разделки кромок при любой толщине свариваемых и обеспечивает высокое качество сварных соединений;

3. электроннолучевая: главное преимущество в том, что процесс протекает в вакуумной камере без инертных газов, обеспечивает мелкозернистую структуру сварного шва и надёжную защиту металла от газов. Она используется для толщин до 160 мм. В ряде случаев для предотвра-

щения появления пор и несплошностей применяется сварка с горизонтальным размещением луча. Высокая концентрация тепла обеспечивает большую глубину проплавления свариваемых кромок и минимальные размеры шва и зоны термического влияния. Высокая производительность, но из-за сложности установки имеет ограниченное применение.

4. сварка токами радиочастоты: применяется в изготовлении прямошовных труб из титана. Основным преимуществом радиочастотной сварки является высокая скорость сварки.

Часто вид сварки выбирается из технологических и экономических соображений. Одной из самых перспективных сварок титана и его сплавов является электроннолучевая. Главное его преимущество – это надёжная защита процесса сварки от каких-либо газов. Эта сварка стационарная и её главный минус – то, что можно сваривать только там, где находится данная установка. Самый используемый на данный момент вид сварки, электродуговая сварка в среде инертного газа. Она экономически дешева, мобильна и практична.

Если сравнивать сварку титана и его сплавов с аналогичными процессами над другими металлами, то главное отличие касается организационного процесса. От исполнителя требуется надлежащим образом подготовить металл, а также позаботиться о приспособлениях, которые защитят титан. Сварка при соблюдении правил термической обработки и выборе оптимального режима для функции электрода с большей вероятностью обеспечит достойный результат по прочности и качеству сварного шва.

Литература

1. Третьяков, В. Ф. Сварка плавлением титана и его сплавов / В. Ф. Третьяков. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 11-36.
2. Сварные соединения титановых сплавов / В. Н. Моисеев, Ф. Р. Куликов и др. – М.: Металлургия, 1979. – С. 103-173.
3. Назаренко, О. К. Электронно-лучевая сварка / О. К. Назаренко, Е. И. Истомин, В. Е. Локшин. – М.: Машиностроение, 1985. – 127 с.

УДК 697.3

Алимкулова С. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СРАВНЕНИЕ ЗАВИСИМОЙ И НЕЗАВИСИМОЙ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА К ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

***Аннотация.** В данной работе проведено сравнение зависимой и независимой схем подключения теплового пункта к тепловой сети.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, индивидуальный тепловой пункт, зависимая схема подключения, независимая схема подключения.*

В настоящее время из-за неэффективного теплоснабжения происходит значительный переизбыток как энергетического, так и материального расхода ресурсов. В связи с постоянным увеличением цен на энергетические носители, эффективное использование ресурсов является одним из самых актуальных и приоритетных решений в вопросах энергоэффективности и энергосбережения. В последние годы появилось достаточно много способов решения данной проблемы. Однако большинство из них имеет меньшую эффективность в сравнении с установкой индивидуального теплового пункта (ИТП) [1].

Энергосбережение достигается, в частности, за счет регулирования температуры теплоносителя с учетом поправки на изменение температуры наружного воздуха. Для этих целей в каждом тепловом пункте применяют комплекс оборудования для обеспечения необходимой циркуляции в системе отопления (циркуляционные насосы) и регулирования температуры теплоносителя (регулирующие клапаны с электрическими приводами, контроллеры с датчиками температуры).

Рассмотрим использование ИТП в зависимых и независимых схемах подключения системы отопления к централизованной тепловой сети.

В ИТП с зависимым присоединением системы отопления к внешним тепловым сетям циркуляция теплоносителя в отопительном контуре поддерживается циркуляционным насосом. Управление насосом осуществ-

ляется в автоматическом режиме от контроллера или от соответствующего блока управления. Автоматическое поддержание необходимого температурного графика в отопительном контуре также осуществляется электронным регулятором. Контролер воздействует на регулирующий клапан, расположенный на подающем трубопроводе на стороне внешней тепловой сети. Между подающим и обратным трубопроводами установлена смесительная перекачка с обратным клапаном, за счет которой осуществляется подмес в подающий трубопровод из обратной линии теплоносителя с более низкими температурными параметрами.

В независимой системе для присоединения к внешнему источнику тепла используется теплообменник. Циркуляция теплоносителя в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом. Управление насосом производится в автоматическом режиме контролером или соответствующим блоком управления. Автоматическое поддержание необходимого температурного графика в нагреваемом контуре также осуществляется электронным регулятором. Контроллер воздействует на регулируемый клапан, расположенный на подающем трубопроводе на стороне внешней тепловой сети («острой воде»).

Достоинством данной схемы является то, что отопительный контур независим от гидравлических режимов централизованной тепловой сети. Также система отопления не страдает от несоответствия качества входящего теплоносителя, поступающего из центральной тепловой сети (наличия продуктов коррозии, грязи, песка и т. д.), а также перепадов давления в ней [2].

Зависимая схема как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам является привлекательнее. Кроме того, современные автоматизированные схемы с зависимым подключением могут обеспечивать необходимое качество регулирования тепловых нагрузок потребителя. Однако в некоторых случаях их применение оказывается ограниченным гидравлическими режимами тепловой сети [3].

Литература

1. Рыбинкин, В. Н. Проблемы в энергосбережении / В. Н. Рыбинкин // Градостроительство. – 2012. – №3. – С. 81-86.
2. <https://aw-therm.com.ua>.
3. Гончаров, Г. А. Сравнение зависимой и независимой схемы подключения теплового пункта к тепловой сети / Г. А. Гончаров // Тезисы докладов XXIV Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, 2018. – С. 679.

Анисимов П. Н.

Научный руководитель: Онучин Е. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

УСТРОЙСТВО ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ С АВТОНОМНЫМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕМ

***Аннотация.** Представлено обладающее новизной устройство многооперационной машины для производства топливной щепы из низкокачественной древесины и древесных отходов. Машина выполняет операции захвата, срезания и подачи древесного сырья, измельчения его в щепу и перемещения измельченной щепы от места производства до места складирования или загрузки в автощеповоз. Установка имеет автономное энергообеспечение от части производимой щепы, что способствует повышению энергетической и экономической эффективности переработки низкокачественной древесины в щепу.*

***Ключевые слова:** топливная щепа, низкокачественная древесина, автономная рубительная машина.*

Устройство относится к многооперационным машинам и может быть использовано: в лесной промышленности для производства технологической и топливной щепы, в лесном хозяйстве для измельчения пораженной древесины при проведении санитарных мероприятий в лесных насаждениях, а также в энергетике в составе оборудования топливных складов для производства топливной щепы из древесного сырья топливно-назначения, отходов лесопиления и деревообработки.

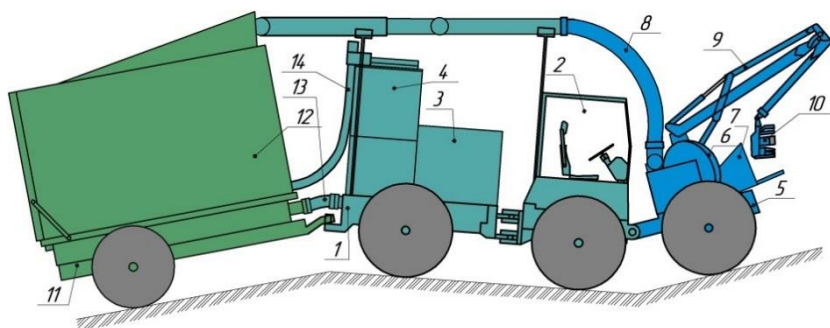
Из существующего уровня техники известны мобильные рубительные машины для измельчения древесины в щепу [1], содержащие колёсное шасси (специальное или автомобильное) с установленными на нём кабиной оператора, гидроманипулятором с рабочим органом, бензиновым или дизельным двигателем внутреннего сгорания, гидростанцией, барабанной или дисковой рубительной установкой, кузовом с подъемно-опрокидывающим механизмом и пневмопроводом или транспортером для подачи щепы в контейнер.

Недостатками данного технического решения являются: использование в качестве источника механической энергии бензинового или дизельного двигателя, что требует постоянного снабжения машины большим количеством топлива и делает невозможным самозергообеспечение установки от части перерабатываемого сырья.

Наиболее близким техническим решением является мобильная технологическая линия по производству топливной щепы [2, 3], включающая гусеничное шасси, на котором установлены: силовая установка; газогенераторная установка; кабина оператора и манипулятор с рабочим органом, расположенные на поворотной платформе; оборудованная сушилкой для щепы рубительная машина; конвейер для отгрузки щепы.

Данное техническое решение обеспечивает автономную работу установки на древесном топливе, однако имеет ряд недостатков: гусеничный движитель несколько ограничивает область применения установки; размещение всего оборудования на единой платформе делает установку менее манёвренной и затрудняет или даже делает невозможным использование машины при выборочных рубках.

Для устранения перечисленных недостатков прототипа предлагается измельчающе-транспортная машина (ИТМ) для производства топливной щепы с автономным энергообеспечением (рисунок). Предлагаемая ИТМ состоит из трёх модулей на колёсных шасси: базовой машины – 1, прицепа – 11 и рубильного модуля – 5.



Структурно-компоновочная схема ИТМ:

1 – базовая машина; 2 – кабина оператора; 3 – двигатель Стирлинга; 4 – газогенератор; 5 – рубильный модуль; 6 – рубильный агрегат; 7 – приемное окно рубильного агрегата; 8 – шнековод; 9 – манипулятор; 10 – рабочий орган гидроманипулятора; 11 – прицеп; 12 – накопительный контейнер-сушилка; 13 – воздуховод; 14 – гибкий шнековый транспортер

На шасси базовой машины 1 размещены кабина оператора 2, двигатель Стирлинга 3, газогенератор 4, воздуховод 13, по которому удаляется смесь горячих газов после двигателя и гибкий шнековый транспортер 14, подающий щепу в газогенератор. На шасси прицепа 11 установлен накопительный контейнер-сушилка 12 для производимой щепы. Рубильный

модуль 5 включает: дисковый или барабанный рубительный агрегат 6, приемное окно 7 для направления древесного сырья в рубительный агрегат, щепопровод 8 с поворотным механизмом для направления измельченной щепы, манипулятор 9 с рабочим органом 10. На шасси прицепа 11 установлен накопительный контейнер-сушилка щепы 12, соединённый с двигателем воздуховодом, а с газогенератором – гибким шнековым транспортером.

ИТМ работает следующим образом: базовая машина 1 в агрегате с прицепом 11 и рубительным модулем 5 подъезжает к дереву, срезает его, валит (манипулятор с захватно-срезающим устройством); или подъезжает к уже сформированной пачке деревьев и захватывает одно дерево (манипулятор с рейферным захватом). Манипулятором 9 обрабатываемое дерево подаётся в приемное окно рубительного агрегата 7 для измельчения в щепу. Далее щепа по щепопроводу 8 направляется в контейнер-сушилку 12, либо в контейнер автощеповоза, либо в кучу, либо разбрасывается по лесосеке. Воздух после охладителя двигателя 3 в смеси с дымовыми газами подается по воздуховоду 13 в контейнер-сушилку в качестве сушильного агента. Периодически щепа подается из контейнера 12 в газогенератор 4 для его дозагрузки с помощью гибкого шнекового транспортера 14. При заполнении контейнера-сушилки 12 рубительный модуль 11 отцепляется от базовой машины 1, и машина транспортирует щепу к погрузочному пункту, где она перегружается в контейнер автощеповоза. В газогенераторе 4 осуществляется термическое разложение щепы с образованием горючего газа, который сжигается в двигателе. Тепловая энергия, содержащаяся в дымовых газах и в охлаждающем двигателе внешнего сгорания 3 воздухе, подается по воздуховоду 13 в контейнер-сушилку 12 для щепы.

Литература

1. Карпачев, С. П. Производство топливной щепы в лесу с помощью лесного комбайна с харвестерной головкой [Текст] / С. П. Карпачев, Е. Н. Щербаков, И. А. Грачев // Лесопромышленник. – 2009. – № 3-4.
2. Пат. 2532053 Российская Федерация, МПК A01G23/00 (2006.01); B27L11/00 (2006.01). Мобильная технологическая линия по производству топливной щепы / П. Н. Анисимов, Е. М. Онучин, А. А. Медяков № 2013120459/13; Приоритет от 30.04.2013; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 5 с.
3. Пат. 136285 Российская Федерация, МПК A01G23/00 (2006.01). Лесная машина для производства топливной щепы / П. Н. Анисимов, Е. М. Онучин, А. А. Медяков. № 2013120460/13; Приоритет от 30.04.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 5 с.

Базукова Э. Р., Политова Т. О.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные недостатки ППУ изоляции паропроводов. Приведены результаты расчета удельных тепловых потерь паропроводов с ППУ-изоляцией с учетом изменения коэффициента теплопроводности изоляции вследствие температурной деструкции.*

***Ключевые слова:** трубопроводы, тепловые потери, старение изоляции, пенополиуретановая изоляция.*

Уменьшение тепловых потерь при транспортировке теплоносителя представляет собой один из ключевых аспектов повышения эффективности системы транспортирования тепловой энергии. Тепловые потери в сетях достигают до 30% от генерации, в целом по РФ составляют около 300 млн. Гкал/год, при нормативных 150 млн. Гкал/год. Во многом высокий уровень транспортных потерь тепловой энергии обуславливается длительной эксплуатацией трубопроводов в нештатных режимах [1].

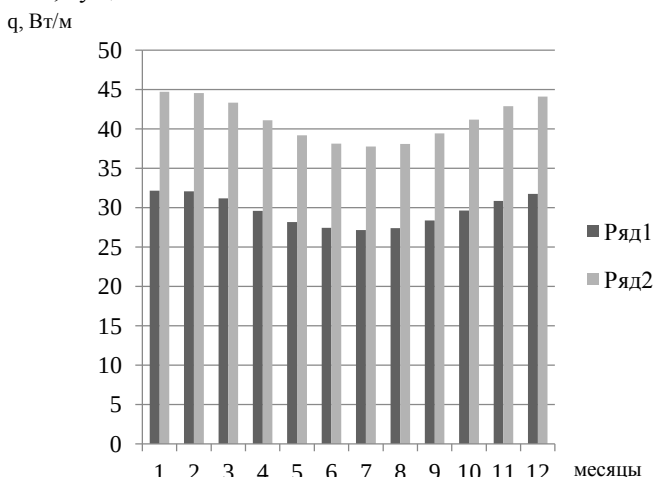
Долговечность тепловой изоляции зависит от температуры изолируемой поверхности. Так, использование высокотемпературных теплоносителей (пар) может привести к температурной деструкции тепловой изоляции. Например, в процессе эксплуатации паропроводов температура на внутренней поверхности ППУ теплоизоляции может превысить 120°C, что приводит к изменению его свойств. Известно, что применяемые теплоизоляционные материалы могут привести к увеличению коэффициента теплопроводности на 20-30% уже в первые 5 лет эксплуатации [2, 3].

Высокоэнергоёмкие отрасли промышленности, где в больших объемах используются высокотемпературные теплоносители, имеют высокий потенциал энергосбережения, который не реализуется в полной мере.

Для изоляции паропроводов, как правило, применяется двухслойная изоляция (базальт + пенополиуретан). Однако недостатком ППУ-изоляции является низкая термостойкость при высоких температурах, с последующей потерей теплозащитных свойств вследствие температурной деструкции. Различие в тепловых потерях ППУ-изоляции при учете тепловой деструкции и без ее учета существенно [4]. На практике часто

встречаются и другие деструктивные факторы, связанные с физической деградацией и нарушением целостности изоляционного слоя, например, изменение толщины, провисание, частичное отсутствие и увлажнение изоляции.

По методике, приведенной в СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (актуализированная редакция СП 61.13330.2012), был произведен расчет удельных тепловых потерь паропроводов надземной прокладки d-76 мм и d-159 мм, по которым транспортировался пар с температурой 194 °С. Результаты расчета представлены на диаграмме (рисунок). Таким образом, можно констатировать тот факт, что различие в тепловых потерях при учете тепловой деструкции и без ее учета, существенно.



Результаты расчета удельных тепловых потерь паропровода d-76 мм.

Ряд 1 – удельные тепловые потери без учета температурной деструкции ППУ-изоляции. Ряд 2 – удельные тепловые потери при увеличении коэффициента теплопроводности вследствие температурной деструкции на 20%

В случае тепловой деструкции теплоизоляции потери при транспортировке пара увеличиваются на 39%. Это обстоятельство приобретает особую актуальность в связи с увеличением цен на энергоносители.

Таким образом, возникает потребность в инструментах контроля тепловых потерь, возникающих при транспортировке теплоносителя через теплоизоляционные конструкции трубопроводов с учетом условий их эксплуатации.

Литература

1. Зиганшин, Ш. Г. Оценка результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Т. О. Политова, Р. Р. Саяхова // «Научному прогрессу – творчество молодых»: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 243-245.
2. Дементьев, А. Г. Оценка срока службы пенополиуретанов для теплоизоляции / А. Г. Дементьев // Пенополиуретан. – 2000. – №2. – С. 38-41.
3. Дементьев, А. Г. Структура и свойства газонаполненных полимеров: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.06. – М., 1997. – 409 с.
4. Базукова, Э. Р. Тепловые потери при ухудшении свойств изоляции в процессе эксплуатации / Э. Р. Базукова, Ю. В. Ваньков // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3. ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3249.

УДК 628.165

Васильев Р. В.

Научный руководитель: Андреев В. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПОЛУЧЕНИЕ ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОДПИТКИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. *Представлены результаты анализа технологий обессоливания воды для подпитки паровых котлов.*

Ключевые слова: *обессоливание, паровой котёл, водоподготовка, испарительная установка.*

В настоящее время, когда неуклонно растёт общий объём потребляемой человечеством энергии [1, 2], особенно актуальными становятся ресурсо- и энергосберегающие технологии. В данной работе исследованы технологии обессоливания воды для подпитки паровых котлов.

Главная цель подготовки воды состоит в её очистке от грубодисперсных и коллоидных примесей, а также от солеобразующих элементов (железа, сероводорода, марганца, магния, кальция и т. д.). Кроме того, водоподготовкой решаются следующие задачи: предотвращение накипи в трубах и котлах; умягчение воды; нормализация pH воды, пара, конденсата; удаление коррозионно-активных газов.

Применяемые в настоящее время технологии обработки воды делятся на безреагентные и методы, использующие химические реагенты. Первые могут применяться также в качестве отдельных этапов подготовки воды, обеспечивая её получение с требуемым уровнем качества. Получение умягченной и глубоко обессоленной воды достигается химической обработкой.

Примеси попадают в воду из атмосферы, грунта, т. е. из окружающей среды. В атмосферной воде содержатся поглощаемые из воздуха кислород, азот, углекислый газ, а также (в крупных населённых пунктах) сернистую и серную кислоту, сероводород, частицы пыли и сажи. В поверхностных, грунтовых и морских водах содержатся в больших количествах различные минералы: бикарбонаты кальция, магния, железа, углекислые соли.

В качестве важнейших показателей качества воды, применяемой в теплоэнергетике и теплотехнике, следует выделить: концентрация грубодисперсных примесей; ионный состав; концентрация коррозионно-активных газов; концентрация ионов водорода; технологические показатели (сухой и прокаленный остаток, окисляемость, жесткость, щелочность, кремнесодержание, удельная электропроводимость и т. д.).

Очистка воды осуществляется ввиду различной степени дисперсности примесей в несколько этапов: сначала удаляют с помощью технологий коагуляции коллоидных примесей и известкования грубодисперсные и коллоидные вещества, а затем – ионодисперсные вещества и растворённые газы. Коагуляция и известкование обычно совмещаются в едином аппарате – осветлителе.

Для удаления из воды ионизированных примесей в современных технологиях подготовки воды в основном используются процессы катионирования и анионирования.

Мембранный метод, обратный осмос, ультрафильтрация и электродиализ представляют собой наиболее распространённые безреагентные технологии подготовки воды.

В данном исследовании проанализированы современные технологии обессоливания воды для подпитки паровых котлов с применением испарительной установки, а также произведена оценка современного состояния оборудования для термического обессоливания воды для нужд теплоэнергетики и теплотехники. Обобщены перспективы развития и совершенствования соответствующих технологий и оборудования.

Литература

1. Карпова, О. В. Попытка построения математической модели социально-экономической системы: исследование на примере Чувашской Республики / О. В. Карпова, В. В. Андреев // Вестник Чувашского университета. Гуманитарные науки. – 2008. – №1. – С. 385-390.
2. Карпова, О. В. Исследование социально-экономической динамики России на основе модели типа «хищник-жертва» / О. В. Карпова, В. В. Андреев // Математика. Компьютер. Образование: сб. трудов XV международной конференции. Том 1; Под общей редакцией Г. Ю. Ризниченко. – Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – С. 231-236.

УДК 697.3:620.92

Гайнуллин А. Р.

Научный руководитель: Загретдинов А. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

***Аннотация.** В работе рассмотрены особенности использования низкопотенциальной энергии с применением теплового насоса и комбинированных установок для теплоснабжения многоэтажных жилых зданий.*

***Ключевые слова:** тепловой насос, низкопотенциальная энергия, низкотенциальное тепло, возобновляемые источники энергии, вторичные энергетические ресурсы.*

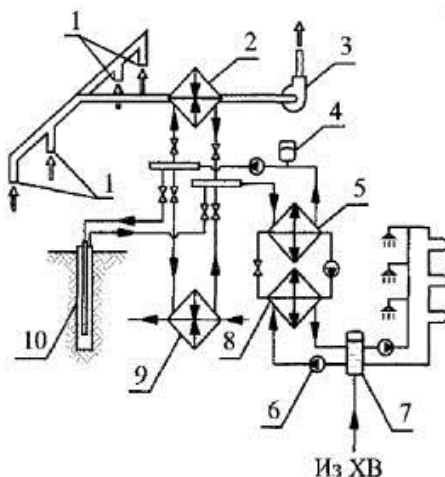
В настоящее время во многих странах и Российской Федерации актуален вопрос использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Производство электроэнергии и тепловой энергии с применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии позволяет сократить негативное воздействие на окружающую среду.

Температура грунта, расположенного ниже глубины проникновения тепла солнечной радиации, формируется только под действием тепловой энергии недр Земли и практически не зависит от изменений параметров наружного климата. Также возможно использование комбинации различных установок, позволяющих получать тепловую энергию из вторичных энергетических ресурсов.

Система комбинированного использования низкопотенциального тепла вытяжного воздуха, условно – чистых стоков и грунта –предназначена для замещения нагрузки горячего водоснабжения всего жилого дома с температурой горячей воды 55°С и рассчитана на средний расход (в соответствии со СНиП 2.04.01-85*) за счет установки баков-аккумуляторов горячей воды.

Основным источником низкопотенциального тепла является вытяжной воздух, охлаждаемый в воздушно-жидкостном теплоутилизаторе до 10-12°С.

Дополнительными источниками низкопотенциального тепла служат система утилизации сбросного тепла условно-чистых сточных вод и система сбора тепла грунта.



Система, использующая комбинацию теплоты вытяжного воздуха, условно-чистых стоков и грунта:

- 1 – вытяжные шахты; 2 – теплоутилизатор; 3 – вентилятор; 4 – расширительный бак; 5 – испаритель; 6 – компрессор; 7 – бак аккумулятор; 8 – конденсатор; 9 – теплообменник на сточных водах; 10 – система сбора тепла

Сточные воды, как и внешний воздух, являются низкотемпературным источником тепла, который удобен для использования тепловым насосом. Сточные воды при температуре 20°С летом и редко менее 8°С зимой имеются, как правило, во всех жилых зданиях. В очищенном или необработанном виде они могут быть использованы, как и источник тепла. [1].

В 1998-2002 годах был спроектирован «Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2» в городе Москва

Минобороной РФ совместно с Правительством Москвы, Минпромнауки РФ, НП «АВОК» и ОАО «ИНСОЛАР ИНВЕСТ» в рамках «Долгосрочной программы энергосбережения в г. Москве», утвержденный совместным постановлением Правительства Москвы и Миннауки РФ № 36-ПП-6 от 15 января 1998 года.

Целью проекта являлось создание, натурная апробация и последующее внедрение в жилищное строительство города новейших технологий и оборудования, обеспечивающих, как минимум, двухкратное снижение энергозатрат.

Полученные и обработанные экспериментальные данные в квартирах-представителях в основном находились в допустимых пределах, температура горячей воды превышала 60°C в 50% наблюдений. [2].

Таким образом, использование возобновляемых и вторичных источников энергии дает возможность частично или полностью отказаться от использования традиционных методов систем теплоснабжения.

Литература

1. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/RukovodstvoRukovodstvopop6.html>.
2. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1596&version=print свободный.

УДК 621.002

Гапоненко С. О., Ибадов А. А., Кондратьев А. Е.
Казанский государственный энергетический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Аннотация. Для расчетов выбрана программа конечноэлементного анализа ANSYS, получившая высокую степень верификации. Определен метод теоретических исследований, основанный на гармоническом анализе. Определены информативные частотные диапазоны для контроля местоположения заглубленных трубопроводов.

Ключевые слова: трубопровод, гармонический анализ, вынужденные гармонические колебания, метод суперпозиций мод, ANSYS.

Для решения поставленной задачи выбран метод суперпозиции мод (MCM), который использует собственные частоты и формы колебаний для анализа установившихся вынужденных гармонических колебаний.

В программном комплексе ANSYS были построены модели трубопроводов различных геометрических размеров: 2000x40x6 (длина 2000 мм, диаметр 40 мм, толщина стенки трубы 6 мм); 5000x40x6; 8000x40x6; 2000x75x2; 5000x75x2; 8000x75x2; 2000x110x2,2; 5000x110x2,2; 8000x110x2,2; 2000x125x3,1; 5000x125x3,1; 8000x125x3,1; 2000x180x4,4; 5000x180x4,4; 8000x180x4,4; 2000x250x6,2; 5000x250x6,2; 8000x250x6,2; 2000x355x8,7; 5000x355x8,7; 8000x355x8,7; 2000x630x15,4; 5000x630x15,4; 8000x630x15,4; 2000x1000x24,5; 5000x1000x24,5; 8000x1000x24,5 (ГОСТ 18599-2001, ГОСТ Р 52134-2003, ГОСТ 10705-91).

Расчеты проведены для всех указанных типоразмеров трубопроводов трех различных материалов: полипропилен, полиэтилен, сталь.

Различная глубина залегания трубопровода и характер грунта моделировались изменением давления на его внешнюю оболочку.

В программной среде ANSYS были построены модели трубопроводов (исследуемые объекты), а также рассчитаны характерные частоты поиска трубопровода в грунте (рис. 1) на основе гармонического анализа.

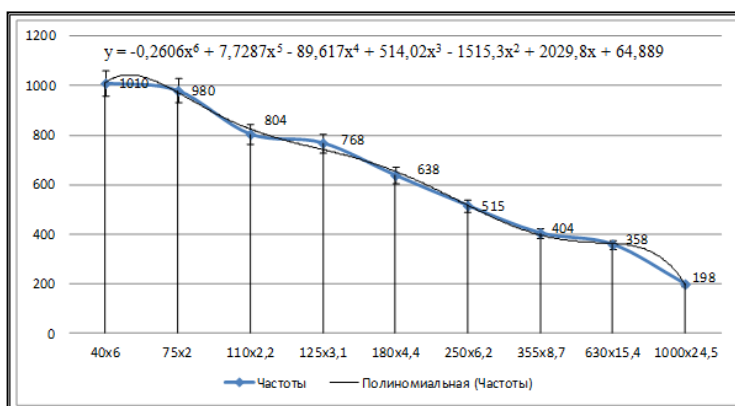


Рис. 1. Частоты поиска трубопровода в грунте

Методика апробирована на натуральных объектах. Эксперименты произведены на трубопроводах разных диаметрах, длинах и материалах

(40x6x1000, материал полипропилен; 75x2x1000, материал полиэтилен; 110x2,2x1500, материал полипропилен; 125x3,1x1300, материал полиэтилен), а также с различным типом грунта (глина, суглинок, песок).

Экспериментальная установка на примере трубопровода 110x2,2x1500 (материал полипропилен) представлена на рис. 2.



Рис. 2. Экспериментальная установка

На рис. 3 представлены результаты для контрольной точки №1 (0,1 м от начала исследуемого объекта) с частотой 864 Гц и амплитудой 0,279 В.

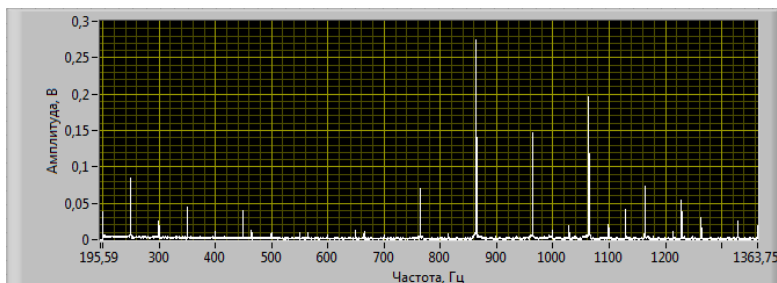


Рис. 3. Спектр колебаний контрольной точки №1

На основе проведенных исследований, разработана математическая модель объекта контроля для заглубленных полипропиленовых, полиэтиленовых и стальных трубопроводов на различной глубине залегания с диаметром от 40 до 1000 мм с применением метода конечноэлементного моделирования для определения информативных частотных диапазонов.

Литература

1. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ. – 2014. – №7-8. – С. 123-129.
2. Гапоненко, С. О. Варианты регистрации и анализа полезного виброакустического сигнала в программном продукте LabVIEW / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, СКФУ. – 2014. – №5(44). – С. 8-15.
3. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, СКФУ. – 2015. – №2(47). – С. 8-15.
4. Гапоненко, С. О. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань: КГЭУ. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.
5. Gaponenko, S. O., Kondratiev A. E., Zagretidinov A. R. “Low-frequency vibro-acoustic method of determination of the location of the hidden canals and pipelines”, Procedia Engineering, vol. 150, pp. 2321-2326, 2016.

УДК 621.577

Гатауллина И. М.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Аннотация. В данной статье рассмотрены принципы действия теплового насоса, их преимущества, достоинства построения систем с помощью теплового насоса.

Ключевые слова: тепловой насос, теплоноситель, тепло, энергия, хладагент, температура.

Тепловой насос (ТН) – это установка, которая переносит теплоэнергию от более низкотемпературного источника к более высокотемпературному, способствующее с помощью расходов электроэнергии применять

низкотемпературную тепловую энергию грунта, воздуха, воды, хозяйственно-бытовых стоков, шахтных вод, промышленных сбросов и многого другого для обретения теплоносителя, подходящего для тепло- и хладоснабжения помещений, зданий и сооружений. Причём, расходуя 1 кВт·ч электрической энергии на работу насоса можно получить примерно 2,5-3,5 кВт·ч теплоэнергии. [1].

В настоящее время основным методом обогревать жилплощадь является применение котлов отопления – газовых, твердотопливных, дизельных и намного реже – электрических. При этом такие несложные и одновременно высокотехнологичные системы, как ТН, не получили всеобщего распространения. Тепловые насосы, используемые для отопления, не сжигают топливо, что имеет значимость для защиты окружающей среды, а также это экономия на энергоносителях, поскольку на них повышается цена с каждым годом. Вдобавок, благодаря ТН можно как отапливать помещение, так и подогревать горячую воду при необходимости в хозяйстве, и кондиционировать здание в летний период. [2].

Принцип действия ТН.

1. Теплоноситель движется по источнику тепла от низкой температуры, например, по грунту и нагревается на несколько градусов.

2. После теплоноситель попадает в теплообменник, который называется испарителем. В испарителе тепло, которое накопилось в теплоносителе, передаётся хладагенту. Хладагент – это специальная жидкость, она при низких температурах переходит в состояние пара. Получив с теплоносителя на себя температуру, нагретый хладагент превращается в пар, и затем попадает в компрессор. В компрессоре идёт процесс сжатия хладагента, т. е. давление хладагента повышается, вследствие этого увеличивается и его температура.

3. Горячий сжатый хладагент подаётся в другой теплообменник, который называется конденсатором. Здесь другой теплоноситель, предусмотренный в системе отопления дома (вода, антифриз, воздух), получает тепло хладагента. В это время хладагент остывает и вновь переходит в жидкое состояние.

4. Затем хладагент поступает в испаритель, где нагревается от новой порции нагретого теплоносителя, и цикл повторяется. [1].

Преимущества систем отопления с тепловым насосом:

1. экономия на энергоносителе особо актуальна из-за растущих цен на газ и другие виды топлива. В графе «ежемесячные расходы» будет числиться только электроэнергия, которой необходимо намного меньше, чем реально производится тепла. Во время подбора агрегата обязательно

надо нацелить внимание на такой параметр, как коэффициент трансформации тепла «ф» (может называться ещё коэффициент преобразования тепла, коэффициент трансформации мощности или температур). Этот коэффициент представляет отношение количества тепла на выходе к затрачиваемой энергии.

2. экономия на техническое обслуживание. ТН не требует к себе особого отношения. Издержки, которые затрачиваются на его обслуживание, минимальны.

3. возможность установки в любой окрестности. Источниками низкотемпературного тепла для работы ТН могут служить грунт, вода или воздух.

4. отсутствует необходимость слежения за работой насоса и контроля наличия топлива, как в случае с твердотопливным или дизельным котлом. Вся система отопления с ТН автоматизирована.

5. при длительном отсутствии можно не опасаться, что система замерзнет. К тому же возможно дополнительно сэкономить, установив насос на обеспечение в жилом помещении температуру $+10^{\circ}\text{C}$.

6. безвредность для окружающей среды. Если сопоставить с традиционными котлами, которые сжигают топливо, то при их работе, постоянно возникают разные окислы CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , PbO_2 , вследствие чего возле дома на почве оседают фосфорная, азотистая, серная кислоты и бензойные соединения. При работе ТН не выбрасывается ничего, а хладагенты, которые применяются в системе, абсолютно безвредны.

7. безопасность для человека и имущества. В ТН ничего не нагревается до такой температуры, который может вызвать перегрев или взрыв. Тем более в нём нет ничего, что может взрываться. Поэтому ТН можно отнести к полностью пожаробезопасным агрегатам.

8. тепловые насосы благополучно работают даже при температуре окружающей среды -15°C , поэтому мнение, что система работоспособна исключительно в тех местах, где тёплые зимы до $+5^{\circ}\text{C}$ является ошибочным;

9. реверсивность ТН. Неопровержимым достоинством является универсальность установки, благодаря которой можно как отапливать зимой, так и охлаждать летом. В дни, когда жара, ТН забирается тепло из здания и направляется в грунт на хранение, а зимой оттуда вновь берётся.

10. долговечность. При хорошем присмотре ТН системы отопления живут от 25 до 50 лет без капитального ремонта, и лишь раз в 15 – 20 лет потребуются замена компрессора. [3].

Литература

1. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, // XI Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». – Йошкар-Ола: Редакционно-издательский центр Поволжского государственного технологического университета, 2017. – С. 256-258.
2. Гашо, Е. Г. Кольцевые системы с теплонасосной установкой / Е. Г. Гашо // Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. – М.: «Перо», 2016. – С. 78-85.
3. Система отопления с тепловым насосом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://strport.ru/klimat/sistema-otopleniya-s-teplovym-nasosom> (дата обращения: 18.03.2018).

УДК 621.352.6

Гумеров И. Р.

Научный руководитель: Ахметов Э. А., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ - АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА «ЧИСТОЙ» ЭНЕРГИИ

Аннотация. *Отмечены недостатки и отрицательные моменты для расширения областей применения и проблемы, затрудняющие повсеместное применение энергетических установок на базе топливных элементов для выработки энергии.*

Ключевые слова: *топливные элементы, рыночная позиция, разработка политики, устойчивая энергетика, технологический уровень.*

Топливные элементы представляют собой высокоэффективные и экологически чистые альтернативные технологии для децентрализованного производства энергии. Объем настоящего исследования состоит в том, чтобы предоставить обзор уровня готовности к технологическому прорыву и коммерциализации топливных элементов. В частности, есть краткое описание их общих преимуществ и недостатков в связи с различными технологическими действиями и политическими стратегиями, которые принимаются к их надлежащему позиционированию на мировом рынке. Обсуждаются некоторые из наиболее важных ключевых показателей эффективности, а также несколько примеров широкой коммерциализации.

Сделан вывод о том, что все большее число компаний используют и инвестируют в эту технологию в сочетании с улучшением цепочки поставок и сопутствующей технологической зрелости и признания.

Основным преимуществом топливных элементов является их высокая термодинамическая эффективность, которая может принимать реалистичные значения в диапазоне 40-60%. Между тем происходит сопутствующее производство тепла с электрической энергией; которое доступно при немного более низкой температуре, той, которая работает в ячейке. Это означает, что топливные элементы могут быть использованы для когенерации электричества и тепла, охватывая, таким образом, потребность в тепловой и электрической энергии для отечественных и других крупномасштабных промышленных применений, что очень интересно в условиях неуклонно возрастающей тенденции к децентрализованному производству электроэнергии.

Существует не одна технология топливных элементов, которая выделяется как явный лидер в плане зрелости технологии или технического превосходства. В целом, основное внимание уделяется разработке более гибких систем, которые могут работать на более широком диапазоне видов топлива при увеличении эффективности.

Таким образом представленная работа освещает перспективы применения данной технологии, а также сложности и проблемы, связанные с ее реализацией, то есть актуальность данной технологии в настоящее время.

Литература

1. Топливные элементы. Вполне реальная альтернатива существующим ТЭС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/802>.
2. Кузык, Б. Н. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике / Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец. – М.: Институт экономических стратегий, 2007. – 400 с.
3. Топливные элементы в системе резервного электроснабжения базовых станций / М. Салин, Е. Вишневский, В. Гуминский и др. // ИКС. – 2010. – №9.
4. Агентство Промышленной Информации. «Исследование рынка топливных элементов и перспективы его развития в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.apelsintez.ru/research/mi1293>.
5. Lund PD. Importance of integrated strategies and innovations for commercial breakthrough of fuel cells // International Journal of Hydrogen Energy. – 2010. – №35. – 2602-2605.

Гурьянов М. В.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. тех. наук, доцент

Казанский государственный энергетический университет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ

***Аннотация.** Материалы статьи посвящены рассмотрению особенностей формирования месторождений сланцевой нефти.*

***Ключевые слова:** сланцевая нефть, добыча нефти, кероген, органическое вещество.*

Сланцы представляют собой большой и в основном неиспользованный углеводородный ресурс. Как нефтеносные пески (нефтяной песок в Канаде) и уголь, сланцы считаются нетрадиционными источниками, потому что нефть не может быть получена непосредственно затоплением скважины и последующим ее выкачиванием. Нефть должна производиться посредством термической обработки сланцев. Органический материал, содержащийся в сланце, называется керогеном. Сланцы широко распространены по всему миру с известными месторождениями на каждом континенте. Запасы сланцевой нефти варьируются от небольших, не имеющих никакой экономической ценности, до огромных, которые занимают тысячи квадратных километров и содержат миллиарды баррелей потенциально извлекаемой сланцевой нефти. Однако добыча сырой нефти дешевле из-за дополнительных затрат на извлечение нефти из сланцев. И именно по причине более высоких затрат на добычу в настоящее время эксплуатируются лишь несколько месторождений сланца: в Китае, Бразилии и Эстонии. Тем не менее, при продолжающемся сокращении поставок нефти, сопровождающимся увеличением затрат на нефтепродукты, сланцы предоставляют возможность удовлетворения некоторых потребностей в нефти в обозримом будущем. [1].

Устойчивость к разрушению всех сланцев зависит от органического состава каждого пласта, и разрывы предпочтительно инициируют вдоль более тонкого горизонтального пласта осадочного слоя. Запасы сланцевой нефти встречаются в самых разных средах: от пресных прудов и озер до соленых морских бассейнов, связанных с угольно образующим торфом в средах осадочного и прибрежного болота.

Это приводит к разным типам сланца, и поэтому неудивительно, что сланцы имеют широкий спектр органических и минеральных составов. Большинство сланцев содержат органические вещества, полученные из различных типов морских и озерных водорослей, с некоторыми частями от наземных растений, в зависимости от окружающей среды и источников осадков. [2].

Органическое вещество в горючих сланцах представляет собой сложную смесь и происходит из углеродсодержащих остатков водорослей, спор, пыльцы, кутикулы растений, кусковых фрагментов травянистых и древесных растений, растительных смол, растительных восков и других клеточных остатков озерных, морских и наземных растений. Эти материалы состоят главным образом из углерода, водорода, кислорода, азота и серы. Как правило, органическое вещество не структурировано и лучше всего описывается как аморфное (битуминит), происхождение которого не было окончательно идентифицировано, но, как предполагается, представляет собой смесь деградированных водорослевых или бактериальных останков. Другие углеродсодержащие материалы, такие как фосфатные и карбонатные минералы, также присутствуют, хотя и имеют органическое происхождение. Они исключены из определения органического вещества в горючих сланцах и считаются частью минеральной составляющей сланца. [3].

Кроме того, сланцы не подвергаются процессу созревания, который имеет место у нефти и угля, но производят материал, известный как кероген. Однако имеются признаки того, что кероген может быть побочным продуктом процесса созревания. Остаток керогена, который остается в горючих сланцах, образуется во время созревания и затем выбрасывается из органического состава из-за его нерастворимости и относительной неактивности в условиях созревания. Кроме того, тот факт, что кероген в условиях высокотемпературного пиролиза, наложенных на него в лаборатории, образует углеводородные дистилляты (хотя и с относительно высоким содержанием азота), не гарантирует, что кероген сланца является предшественником нефти.

Литература

1. Тетельмин, В. В. Сланцевые углеводороды. Технологии добычи. Экологические угрозы: учебное пособие / В. В. Тетельмин, В. А. Язев, А. А. Соловьянов. – Долгопрудный: ИД Интеллект, 2016. – 296 с.
2. Мстиславская, Л. П. Геология поиска и разведка нефти и газа: учебное пособие / Л. П. Мстиславская, В. П. Филиппов. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2015. – 200 с.
3. Аксельрод, С. М. Добыча сланцевой нефти: состояние и перспективы / С. М. Аксельрод // Каротажник. – 2013. – №8(230). – С. 94-129.

Денисенко А. Е.

Научный руководитель: Андреев В. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Аннотация. Представлены результаты анализа динамики изменения потребления различных видов и источников энергии в современном мире.

Ключевые слова: энергопотребление, газ, нефть, уголь, солнечная энергетика, гидроэнергетика, ветроэнергетика, ядерная энергетика.

Уровень потребляемой энергии является важнейшим показателем, характеризующим современную цивилизацию [1, 2]. В данной работе исследованы происходящие изменения и заново формирующиеся тренды в общей структуре энергопотребления в современном мире.

При анализе данных с 1985 года по генерации электрической энергии в мире можно обнаружить почти линейный рост (рис. 1).

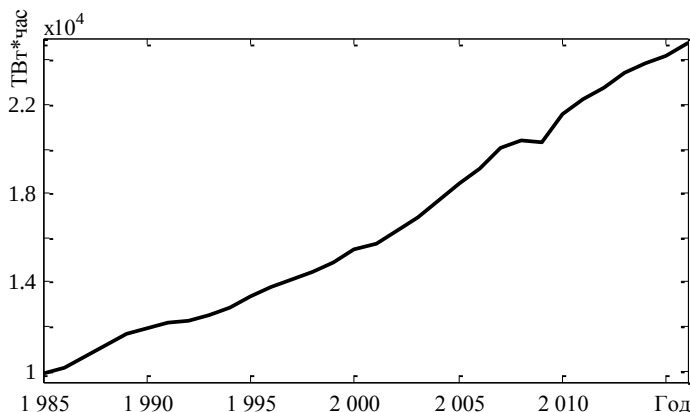


Рис. 1. Генерация электрической энергии в мире по данным сайта <http://www.bp.com/statisticalreview>

В то же время производство и потребление некоторых видов энергии, в том числе нетрадиционных, увеличивается более быстрыми темпами.

Так, как показывает график на рис. 2, примерно с 2005 года происходит в мире быстрый рост солнечной энергетики. При этом интервал времени, в течение которого удваивается потребляемая энергия, вырабатываемая солнечной энергетикой, в настоящее время составляет около двух лет.

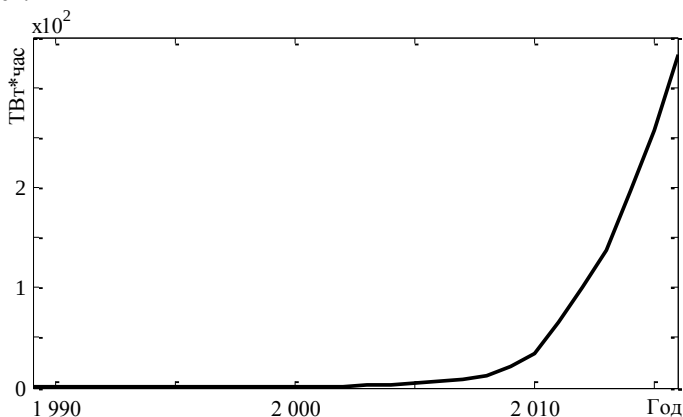


Рис. 2. Потребление в мире с 1989 года энергии, вырабатываемой солнечной энергетикой, по данным сайта <http://www.bp.com/statisticalreview>

Быстрый прогресс солнечной энергетики, начиная с конца 1990-х – начала 2000-х годов, связан со значительными успехами в материаловедении, позволившими создать эффективные материалы для солнечных элементов. Начало разработке солнечных элементов и использования солнечного электричества положило обнаруженное в 1839 году французским учёным А. Беккерелем явление фотоэффекта. Первый солнечный модуль с КПД около 1%, представлявший собой покрытый тонким слоем золота селен, был создан в 1883 году американцем Чарльзом Фриттсом. Первый кремниевый солнечный элемент с КПД около 6 % запатентовали американские ученые Пирсон, Фуллер и Чапин в начале 1950-х годов. Катализатором широкого практического применения солнечных элементов послужило начавшееся в эти же годы освоение космоса в СССР и США. Группой учёных под руководством Жореса Алфёрова первая гетероструктурная с применением галлия и мышьяка солнечная батарея была создана в 1970 году. В результате к середине 1970-х годов появились солнечные батареи с КПД около 10%. Однако после этого произошёл почти 20-летний застой в развитии солнечной энергетики.

Что касается потребления газа в мире, то с 1970 года динамика роста его потребления в мире имеет линейный тренд (рис. 3).

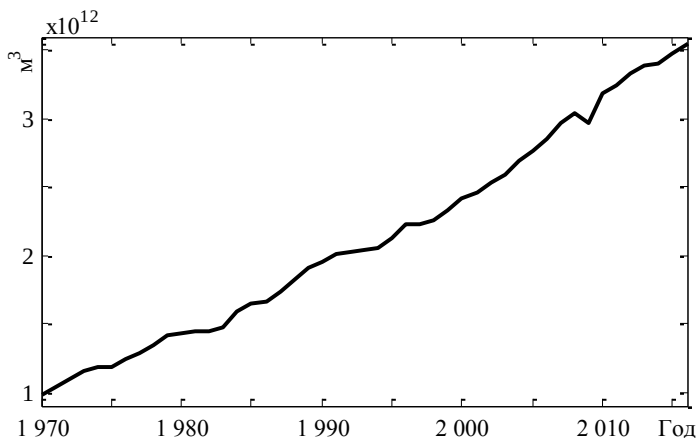


Рис. 3. Потребление газа в мире с 1970 года по данным сайта <http://www.bp.com/statisticalreview>

В работе рассмотрена и проанализирована также динамика изменения объёмов использования других источников энергии в мире (нефть, уголь, ядерная энергетика, ветроэнергетика, использование энергии водохранилищ, применение биотоплива). Результаты такого анализа позволяют сделать вывод, что в последние годы быстрыми темпами происходит увеличение доли некоторых нетрадиционных источников энергии (в частности, солнечной энергетике) в общем балансе мирового потребления энергии.

Литература

1. Карпова, О. В. Исследование социально-экономической динамики России на основе модели типа «хищник–жертва» / О. В. Карпова, В. В. Андреев // Математика. Компьютер. Образование: сб. трудов XV международной конференции. Том 1; Под общей редакцией Г. Ю. Ризниченко. – Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – С. 231-236.
2. Карпова, О. В. Моделирование динамики одной социально-экономической системы на основе модели типа «хищник- жертва» / О. В. Карпова, В. В. Андреев // Математика. Компьютер. Образование: Сб. научных трудов. Том 1; Под ред. Г. Ю. Ризниченко. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – С. 194-202.

Загретдинова А. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

АВТОНОМНАЯ КОТЕЛЬНАЯ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ КОНДЕНСАЦИОННОГО И ТРАДИЦИОННОГО ТИПОВ

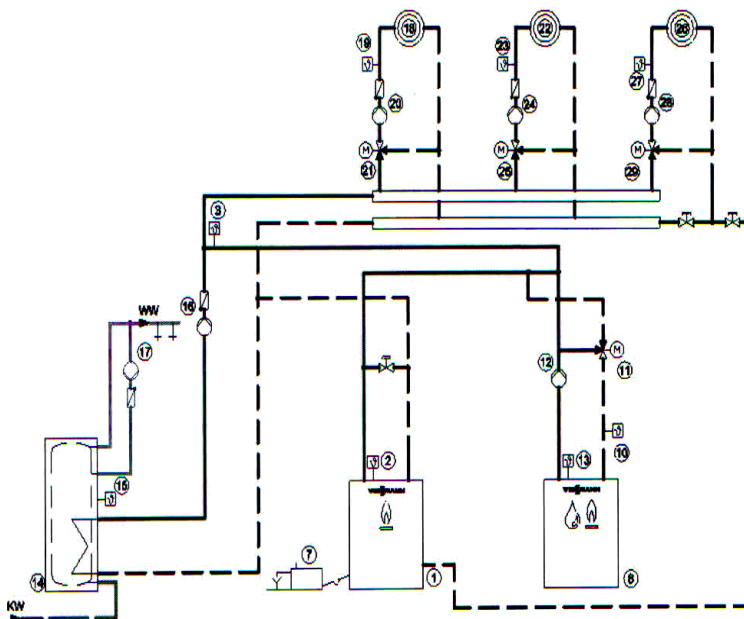
***Аннотация.** Рассмотрена тепломеханическая схема автономной котельной с конденсационным и традиционным газовыми котлами.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, конденсационный котел, традиционный газовый котел, конденсационный режим.*

Постоянно растущие цены на традиционные энергоресурсы заставляют задуматься о методах их экономии [1]. Одним из вариантов решения данной проблемы является полная или частичная замена оборудования на современную энергоэффективную отопительную технику. Такой техникой для выработки теплоты на отопление и горячее водоснабжения могут служить котлы конденсационного типа.

Конденсационные котлы имеют высокий КПД и показатели экологичности по сравнению с традиционными котлами только в конденсационном режиме, то есть при температуре наружного воздуха в диапазоне выше -6°C . Так как конденсационный режим соответствует почти половине времени отопительного периода во многих районах России [2], то строительство котельных с установкой традиционных и конденсационных газовых котлов является наиболее рациональным решением.

Рассмотрим схему котельной (рисунок) с конденсационным котлом 1, покрывающим базовую нагрузку, и традиционным (пиковым) газовым котлом 8. Оба котла соединены последовательно. Для повышения КПД конденсационного котла обратная магистраль разделяется на контуры в зависимости от температуры теплоносителя: высокотемпературный – с отопительными приборами 18 и 22 и низкотемпературный – с отопительным прибором 26. В случае необходимости тепла большой мощности контроллер дает команду на включение пикового котла 8.



Тепломеханическая схема котельной с конденсационным
и традиционным газовыми котлами

Для защиты традиционного газового котла от выпадения конденсата осуществляется:

- постоянная стабилизация температур прямого и обратного потоков с помощью котлового насоса 12, регулируемого контроллером с датчиком температуры 10;
- периодическое отключение отопительных контуров от контура котла с помощью датчика 10, повторно измеряющего температуру обратного потока, и трехходового клапана 11, закрывающегося в случае несоответствия температуры заданному значению.

Литература

1. Вахитов, Э. М. Конденсационный котел в системе отопления жилого дома / Э. М. Вахитов // Наука через призму времени. – 2017. – № 3 (3) – С. 10-13.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2) – утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 275.

Ибадов А. А., Гапоненко С. О., Нигматулина А. Ф.
Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Аннотация.** В работе были рассмотрены актуальные методы технической диагностики и неразрушающего контроля при обследовании заглубленных трубопроводов. Проанализированы достоинства и недостатки применения выбранных методов. Определены оптимальные методы дефектоскопии и способы повышения их точности.*

***Ключевые слова:** методы неразрушающего контроля, дефектоскопия, обследование трубопроводов, контроль труб, акустический метод.*

При длительной эксплуатации трубопроводы подвергаются внутренним и внешним воздействиям, из-за чего происходит деградация материала, образование коррозии, появление и развитие трещин усталости на поверхностях труб и другие виды деформаций. Даже с учетом применения новейших материалов и технологий изготовления и прокладки трубопроводов невозможно исключить возникновение таких дефектов. Для того, чтобы избежать нежелательных последствий увеличения дефектов, проводят обследования методами неразрушающего контроля [1].

Актуальность данной темы обусловлена тем, что в настоящее время существует большое количество трубопроводов в эксплуатации и процессе производства, повреждение и разрушение компонентов которых может приводить к серьезным экономическим потерям и пагубным воздействиям на окружающую среду [2].

К современным методам контроля местоположения и выявления различных дефектов заглубленных трубопроводов относятся:

- магнитометрический метод;
- инфракрасная термография;
- радиационный метод;
- радиоволновый метод;
- электромагнитный метод;
- акустическая локация;
- резонансно-акустическое профилирование.

Перечисленные методы имеют ряд недостатков, связанных с ограничением области применения, т. е. не применимы к трубопроводам из неметаллических материалов, а также обладают слабой избирательностью контроля местоположения заглубленных трубопроводов, когда в непосредственной близости с контролируемым объектом проходит множество металлических инженерных коммуникаций и различных трасс – кабели связи, силовые кабели, трубы тепло- водо- и газоснабжения [3].

В результате проведенной исследовательской работы был рассмотрен акустический метод неразрушающего контроля трубопроводов:

1. метод, в основе которого положено последовательное использование метода возбуждения и анализа параметров распространения бегущих волн Лэмба. Регистрируемым физическим параметром при этом является фазовая скорость упругих волн Лэмба, благодаря которым возможно проследить за изменением толщины стенок трубопровода.

2. благодаря появлению принципиально новых пьезоэлектрических излучателей стало возможным последовательное использование низкочастотного эхо-импульсного метода, для обнаружения различных дефектов (рисок, трещин, непроваров, раковин и т. п.) на всем протяжении трубопровода. Физическими параметрами в этом методе являются параметры эхо-сигналов.

3. усовершенствованный акустико-резонансный метод, который заключается в генерации резонансных звуковых колебаний в полости искомого объекта, при этом оконтуривание этого объекта осуществляется путем перемещения чувствительного элемента (микрофона или пьезоэлектрического датчика) над зоной поиска. Предлагаемый метод позволяет упростить контроль местоположения заглубленных трубопроводов в связи с тем, что возбуждается резонансная частота искомого объекта, повышается избирательность контроля. Метод также обеспечивает высокую достоверность контроля местоположения заглубленных как неметаллических, так и металлических трубопроводов [4-6].

Рассмотрев достоинства и недостатки применения выбранных методов видно, что для усовершенствования оборудования необходимо проводить обширные исследования. Это позволит в разы повысить надежность диагностики и существенно помочь в решении контроля состояния трубопроводов.

Высококачественное и своевременное обнаружение дефектов, определение их параметров исключительно важно для оценки остаточного ресурса компонентов трубопроводов и для планирования и выбора технологии восстановления поврежденных участков [7].

Литература

1. Афанасьев, В. Б. Современные методы неразрушающего контроля / В. Б. Афанасьев, Н. В. Чернова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 73-74.
2. Дмитриева, В. Д., Мишукова Б. Г. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1988. – С. 124.
3. Алимов, С. В. Система диагностического обслуживания магистральных газопроводов ОАО «Газпром»: состояние и перспективы // С. В. Алимов, М. Ю. Митрохин, В. В. Харионовский // Территория Нефтегаз. – 2009. – № 9. – С. 42-49.
4. Гапоненко, С. О. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Т. О. Политова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.
5. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 123-129.
6. Гапоненко, С. О. Акустический метод определения скрытых полых объектов сложной формы / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Международный Издательский Дом «Lambert Academic Publishing» (Германия). – 2014. – 136 с.
7. Патинов, С. В. Обзор методов дефектоскопии при обследовании трубопроводов / С. В. Патинов, В. Г. Сидоренко // Молодой ученый. – 2016. – №2. – 194 с.

УДК 620.97

Иванов В. В.

Научный руководитель: Андреев В. В., канд. физ.-мат. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПЕРЕВОД ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ ТИПА Т-110/120-130-5 НА РЕЖИМ УХУДШЕННОГО ВАКУУМА

***Аннотация.** Представлены результаты анализа целесообразности перевода теплофикационной турбины типа Т-110/120-130-5 на режим ухудшенного вакуума.*

***Ключевые слова:** теплофикационная турбина, ухудшенный вакуум.*

Турбина типа Т-110/120-130-5 с конденсационной установкой и двумя отопительными отборами пара, представляющая собой одновальный

трехцилиндровый агрегат с 27 ступенями, имеет номинальную мощность 110 МВт, а максимальная мощность составляет 120 МВт при 3000 об/мин. Турбина работает со свежим паром при давлении 130 атмосфер. Температура, измеряемая перед автоматическим стопорным клапаном, должна быть равна 555°C, а расчётная температура охлаждающей воды на входе в конденсатор – 20°C.

Одной из целей перевода турбины типа Т-110/120-120-5 на режим ухудшенного вакуума является уменьшение расхода энергии на собственные нужды. В результате такого перевода исчезнет также необходимость в одной или нескольких последних ступенях турбины, вследствие чего не будет необходимости в их обслуживании. Кроме того, повышается КПД турбины вследствие отсутствия дросселирования пара в этих ступенях и потребления ими мощности.

Однако удаление ступеней приводит, как правило, к невозможности работы турбины при нормальном вакууме и номинальной нагрузке, так как в последней из имеющихся ступеней при этом будет недопустимо высокий теплоперепад. В результате существенно возрастут напряжения бизг в рабочих лопатках и диафрагмах. Кроме того, экономичность турбоустановки может снизиться из-за полного истощения расширительной способности косого среза рабочей решетки при номинальном глубоком вакууме.

УДК 620.179

Измайлова Е. В., Соловьев Д. В.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ В ТЕПЛООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ ОТ НЕЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация. *Отложения солей и продуктов коррозии из технической воды на поверхности нагрева теплообменных аппаратов снижают коэффициент теплопередачи, эффективность теплообмена и, как следствие, приводят к повышенному расходу первичного топлива.*

Ключевые слова: *энергосбережение, тепловые потери, поверхность теплообмена, отложения, LabVIEW.*

В жилищно-коммунальном хозяйстве и промышленности нередки случаи эксплуатации теплообменных аппаратов и котлоагрегатов без

специальной подготовки воды, что приводит к образованию на внутренней поверхности аппаратов и агрегатов (барабанах, трубах) накипи, приводящей к тепловым потерям и снижающей КПД установок. Следствием этого являются повреждения металла, а именно – появление выпучин, свищей, а нередко и разрывов труб водогрейных котлов. Серьезная проблема борьбы с отложениями возникает в теплообменниках системы горячего водоснабжения, когда проходное сечение труб и поверхностей теплообмена почти полностью зарастает отложениями (рис. 1).



Подающая труба системы
теплоснабжения



Элемент пластинчатого
теплообменника с накипью

Рис. 1. Уменьшение пропускного сечения из-за наличия отложений

Заращение отложениями трубопроводов тепловых систем, в том числе и оборотного водоснабжения, приводит к значительному увеличению их гидравлического сопротивления, разрегулировке систем отопления и большим энергетическим потерям на прокачку системы.

Существующие методы прогнозирования и диагностирования отложений требуют систематизации и дальнейшего развития. Наиболее точно определить параметры отложений позволяют инструментальные средства диагностирования. В настоящее время широко развиваются акустические методы исследования и испытаний материалов изделий и сооружений [1].

Низкочастотные (НЧ) акустические методы контроля существенно отличаются от ультразвуковых методов, также использующих упругие колебания и волны. Эти различия заключаются в иных физических принципах, областях применения, диапазоне рабочих частот, конструкциях преобразователей и т. п. В основе НЧ методов контроля лежит корреляционная зависимость между геометрическими характеристиками, упругими константами материала и физико-механическими свойствами изделий. Структурная схема устройств, реализующих НЧ методы контроля, приведена на рис. 2.



а) метод свободных колебаний

б) метод вынужденных колебаний

Рис. 2. Структурная схема устройств, реализующих НЧ методы контроля

В первом случае (рис. 2а) при ударе по поверхности контролируемого изделия возникают механические колебания, которые преобразуются в электрический сигнал датчиком, усиливаются, проходят через фильтр, выделяющий из спектра частот собственных колебаний (ЧСК) ту, соответствующую выбранному для регистрации типу колебаний, и регистрируются частотомером. При методе вынужденных колебаний (рис. 2б) электрические колебания, создаваемые генератором с изменяющейся частотой, преобразуются с помощью преобразователя в механические и передаются контролируемому изделию. Колебания изделия принимаются датчиком, усиливаются и подаются на индикатор резонанса, который фиксирует момент совпадения частоты генератора с измеряемой частотомерным устройством ЧСК, контролируемого изделия, и по предварительно полученным зависимостям определяются необходимые физико-механические свойства контролируемого изделия.

НЧ методы контроля могут применяться для измерения или определения длины; ширины; толщины; диаметра; модуля упругости; плотности; коэффициента Пуассона; модуля разрыва; трещин; коэффициента затухания; модуля сдвига. Возможно определение температурных характеристик модуля упругости, коэффициента Пуассона, модуля сдвига.

Планируется проведение исследований. Программа регистрации и обработки экспериментальных данных создана и зарегистрирована авторами в среде графического программирования LabVIEW [2]. Необходимо будет выполнить математическое моделирование методом конечных элементов [3] на лицензионном программном обеспечении ANSYS [4] для определения информативных параметров определения наличия отложений на поверхностях теплообмена. На стадии разработки прибор для экспресс контроля отложений на поверхностях теплообмена, позволяющий своевременно выводить оборудование в ремонт, и тем самым снижать потери от неэффективного теплообмена.

Литература

1. Зиганшин, Ш. Г. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами: монография / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. – 160 с.
2. Измайлова, Е. В. Ваньков, Ю. В., Серов, В. В., Горбунова, Т. Г. / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012617704: FlawDefiner от 27.08.2012.
3. Vankov, Yu. V., Ziganshin Sh. G., Izmailova E. V., Serov V. V. Determination of the oscillation frequencies of corrosion defects finite element methods in order to develop methods of acoustic monitoring of pipelines // IOP Publishing. IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 86 (2015) 012035, doi: 10.1088/1757-899X/86/1/012035.
4. Izmailova, E. V., Politova, T. O., Serov, V. V. Development of methods of detection of pipelines corrosion defeat by computer modeling // IEEE Conference Publications / IEE Xplore. DOI: 10/1109/ICIEAM2016.7911605.

УДК 620.9

Ильин Д. В.

Научный руководитель: Ахметов Э. А., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Аннотация. *Затронута проблема внедрения энергоэффективных технологий, которая позволит повысить спрос на инновации, конкурентоспособность и улучшить инвестиционный климат России.*

Ключевые слова: *энергосбережение, энергоэффективность, теплоэнергетика, Российская экономика.*

Теплоэнергетика в составе энергосистемы является ведущей отраслью мировой энергетики и оказывает существенное влияние на прогрессивное и стабильное развитие экономики стран. В силу географического положения и климатических особенностей средняя продолжительность отопительного сезона в России составляет около 200 дней, а в некоторых регионах, например, Сибири – около 300 дней в году. По этой причине теплоэнергетика и теплоснабжение, в частности в нашей стране, играет важную роль в обеспечении комфортных условий жизни населения, а также оказывает непосредственное влияние на экономику. По данным

Министерства энергетики Российской Федерации, оборот теплоснабжение сопоставим с 2,5% ВВП и составляет 1,5 трлн. рублей.

Энергосбережение в России, несмотря на активизацию работы в этом направлении в последнее десятилетие, фактически находится в зачаточном состоянии. На Западе внедрение энергосберегающих технологий осуществляется с довоенного периода, а наиболее активное их развитие начинается с 1970-х годов после масштабного энергетического кризиса. Затем в большинстве развитых стран мира приняли специальные законодательные нормы, стали вводиться меры нормативного, тарифного, технологического характера, направленные на энергосбережение.

На протяжении многих лет в Европе и в Скандинавских странах используют энергосберегающие технологии при строительстве и реконструкции зданий. Эти страны разработали необходимые законодательные акты, учитывающие экономические интересы домовладельцев и инвесторов. Повышение уровня энергоэффективности достигается за счет применения эффективной теплоизоляции, установки тепловых насосов, современных оконных рам и дверей, предотвращающих утечку теплого воздуха, использования котельных установок с высокой эффективностью и квартирных приборов контроля температуры.

Сейчас Россия занимает 4-е место в мире по энергопотреблению, по энергоемкости превосходит многие сопоставимые по другим показателям экономики. Энергоемкость российской промышленности по сравнению с лидерами Европейской экономики в 3 раза выше. С 2000 года энергоемкость России снизилась на 34%, В США – на 16%, в Германии и Китае – на 12%. Но в жилищном секторе Российской Федерации, по сравнению со странами с аналогичными ресурсами, домохозяйства по-прежнему потребляют больше энергии: в 2 раза больше, чем канадские или американские, и в 5 раз больше, чем китайские. Российская экономика остро нуждается в новых стимулах. Внедрение энергоэффективных технологий позволит повысить спрос на инновации, конкурентоспособность и улучшить инвестиционный климат.

Литература

1. Портал-Энерго.ру – энергоэффективность и энергосбережение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/>.
2. 2005-2018. Инженерный центр «ЭНЕРГОАУДИТКОНТРОЛЬ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ackye.ru/>.
3. Матросов, Ю. А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю. А. Матросов. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.

4. Широков, Е. И. Экодом нулевого энергопотребления – реальный шаг к устойчивому развитию / Е. И. Широков // Архитектура и строительство России. – 2009. – № 2. – С. 35-39.

5. Громова, У. Энергосберегающие технологии в России и за рубежом // Пронедра.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pronedra.ru/alternative/2012/04/09/energoberegayuschietehnologii/> ((доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус).

УДК 654.54

Казакова Г. Д.

Научный руководитель: Политова Т. О., ст. преподаватель
Казанский государственный энергетический университет

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ ТРУБОПРОВОДОВ НА АВАРИИ

Аннотация. *Актуальность темы связана с необходимостью устранения влияния коррозионных процессов при эксплуатации трубопроводов. Предотвращение аварийных ситуаций увеличит срок службы трубопроводов и обеспечит их надежное эксплуатирование.*

Ключевые слова: *коррозия, внутренняя и наружная коррозия, срок эксплуатации, убытки, аварии на трубопроводах, почвенная коррозия.*

Причинами высокой аварийности при эксплуатации трубопроводов является сокращение ремонтных мощностей, низкие темпы работ по замене отработавших срок трубопроводов на трубопроводы с антикоррозионными покрытиями, а также прогрессирующее старение действующих сетей. Однако основной причиной аварий на трубопроводах является коррозия металла.

Большое количество аварий на трубопроводах сопровождается значительными потерями природных ресурсов и широкомасштабным загрязнением окружающей среды. Убытки при эксплуатации трубопроводов, вызываемые коррозией, являются следствиями аварий и вызывают большие затраты по восстановлению работоспособного состояния трубопроводов [1].

В действующем теплопроводе возникает внутренняя и наружная коррозия. Внутреннюю коррозию вызывает кислород, содержащийся в сетевой воде или конденсате. В присутствии растворенной углекислоты коррозионная активность кислорода возрастает. Насыщение сетевой воды и конденсата кислородом воздуха происходит через неплотности оборудования. Внутренний коррозионный процесс протекает по-разному, в связи с чем

различают язвенную и рассредоточенную коррозию. Язвенная коррозия наблюдается в участках трубопроводов, оборудования, приборов, где скапливается конденсат, слой шлама и коррозионные отложения [2,3].

Предупреждение внутренней коррозии имеет большое значение для долговечности систем теплоснабжения и экономии теплоты и электроэнергии. В результате коррозии безвозвратно теряется металл, коррозионные налеты в трубах повышают шероховатость, гидравлические сопротивления и расход электроэнергии на перекачку теплоносителя. При окислении металла объем образующихся продуктов коррозии увеличивается в 3-4 раза, за счет чего существенно уменьшается поперечное сечение труб, особенно малого диаметра. Коррозионные продукты, смытые водой со стенок труб, разносятся по всей системе, забивают проходы в отопительные приборы и арматуру, вызывая разрегулировку. Отложения и занос сечения трубок снижают теплопроизводительность подогревателей [4].

Борьба с коррозией является одной из важнейших задач службы эксплуатации. Коррозия сокращает срок службы тепловых сетей. Коррозия металлических сооружений наносит большой материальный и экономический ущерб. Она приводит к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части трубопроводов, сокращает межремонтные сроки оборудования, вызывает дополнительные потери транспортируемого продукта. При подземной прокладке стальные трубопроводы подвергаются почвенной коррозии. В грунтах почти всегда содержатся соли, кислоты, щелочи и органические вещества, которые вредно действуют на стенки стальных труб. В некоторых случаях такая коррозия может вызвать очень быстрое появление сквозных свищей в металле трубы и этим вывести трубопровод из строя, такие разрушения происходят особенно часто в трубопроводах, уложенных без достаточной защиты от коррозии.

Успешная защита трубопроводных систем от коррозии может быть осуществлена при своевременном обнаружении коррозионных разрушений, определении их величины и выборе защитных мероприятий. В начальный период эксплуатации состояние трубопровода определяется качеством проектирования и строительства. Влияние этих факторов уменьшается во времени и доминирующее значение приобретают условия работы трубопровода.

Необходимо сократить коррозионные проявления на трубопроводах для того, чтобы повысить надежность их работы, значительно увеличить срок их эксплуатации и предотвратить аварии, возникающие вследствие коррозионных процессов.

Литература

1. Цикерман, Л. Я. Борьба с коррозией подземных металлических трубопроводов / Л. Я. Цикерман. – М.-Л.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и архитектуре, 1951. – 156 с.
2. Сурис, М. А. Защита трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии / М. А. Сурис, В. М. Липовских. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 216 с.
3. Яблонский, В. С. Проектирование, эксплуатация и ремонт трубопроводов / В. С. Яблонский, В. Ф. Новоселов, В. Б. Галеев. – М.: Недра, 1965. – 410 с.
4. Кузнецов, М. В. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров / М. В. Кузнецов, В. Ф. Новоселов, П. И. Тугунов. – М.: Недра, 1992. – 238 с.

УДК 644.12

Калинина М. В.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ РАЗНЫХ МОДЕРНИЗАЦИЙ

***Аннотация.** Представлены наиболее распространенные модели солнечных коллекторов, используемых для усовершенствования системы горячего водоснабжения и системы отопления индивидуальных жилых домов.*

***Ключевые слова:** солнечный коллектор, отопление, эффективность, вакуумные коллекторы, плоские коллекторы, экономическая целесообразность.*

Солнечный накопитель является основной составной частью солнечной нагревательной установки, он хранит подогретую солнечной системой воду для дальнейшего использования. В его верхней части находится самая теплая вода, а в нижней – самая холодная. Он может подключаться как к солнечному коллектору, так еще и к системе дополнительного подогрева (например, к газовому бойлеру), это дает возможность при необходимости подогреть воду. Поэтому традиционные накопители хозяйственно-питьевой воды не используются как солнечные накопители [1].

Для отопления можно использовать оба типа коллекторов, но для индивидуальных проектов эффективнее использовать вакуумные коллекторы. Благодаря тому, что вакуумный коллектор превосходит плоский коллектор по мощности, их количество установок будет меньше. Этот

факт понижает экономическую целесообразность использования плоских солнечных коллекторов в системе отопления. Для обеспечения горячим водоснабжением эффективнее использовать вакуумные коллекторы. За счет минимального теплообмена с окружающей средой они дают достаточно тепла для нагрева воды, как в облачную, так и в пасмурную погоду. Плоские коллекторы хуже справляются с данной задачей, перекладывая ее на резервную систему подогрева воды [2].

Для солнечных установок важную роль играет затемнение. В тепловых солнечных установках влияние частичного затемнения коллектора является менее существенным, однако, все же сокращает его производительность [3].

Виды затемнения солнечных установок: временное затемнение – из-за зелени, снега, экскрементов птиц, пыли – обычно устраняются благодаря самоочистке коллектора или модуля во время дождя. Чем больше наклон установки, тем лучше работает самоочистка. Больше всего проблем доставляет затемнение, вызванное местоположением, особенно тенью от дымовых труб, соседних зданий, деревьев или антенн. Даже маленькая тень влечет серьезные потери производительности. Тень от антенны снижает производительность системы на 10-50 %. При оптимальном расположении модуля можно сократить потери производительности, вызванные затемнением. Установки должны располагаться на расстоянии друг от друга, чтобы не мешать работе [4].

При установке солнечной системы на здание с наклонной крышей установка модулей на крыше обойдется дешевле, чем их монтаж в крышу, так как в этом случае кровля нарушается только в нескольких местах и это не нарушает ее герметичность. Чтобы произвести установку на плоскую крышу надо знать, могут ли крыша и стены нести дополнительную нагрузку. Плоская крыша должна выдерживать собственный вес, а также ветровую и снеговую нагрузку.

Устанавливая солнечную систему, солнечный коллектор или модуль монтируется при помощи комплектов для монтажа в 5-15 см от кровли. Эти комплекты делаются из оцинкованного железа, высококачественной стали и алюминия. Монтажные рейки цепляют за стропила. Особенно легко устанавливать системы, где коллекторы и модули вставлены непосредственно в рейки [5,6]. Метод не требует дополнительных соединений. Специалист проверяет нагрузочную способность крыши, дополнительную нагрузку от ветра и снега на солнечный коллектор или модуль. Площадь крыши должна быть достаточна для установки и не должна быть сильно разделена каминными трубами, надстройками на крыше, чтобы элементы установки не были бы затемнены.

Литература

1. Авдеев, С. И. Реализация солнечной энергии / С. И. Авдеев // Солнечная энергетика. – 2013. – № 3. – С 134-140.
2. Алексеенко, А. И. Солнечные коллекторы – эффективное использование солнечной энергии / А. И. Алексеенко // Экожурнал «Зеленая планета». – 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenplaneta.org/>.
3. Тимофеев, Е. Я. Альтернативные источники энергии – как способ экономии // Гелиос. – 2013. – № 2. – С. 121-126.
4. Бадьин, Г. М. Справочник по малоэтажному энергоэффективному строительству / Г. М. Бадьин. – М.: Лабиринт, 2013. – С. 13-14.
5. СП 70.13330.2013 Несущие и ограждающие конструкции.
6. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающих зданий.

УДК 664.1

Каюмов Р. Ф.

Научный руководитель: Валиев Р. Н., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ САХАРНОГО ЗАВОДА

***Аннотация.** В работе проведено сравнение принципиальных схем выпарных установок на базе пластинчатых теплообменников AlfaVar.*

***Ключевые слова:** сахарный завод, технологический процесс, теплоиспользование, теплообменник, выпарная установка.*

При переработке сахарной свеклы в сахар расходуется значительное количество энергии в виде теплоты. Количество потребляемой тепловой энергии оказывает существенное влияние на рентабельность предприятия [1,2].

Одним из способов, позволяющих повысить эффективность теплоиспользующих процессов, является замена кожухотрубчатого теплообменного оборудования на пластинчатое. Пластинчатые теплообменники по сравнению с другими типами теплообменного оборудования имеют возможность более гибкой конфигурации и характеризуются максимальной компактностью. Правильно подобранный пластинчатый теплообменник позволяет получить максимальный для технологического процесса коэффициент теплопередачи. Промышленно-производственная компания *Alfa*

Laval выпускает широкую номенклатуру пластинчатых теплообменников и выпарных аппаратов, специально разработанных для применения в технологических процессах переработки свеклы, начиная подогревом сырого сока и заканчивая подогревом сиропов при кристаллизации. Теплообменник с широкими каналами предназначен для подогрева неочищенного сока, пластинчатый выпарной аппарат с восходящей пленкой – для проведения технологического процесса выпаривания [3].

Ширококанальный теплообменник функционирует по тому же принципу, что и обычный узкоканальный пластинчатый теплообменник. Отличается специальным профилем гофрирования пластин, позволяющим получать каналы со свободным проходом шириной до 16 мм, и особой конструкцией несасорных входных и выходных коллекторов. Расчетное канальное давление до 0,8 МПа, максимум расхода через аппарат – 500 т/ч, рабочая температура до 150 °С. Ширококанальные пластинчатые теплообменники улучшают теплоэффективность, так как позволяют утилизировать низкотемпературный, сбросный пар, в котором могут содержаться частицы или волокна, и низкопотенциальный пар вакуум-аппаратов. Использование **ширококанальных теплообменников** увеличивает срок непрерывной работы, упрощает обслуживание, не требует больших площадей для размещения и специального фундамента.

Пластинчатые полусварные и полуразборные выпарные теплообменники (*AlfaVap*) имеют два небольших ввода для подачи продукта и один широкий вывод для пара и концентрата. Для подачи греющего пара *AlfaVap* имеет один широкий ввод и два небольших вывода для удаления конденсата. В установке *AlfaVap* используются попарно сваренные пластины (кассеты). Греющий пар конденсируется внутри кассет, в то время как продукт проходит выпаривание в каналах между двумя кассетами, соединенными через прокладку.

При выпарке, в зависимости от технологических условий, могут быть применены следующие схемы: одноходовая выпарка (рис. 1а), термосифон (рис. 1б), принудительная циркуляция с кипением и принудительная циркуляция с впрыскиванием (рис. 1в).

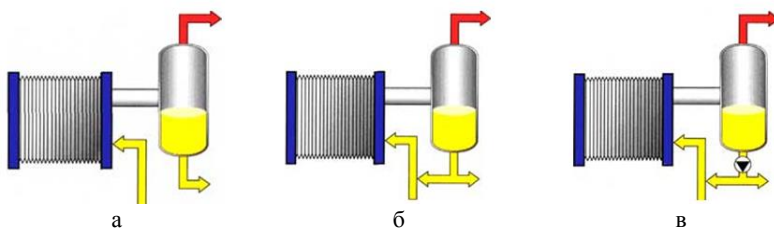


Рис. 1. Принципиальные схемы выпарных аппаратов на базе *AlfaVap* [3]

Одноходовая выпарка (рис. 1а). При выпаривании используется принцип восходящей пленки. При создании высокой турбулентности потока выпарная установка *AlfaVap* имеет высокую выпарную способность и позволяет реализовать процесс выпаривания в одноходовом режиме. В этой схеме для систем, работающих в прямотоке, дополнительные насосы между ступенями не нужны. Для систем, работающих в противотоке, нужны насосы на транспортировку и не нужны насосы на рециркуляцию. При работе в одноходовом режиме время пребывания продукта внутри пластинчатой выпарной системы очень незначительно, по сравнению с кожухотрубчатыми выпарными системами.

Термосифон (рис. 1б). Используется естественная циркуляция продукта, и поэтому не нужны насосы для создания рециркуляции.

Принудительная циркуляция с кипением (рис. 1в). Применяется для продуктов, имеющих способность к осаждению внутри выпарных систем. Усиливает эффект смачивания и турбулентность продуктового потока. Как результат, минимизирует возможность засорения выпарной системы.

Принудительная циркуляция с впрыскиванием (рис. 1в). Применяется, когда выпариваемый продукт может засорить пластины или когда совмещены процессы кристаллизации и выпаривания. Выпариваемая жидкость рециркулирует так, чтобы не было кипения внутри установки, а происходил ее перегрев. Выпаривание происходит при впрыскивании жидкости в паро-жидкостный сепаратор. Для снижения вероятности засорения каналов пластин применяют специальные пластины с широкими каналами.

В работе выполнено сравнение рассмотренных принципиальных схем применительно к технологической схеме рассматриваемого завода. Проведенный анализ показал, что на заводе могут быть реализованы все рассмотренные схемы, но предпочтительнее использовать варианты, представленные на рис. 1в, так как они позволяют уменьшить вероятность засорения выпарной системы.

Литература

1. Щеренко, А. П. Перспективы в энергосберегающей технологии сахарных заводов: монография / А. П. Щеренко. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2002. – 136 с.
2. Щеренко, А. П. Реконструкция свеклосахарного производства: комплексный подход с использованием энергосберегающих технологий / А. П. Щеренко, А. Ю. Гриценко, В. Г. Миринов // Сахар. – №5. – С. 32 – 33.
3. Материалы сайта <http://atkgroup.com/files/alfavap.htm>.

Курицына К. С., Яндукова П. А.
Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР ДЛЯ ЖИЛОЙ СТАНЦИИ НА ЛУНЕ

Аннотация. Были проанализированы основные виды тепловых аккумуляторов, и выбран наиболее подходящий для лунных условий.

Ключевые слова: тепловой аккумулятор, Луна, условия для проживания, НИС, теплоснабжение научно-исследовательской станции.

Существуют различные типы тепловых аккумуляторов, успешно применяемых в бытовых системах отопления [1]:

1. аккумуляторы с твёрдым или плавящимся теплоаккумулирующим материалом;
2. жидкостные;
3. паровые;
4. термохимические;
5. с электронагревательным элементом.

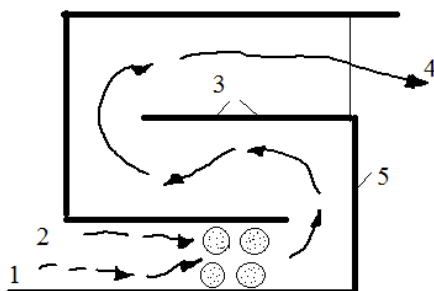
Принцип действия теплового аккумулятора на Луне.

Нагретая с помощью солнечного коллектора смесь газов частично поступает на отопление, а остальная нагретая смесь – в аккумулятор. В период лунного дня в нем происходит накопление тепловой энергии. В течение 2 недель, когда солнце не освещает коллектор, теплоснабжение жилого блока осуществляется за счет аккумулятора тепла – происходит его разрядка [2].

Учитывая особенности лунной системы теплоснабжения, наиболее подходящим является аккумулятор с твёрдым аккумулирующим материалом, например: магнезит, чугун, а также эвтектические смеси солей щелочных металлов и кристаллогидраты неорганических солей [3]. Такие виды аккумулирующих емкостей менее затратны и просты в проектировании и установке.

В теплоаккумулирующих системах воздушного типа можно также использовать небольшие контейнеры для воды, которые можно разместить на стеллажах, полках или каким-либо другим способом, чтобы дать воздуху возможность беспрепятственно обтекать их. Такими контейнерами

могут являться пластмассовые, стеклянные, алюминиевые емкости, бутылки, банки. Проблема укладки или размещения контейнеров решается разными путями, но, пожалуй, наиболее успешным является установка их на поддоны с последующим продуванием воздуха по горизонтали между поддонами (рисунок).



Отсек теплового аккумулятора для воздушных систем, в которых применяются небольшие контейнеры с водой: 1 – поступление воздушного потока; 2 – контейнеры с водой; 3 – полки; 4 – выход воздушного потока; 5 – отсек аккумулятора

Предложенный метод решения проблемы существования и нормального функционирования персонала на Луне эффективен. Тепловая энергия почти полностью полезно используется. Не возникает сложностей с отоплением в период низких температур на поверхности.

Литература

1. Недвига, П. Н. Возможности использования тепловых аккумуляторов и низкопотенциального тепла земли при отоплении индивидуальных домов / П. Н. Недвига // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 3. – С. 11-14.
2. Способы и особенности построения теплоэнергетических комплексов на Луне // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 147-148.

Лаптева О. С.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ В РЕАКТОРЕ «МИР» ТВЭЛОВ ВВЭР В РЕЖИМЕ СО СКАЧКООБРАЗНЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ МОЩНОСТИ

Аннотация. *Представлен анализ особенностей испытаний в реакторе «МИР» твэлов ВВЭР в режиме со скачкообразным увеличением мощности.*

Ключевые слова: *реактор, испытания, мощность, энергия.*

Цель – решение проблемы предотвращения разрушения тепловыделяющих элементов в переходных режимах, связанных с изменением мощности.

Энергетической стратегией России на период до 2020 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 августа 2003 г. № 1234-р, предусмотрен опережающий рост выработки электроэнергии на атомных станциях. Доля АЭС в выработке электроэнергии должна быть увеличена с 16% в 2000 году до 23% в 2020 году. Чтобы обеспечить решение столь масштабных задач, существенно увеличить долю АЭС в выработке электроэнергии, повысив при этом эксплуатационные характеристики, требуется решить ряд задач по совершенствованию надежности, экономичности и безопасности активных зон реакторов. В первую очередь это относится к их наиболее напряженным узлам – тепловыделяющим элементам (твэлам). Одним из важнейших источников информации при модернизации старых и разработке новых конструкций твэлов считают экспериментальные исследования. Их результаты необходимы для оценки работоспособности и корректного определения существующих резервов при различных условиях эксплуатации.

В статье приведена информация об испытаниях твэлов ВВЭР в исследовательском реакторе «МИР» при моделировании ситуаций, связанных со скачкообразным повышением мощности. Как правило, интерес представляет увеличение около 100% линейной мощности твэлов, реализуемой в энергетическом реакторе. Рассматриваемый диапазон скорости изменения мощности находится в пределах от 0,01 до 1,0 Вт/см²·с, что соответствует ожидаемой скорости изменения мощности при переходных режимах в твэлах ВВЭР.

Исследовательский петлевой реактор «МИР» предназначен для проведения ресурсных испытаний новых конструкций тепловыделяющих сборок (ТВС), фрагментов ТВС и отдельных твэлов ядерно-энергетических установок различного назначения.

В реакторе «МИР» испытано более 80 твэлов ВВЭР с выгоранием в диапазоне 15-70 МВт·сут/кгU. При проведении испытаний варьировали выгорание топлива в твэлах, начальную линейную мощность, амплитуду и скорость увеличения мощности, время выдержки при максимальной мощности. Начальные линейные мощности были равны линейной мощности твэлов на последнем этапе их эксплуатации в энергетическом реакторе. Максимальные линейные мощности подбирали таким образом, чтобы превысить допустимый уровень, определяемый техническими условиями эксплуатации.

Параметры испытаний менялись в широких пределах. Несмотря на это, за все время экспериментов ни один рефабрикованный или полномасштабный твэл не вышел из строя.

Анализ временных зависимостей показаний датчиков давления в рефабрикованных твэлах в процессе эксперимента позволил установить диапазоны значений пороговой линейной мощности, при которой интенсифицируется газовыделение из топлива: для твэлов ВВЭР-440 с выгоранием ~50 и ~60 МВт·сут/кгU они составляют 28,0-31,0 и 22,0-25,0 кВт/м соответственно. При фиксированной линейной мощности с увеличением выгорания температура топливного сердечника возрастает.

Проведенные послереакторные материаловедческие исследования показали, что для твэлов с выгоранием 50-60 МВт·сут/кгU состояние оболочек (окисление наружной и внутренней поверхностей, гидрирование и механические свойства) практически не изменилось. Испытания привели к незначительному увеличению наружного диаметра оболочки в центральной части твэлов, где линейные мощности были максимальными. В результате испытаний произошло некоторое изменение геометрических параметров топливных таблеток и существенное изменение структуры диоксида урана, которое сопровождалось повышенным выходом ГПД из топлива под оболочку и миграцией нуклидов цезия в центральной части твэла в зоне максимального энерговыделения.

Наиболее значительные изменения структуры топливных таблеток произошли на участках твэлов с максимальной линейной мощностью: в частности, появились коаксиальные трещины, центральный канал практически исчез, сформировались зона газового распухания и зона рекристаллизованных зерен, которые для разных уровней линейной мощности проявляются в различной степени.

Таким образом, для исследовательского реактора «МИР» разработана и реализована методология проведения испытаний твэлов ВВЭР в режимах скачкообразного увеличения мощности, которая обеспечивает возможность проведения экспериментов с изменением параметров в широких диапазонах. Оснащение твэлов внутриреакторными датчиками позволило определить параметры, при которых происходит интенсификация газовыделения из топлива, а также получить зависимость температуры топлива от линейной мощности. Проведенные многочисленные испытания твэлов ВВЭР с высоким выгоранием показали, что, несмотря на значительные структурные изменения в топливном сердечнике, твэлы после испытаний сохранили герметичность, оболочки твэлов находятся в удовлетворительном состоянии и надежно выполняют свои функции.

Литература

1. Экспериментальные исследования влияния скачков мощности на состояние твэлов типа ВВЭР при различных выгораниях / Ю. К. Бибилашвили, А. Ф. Грачев, В. В. Калыгин и др. // Сборник докладов IV Межотраслевой конференции по реакторному материаловедению. – Димитровград: ГНЦ РФ НИИАР, 1996. – С. 125-140.
2. Бемерт, Ю. Эксперименты по моделированию скачкообразных изменений мощности для выявления повреждаемости твэлов ВВЭР / Ю. Бемерт, К. Юттер, Д. Райнфрид // Атомная энергия. – 1989. – Т. 67. – Вып. 1. – С. 49-51.
3. Изучение возможности проведения в реакторе «МИР» экспериментов со скачкообразным увеличением мощности твэлов / А. Ф. Грачев, В. В. Калыгин, А. П. Малков и др. // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. – 1993. – С. 41-49.

УДК 620.97

Мамышев В. Л.

Научный руководитель: Орлов В. Н., канд. физ.-мат. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПРОЕКТ СХЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Аннотация. Рассчитаны параметры теплообменника с применением обратной сетевой воды.

Ключевые слова: регенеративный воздухоподогреватель, сетевая вода, теплообменник, вторичные энергоресурсы.

Повышение цен на энергоносители и проблема экономии энергоресурсов требует пересмотра технологий генерации энергии. В настоящее время становится актуальной задачей использование вторичных энергоресурсов, которые могут быть тепловыми, топливными или избыточного давления. В данной работе ставится задача использования тепловых энергоресурсов.

Тепловые вторичные энергоресурсы – это физическая теплота уходящих и отходящих газов; теплота горячей воды и пара, отработавших в энергетических и технологических установках; теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок, теплота золы и шлаков. Тепловые ВЭР могут использоваться как в непосредственных источниках теплоты, так и для раздельной или комбинированной выработки теплоты, холода, а также электроэнергии в утилизационных установках. Использование низкотемпературных тепловых энергоресурсов сильно затруднено, так как их температура недостаточна для подавляющего большинства нужд промышленности.

В настоящей работе ставится задача использования низкопотенциальной теплоты воды, протекающей в обратном трубопроводе для предварительного подогрева воздуха, поступающего затем в регенеративный вращающийся воздухоподогреватель.

Расчет заключается в определении таких характеристик установки, как площадь поверхности теплообмена, направление движения теплоносителей, число их ходов. Данное проектирование включает в себя тепловой, компоновочный, гидравлической, механический и экономический расчеты.

Основу теплового расчета составляют уравнения теплопередачи (1) и теплового баланса (2).

$$Q = kF\Delta t, \quad (1)$$

$$G_1(h_1' - h_1'')\eta = G_2(h_2'' - h_2'). \quad (2)$$

Новизна данного проекта заключается в том, что получило дальнейшее развитие использование низкопотенциальных вторичных тепловых энергоресурсов. Реализация настоящего проекта позволит добиться более полного энергоиспользования и экономии энергоресурсов. Следовательно, в конечном итоге будет иметь место снижение себестоимости произведенной электроэнергии. Научные результаты, выводы и рекомендации, полученные в данной работе, могут быть использованы при дальнейших исследованиях в области энергосбережения.

Музюкова Д. С.

Научный руководитель: Плотникова Л. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

РЕГЕНЕРАЦИЯ ТЕПЛОТЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

***Аннотация.** Описан способ энергосбережения на целлюлозно-бумажном предприятии с использованием тепловых насосов. Дано описание принципа работы теплового насоса в схеме сушильной установки.*

***Ключевые слова:** промышленность, вторичные энергоресурсы, регенерация, тепловой насос, процесс сушки.*

В теплотехнологических схемах предприятий целлюлозно-бумажной отрасли промышленности (ЦБП) имеется значительное количество вторичных энергоресурсов (ВЭР), к которым относятся теплота сбросной воды технологических цехов, образующаяся в результате охлаждения щелока; отходящие газы печей, предназначенных для сжигания серосодержащих продуктов; пары вторичного вскипания, образующиеся при выдувке целлюлозы и др., более полное использование которых поможет снизить себестоимость вырабатываемой продукции.

Процесс сушки бумаги является одним из самых сложных и энергоемких процессов на ЦБП. Термический КПД цикла сушки можно повысить, если использовать теплоту паров вскипания непосредственно в сушильной части установки [1]. В таком случае возможно подключение теплового насоса, который позволяет регенерировать до 70% теплоты, затраченной в теплопотребляющей установке.

Схема включения теплового насоса для утилизации сбросной теплоты сушильной установки бумагоделательной машины следующая: холодный воздух поступает в конденсатор теплового насоса, где нагревается до требуемой технологическим процессом температуры и направляется в сушильную камеру с замкнутой циркуляцией воздуха [2]. В сушильной камере происходит удаление влаги до требуемого значения сухости, после чего насыщенный влагой воздух проходит через испаритель теплового насоса, где охлаждается и осушается, часть влаги конденсируется, охлаждаясь до температуры ниже точки росы и выводится наружу, а произведенная теплота вместе с теплотой выпаривания применяется для обогрева самой сушильной камеры.

Для регенерации теплоты сбросной воды технологических цехов также возможно использование теплонасосных установок. Охлаждаемая вода поступает в испаритель, где, взаимодействуя с хладагентом, снижает свою температуру до требуемых 5-10 °С.

В результате использования теплового насоса КПД сушильной установки по сравнению со схемой без утилизации теплоты повышается с 60% до 80%. Таким образом, благодаря регенерации сбрасываемой теплоты возможно возвращение значительной части энергетических ресурсов в производство, которая сбрасывается непосредственно в окружающую среду.

Литература

1. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – 3-е изд. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
2. Филонова, И. И. Организация системы утилизации вторичных энергетических ресурсов крупнотоннажного промышленного предприятия на основе трансформаторов теплоты / И. И. Филонова, Л. В. Плотнокова, Г. И. Ефремов // Вестник МГОУ. – 2011. – №4. – С. 24-28.

УДК 620.17(035)

Мукатдаров А. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

***Аннотация.** Материалы статьи посвящены рассмотрению вопроса о методах контроля качества металла и сварных соединений.*

***Ключевые слова:** неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, вихретоковой контроль, рентгенофлуоресцентный контроль, дефекты.*

Неразрушающий контроль (НК) позволяет контролировать различные свойства материалов и качество продукции без нарушения целостности деталей. Многие технологии НК могут быть применены для обеспечения качественного производства и функциональности. Три таких метода – ультразвуковой, вихретоковой и рентгенофлуоресцентный – применяются в производственном процессе для того, чтобы гарантировать использование

качественных образцов материалов, выявить приповерхностные трещины, а также обеспечить обнаружение критических дефектов.

Ультразвуковой контроль (УЗК) является одним из старейших и наиболее авторитетных методов неразрушающего контроля, имеющих широкое применение с середины 20-го века. УЗК использует импульсы высокочастотных звуковых волн для обнаружения скрытых трещин, пустот, пористости и других внутренних несплошностей в металлах, композитах, пластике и керамике. Звуковые волны проходят сквозь материалы в определенных направлениях и отражаются от дефектов и недостатков.

Контроль качества металла является самым распространенным промышленным применением УЗК. Ультразвуковая дефектоскопия – это сравнительный метод. Зонды, называемые преобразователями, генерируют звуковые волны высокой частоты. Они подключаются к образцам через слой жидкости или геля. Квалифицированный оператор с помощью соответствующих эталонов, наряду со знаниями законов распространения звуковых волн и общепринятых процедур испытания для выявления определенных дефектов, сравнивает их с закономерностями, возникающими на неповрежденных участках, и делает соответствующие выводы. Через этот процесс оператор может определить состояние материала детали [1].

Вихретоковый контроль (ВК) – это метод, который основывается на принципах магнетизма. Он широко используется в аэрокосмической промышленности и в других производствах, которые требуют точной проверки металла для выявления потенциальных проблем, связанных с безопасностью и качеством. Помимо обнаружения трещин в металлических листах, трубах и изготовленных деталях, вихретоковый контроль можно использовать для определенных точечных измерений, таких как определение коррозии под обшивкой самолета, измерения проводимости материалов, а также производить мониторинг влияния термической обработки и определять толщину непроводящих покрытий, таких как краска.

Поскольку вихретоковый метод лучше всего использовать для выявления поверхностных трещин, одним из самых практичных применений является проверка сварных конструкций, подверженных циклическим нагрузкам, которые могут привести к распространению усталостных трещин в ответственных сварных местах. Вихретоковый неразрушающий контроль позволяет быстро проводить проверки на больших площадях без использования специальных жидкостей [3].

Рентгенофлуоресцентный (РФА) метод основан на взаимодействии металла с рентгеновским излучением, которое имеет небольшую длину волны высокоэнергетического электромагнитного излучения. Когда первичный пучок рентгеновских лучей попадает на вещество, он возбуждает элементы на атомном уровне, вызывая движение электронов. Когда эти

движения происходят, каждый элемент имеет характерные выбросы вторичного (флуоресцентного) рентгеновского излучения, что позволяет определить элементный состав вещества. Метод позволяет выявить элементы с атомным номером 12 и выше (от магния до урана). В отличие от других технологий, РФА обеспечивает качественную и количественную характеристику материалов металлов и сплавов. РФА используется для идентификации материала, сплава, контроля процесса и соответствия нормативным требованиям, таким как RoHS. РФА используется в таких отраслях, как горнодобывающая промышленность и геология, теплоэнергетика, добыча драгоценных металлов, мониторинг экологической безопасности, безопасности потребителей и общего производства. РФА работает на поверхности материала с очень небольшим углублением [2].

Литература

1. Кретов, Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е. Ф. Кретов. – Изд-е 4-е, перераб. – СПб.: СВЕН, 2015. – 312 с.
2. ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
3. Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2017. – 243 с.

УДК 621.311.6

Мурзаева М. А.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

УСТАНОВКА PELAMIS ДЛЯ ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В данной статье рассматривается установка Pelamis для волновой энергетики. В отличие от приливных электростанций, они существуют совершенно разных типов, сильно различающихся между собой.

Ключевые слова: мировая энергетика, электричество, энергия волн, электростанция, преобразователи Pelamis.

Волновой преобразователь Pelamis – это полупогруженная в воду модульная система из четырех 45-метровых герметичных цилиндрических секций, соединенных шарнирами. Более половины массы «змея» зани-

мает балластная вода. Качание секций диаметром по 4,5 м на волнах приводит в движение поршни гидравлических насосов, которые нагнетают рабочую жидкость через компенсирующие аккумуляторы на гидравлические моторы. Моторы вращают электрические генераторы, производя энергию. Секции связаны между собой динамическим силовым кабелем, проходящим внутри шарниров. Напряжение от хвостовой секции 180-метрового туловища «змея» поступает по кабелю на трансформатор, расположенный на дне моря. А оттуда – на наземные сети. Из нескольких 750-киловаттных Pelamis, прикрепленных к дну моря, можно выстраивать большие энергофермы. Плотность группировки весьма высока – для фиксации преобразователей суммарной мощностью 30 МВт требуется не более 1 км² морского дна.

Необычные качающиеся волновые электростанции находятся от северного побережья Португалии всего в пяти километрах. Огромные красные конверты Pelamis P-750, которые по размеру похожи на железнодорожный состав и весят 750 тонн, прозванные «морскими змеями», снабжают местных жителей электроэнергией. Идея подобной волновой электростанции принадлежит специалистам из Шотландии из компании «Океанское энергоснабжение» в Эдинбурге.

Волны вынуждают плавающую «змею» изгибаться, за счет чего внутри – в местах, где секции соединяются – гидравлические поршни перемещаются и прокачивают масло через гидравлические двигатели, которые, в то же время заставляют вращаться электрогенераторы.

Полученное электричество поступает в кабель, проходящий с поплавка на дно. Несколько подобных «змей» могут быть объединены электрически – общая мощность передается на берег по одному кабелю. Есть предположение, что итоговая мощность волновой электростанции Португалии составит 21 МВт, этого достаточно для 15 тысяч домов.

Кроме того, фирма «Pelamis Wave Power» планирует расположить такие же комплексы вблизи Оркнейских островов, а также у побережья Корнуолла.

Конечно же, как и у любого другого сооружения есть свои недостатки: среднегодовой коэффициент применения мощности не превышает 0,4; высокая материалоемкость; повышенный уровень удельных капитальных затрат (примерно 6000 долларов США за один кВт на время установки первых агрегатов).

Литература

1. «Популярная механика» [<https://www.popmech.ru/technologies/11543-cerfing-na-teravatt-volny/>].

Нгуен Тиен, аспирант

Научный руководитель: Гильфанов К. Х., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ НАГРУЗКИ

***Аннотация.** Температура в наиболее нагретых точках магнитопровода и изоляции обмотки определяет нагрузочную способность трансформаторов. Представлены некоторые результаты моделирования температуры с использованием программного пакета ANSYSWorkbench.*

***Ключевые слова:** силовой трансформатор, температура в наиболее нагретых точках, моделирование.*

Ресурс силовых масляных трансформаторов, установленных в электрических сетях разных классов напряжения, зависит от режимов эксплуатации. Для повышения надежности и эффективности использования трансформаторного парка необходимо глубокое понимание различных электромагнитных и тепловых динамических процессов силового трансформатора, поскольку именно они определяют износ составных частей оборудования.

Температура в наиболее нагретых точках магнитопровода и изоляции обмотки определяет нагрузочную способность трансформаторов. Соответственно, оценка сводится к определению превышения температуры верхних слоев масла над температурой охлаждающей среды и превышения температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла при нестационарных режимах нагрева. Эксперименты по температурным испытаниям масляных трансформаторов с различными системами охлаждения показывают, что измерения температуры наиболее нагретой точки изоляции обмоток являются достаточно сложной технической задачей. Эти трудности связаны со слабой разработанностью современных оптических датчиков, с невысокими метрологическими характеристиками, надежностью традиционных средств измерения и условиями эксплуатации.

Компьютерное моделирование дает возможность решить поставленную задачу и прогнозировать тепловую и гидромеханическую картину в различных режимах. В данной работе представлены некоторые

результаты такого моделирования с использованием программного пакета ANSYSWorkbench.

Общие сведения об оценке температурного режима и определении нагрузочной способности силовых масляных трансформаторов изложены в межгосударственном стандарте «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов» [1, 2]. Под воздействием температуры и ряда других факторов физико-химические свойства твердой изоляции обмоток с течением времени претерпевают необратимые изменения, по которым оценивается нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов. Изоляция обмоток при этом становится хрупкой и теряет способность выдерживать механические нагрузки от вибраций или коротких замыканий. Скорость старения изоляции обмоток зависит от температуры и длительности ее воздействия.

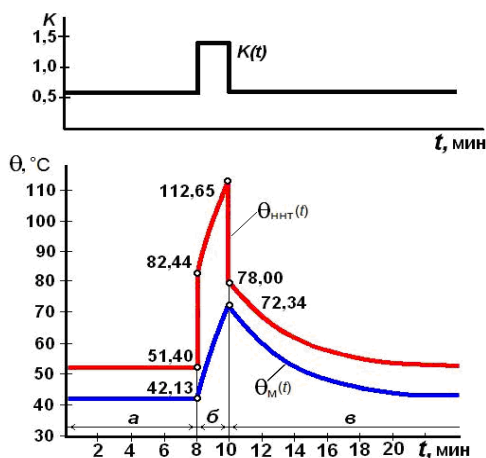


Рис. 1. Зависимости изменения температуры масла $\theta_m(t)$ и температуры наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{hnt}}(t)$ силового масляного трансформатора ТМН-6300/110 при изменении коэффициента загрузки по току K

Зависимости изменения температуры масла $\theta_m(t)$ и температуры наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{hnt}}(t)$ силового масляного трансформатора ТМН-6300/110 при изменении коэффициента загрузки по току K приведены на рис. 1.

Как представлено на рис. 1, можно выделить три временных интервала – начальный (a), интервал загрузки (b) и стабилизации (v).

Неустановившиеся тепловые режимы силовых масляных трансформаторов моделируются в среде программного пакета [3, 4], позволяющего с использованием встроенной библиотеки создавать необходимый конструктивный элемент (силовой трансформатор), заполнять его внутренний объем элементами (магнитопровод с обмотками), средой с определенными свойствами (трансформаторным маслом) и симулировать внутренние нестационарные термодинамические процессы согласно начальным и граничным условиям, представленным на рис. 1. Общий вид и результат моделирования показан на рис. 2.

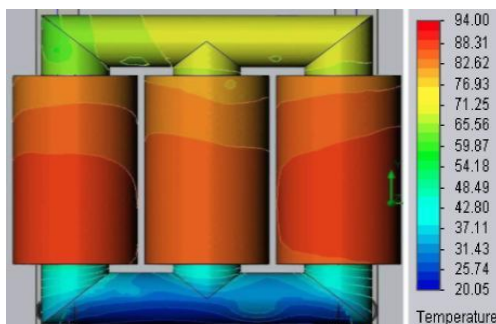


Рис. 2. Температура по поверхности обмоток ВН и магнитопровода

Созданная модель неустановившихся тепловых режимов силовых масляных трансформаторов позволяет с высокой точностью определить место расположения и значение температуры наиболее нагретой точки изоляции обмотки внутри бака, что в свою очередь позволяет оперативно уточнять значение допустимой перегрузки по току силовых масляных трансформаторов в различных эксплуатационных режимах.

Литература

1. МГОСТ 14209-97 (МЭК 354) Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. Дата введения 2002.01.01.
2. IEC 60076-7:2005 Power transformers - Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers Released: 2005-12-15.
3. ANSYS software: <http://www.ansys.com>.
4. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие. Часть 1. / В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова и др. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.

Нигматулина А. Ф., Ибадов А. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОСОБЕННОСТИ ТРАССИРОВКИ ЗАГЛУБЛЕННЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Аннотация.** Проведен анализ различных методов трассировки заглубленных трубопроводов и определены условия для их усовершенствования применительно к другим материалам.*

***Ключевые слова:** трассировка, заглубленные трубопроводы, методы трассировки.*

В настоящее время остро стоит проблема трассировки заглубленных трубопроводов. При проведении различных строительных работ неверное определение расположения трубопровода может привести к различным непредвиденным обстоятельствам, к которым можно отнести нарушение целостности коммуникации, создание аварийной ситуации и даже вплоть до человеческих жертв. Таким образом, безопасность, являющаяся необходимым условием при проведении земляных работ или прокладке новых коммуникаций, ставится под сомнение в том случае, если применяемые методы поиска трубопровода не дают соответствующих результатов [1].

Если говорить об уже существующих методах поиска металлических трубопроводов, то самое широкое распространение получил метод вихревых токов, однако его применение невозможно для неметаллических трубопроводов, которым в настоящее время отдается предпочтение. Наряду с вихретоковым методом часто используется метод электромагнитной локации. Он давно известен и широко применим, однако он не обеспечивает получение полной и достоверной информации, так как рядом с разыскиваемым трубопроводом могут находиться другие различные коммуникации и кабели связи, к тому же данный метод тоже не применим к неметаллическим конструкциям [2].

Проблема трассировки трубопроводов очень актуальна в настоящее время, потому что все чаще металлические трубопроводы стали заменять различными неметаллическими, благодаря их преимущественным свойствам, таким как хорошие прочностные показатели, полная устойчивость

к коррозии, экологическая безопасность и др. Уже много лет они применяются на объектах добычи и транспортировки нефти [3]. К тому же, жилищно-хозяйственный комплекс Российской Федерации прямо говорит о том, что основной причиной проблем с заглубленными трубопроводными системами является неоправданно большое количество металлических труб. Это значит, что огромное множество трубопроводных систем будут заменяться на другие, из более современного материала, что усложнит их трассировку уже существующими методами.

Вместе с возникшей проблемой увеличения количества неметаллических трубопроводов, возникает и большое количество новых вариантов их трассировки. Метод, который подойдет к поиску любых трубопроводов – это графическая маркировка на стенах домов и столбах [4]. Он не так надежен, потому что наземный объект, на который наносится маркировка, может быть перемещен или снесен. У этого метода есть другой вариант – применение трассопоискового оборудования для поиска трубопроводов из полиэтилена с возможностью поиска электронных маркеров для газопроводов и чтения (записи) данных в интеллектуальные электронные маркеры.

В заключение стоит отметить, что на данный момент идет активная ориентация на внедрение труб из полимерных материалов, определяя для них свои области применения с вытекающей максимальной полезностью. Это значит поиск новых методов трассировки неметаллических трубопроводов в ближайшем будущем будет иметь приоритетное значение.

Литература

1. Гапоненко, С. О. Методика поиска скрытых полых объектов в грунте // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 21-23.
2. Системы поиска и трассировки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://solutions.3mrussia.ru/wps/portal/3M/ru_RU/Locating-Marking-EU/Home/Solutions-Directory/Oil-Gas/, свободный.
3. Комплексный метод и устройство лазерно-акустического контроля поверхностных дефектов в металлических и металлизированных изделиях [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.11.13 : защищена 14.06.2013 / А. А. Хасанов; рук. работы Р. И. Калимуллин; ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет». – Казань: КГЭУ, 2013. – С. 46-78.
4. Добромислов, А. Я. Проблема долговечности и надежности трубопроводных систем / А. Я. Добромислов // Сантехник. – 2013. – №5. – С. 13-14.

Нигматуллина А. Г.

Научный руководитель: Загретдинов А. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

НАЛАДКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены этапы наладки систем теплоснабжения. Представлена разработка мероприятий по режимной наладке водяной системы централизованного теплоснабжения.

Ключевые слова: наладка тепловых сетей, этапы проведения наладки теплоснабжения, задачи регулирования систем центрального теплоснабжения.

Режимная наладка охватывает основные звенья системы централизованного теплоснабжения: водоподогревательную установку ТЭЦ или котельную, центральный тепловой пункт (ЦТП), водяную тепловую сеть с установленными на ней контрольно-распределительными пунктами (КРП), насосными, дроссельными подстанциями и прочими сооружениями, индивидуальные тепловые пункты (ИТП) и местные системы теплоснабжения.

Задачи регулирования систем централизованного теплоснабжения включают: обеспечение источником тепла заданных гидравлического и теплового режимов; обеспечение расчетного расхода теплоносителя по всем подключенным к тепловой сети системам теплоснабжения, а также по теплоснабжающим приборам; обеспечение расчетных внутренних температур воздуха в помещениях. Наладка начинается с обследования системы централизованного теплоснабжения, при этом выявляются фактические эксплуатационные режимы, возможные дефекты проекта и монтажа, подбирается информация для анализа характеристики системы. После обследования системы централизованного теплоснабжения производятся испытания: пропускной способности тепловой сети; пропускной способности источника тепла; сетевых и подпиточных насосов. На основе этих испытаний определяются фактическая эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопроводов на каждом отдельном участке тепловой сети, потери напора в коммуникациях источника тепла, фактические характеристики сетевых и подпиточных насосов. Испытания проводятся в период между двумя отопительными сезонами [1].

Наладку системы теплоснабжения можно разделить на следующие этапы.

1. Инструментальный:

- обследование существующей системы теплоснабжения;
- определение технического состояния и потерь;
- определение фактических нагрузок потребителей.

2. Расчетный:

- определяются расходы теплоносителя в соответствии с нагрузками потребителей;
- на основании полученных данных производится гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей, выбираются дроссельные устройства;
- рассматриваются и прорабатываются мероприятия по оптимизации системы теплоснабжения, возможные варианты реконструкции и модернизации.

3. Практический:

- установка дроссельных устройств и проверка качества распределения теплоносителя;
- в случае необходимости производится «подрегулирование»;
- вынесение рекомендаций по насосному оборудованию;
- разработка энергосберегающих мероприятий.

В результате наладки создаются необходимые условия для работы систем отопления, приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения и повышаются технико-экономические показатели централизованного теплоснабжения за счет увеличения пропускной способности тепловых сетей, ликвидации перетопа потребителей, снижения расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя [2].

Литература

1. ОСТ 36-68-82. Тепловые сети. Режимная наладка систем централизованного теплоснабжения. – М., 1982.
2. Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения МДК 4-02.2001.

Петухова Е. В.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

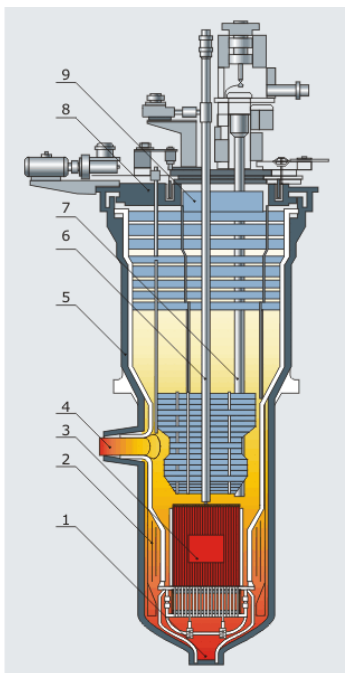
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ РЕАКТОРА БОР-60

Аннотация. *Определяющим условием устойчивого экономического развития страны является бесперебойное снабжение промышленности и населения энергией. Важная роль в решении этой задачи принадлежит ядерной энергетике. Одним из исследовательских реакторов является опытный реактор на быстрых нейтронах БОР-60.*

Ключевые слова: *быстрые натриевые реакторы, БОР-60, ядерная энергетика, ТВЭЛ, ядерные энергетические установки.*

Многие специалисты утверждают, что дальнейшее развитие ядерной энергетики немислимо без перехода к строительству и эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах. Они позволяют более эффективно использовать запасы урана, решать задачи охраны окружающей среды. Наконец, они еще более безопасны, чем строящиеся сейчас ядерные энергоблоки.

Реактор БОР-60 – опытный реактор на быстрых нейтронах, смонтированный в Институте атомных реакторов (г. Димитровград, 1969). Реактор является уникальной многоцелевой установкой, предназначенной для решения проблем реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем и ядерных энергетических установок других типов, в том числе с термоядерными реакторами, а также для проведения исследований, необходимых в различных областях науки и техники. Бор-60 используется для испытания твэлов на основе различных топливных композиций, включающих плутоний, облучения конструкционных материалов ядерных реакторов и материалов термоядерных реакторов в жестком спектре нейтронов в диапазоне температур 300-1000°C, а также для проведения исследований по проблемам безопасности и обоснование проектов реакторов на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением.



Основные технические характеристики реактора BOR-60

Мощность тепловая	60 МВт
Мощность электрическая	10 МВт
Максимальная плотность нейтронного потока	$3,7 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Скорость накопления повреждающей дозы	До 25 сна/год
Температура теплоносителя на входе в реактор	До 330 °С
Температура теплоносителя на выходе из реактора	До 530 °С



Схема реактора BOR-60

- 1, 4 – входной и выходной патрубки
- 2 – тепловая и нейтронная защита корпуса реактора
- 3 – активная зона
- 5 – корпус
- 6 – управляющий стержень
- 7 – перегрузочный канал
- 8, 9 – большая и малая защитные поворотные пробки

Схема реактора

Отличительными чертами реактора являются:

- уникальность. BOR-60 является единственной в России и Европе действующей установкой с исследовательским реактором на быстрых нейтронах.
- возможность ускоренных (до 20 сна в год) высокодозных (до 100 сна и более) облучений конструкционных материалов;
- возможность проведения массовых испытаний топлива для быстрых реакторов в обоснование перспективных топливных циклов;
- наличие экспериментальных устройств, обеспечивающих формирование необходимого нейтронного спектра для исследований по отработке технологии трансмутации высокоактивных радионуклидов, в том числе актинидов;
- наличие экспериментальных стендов для испытаний крупномасштабных моделей оборудования АЭС с реакторами на быстрых нейтронах;

- возможность получения высокоактивных радионуклидных препаратов, процесс наработки которых наиболее эффективно осуществляется в жестком нейтронном спектре;
- наличие защитной камеры и необходимого оборудования в ней для промежуточных обследований облучаемых образцов и изделий.

Направления исследований

1. получение экспериментальных данных по изменению свойств топливных, поглощающих и конструкционных материалов различных типов реакторов под действием облучения;
2. обоснование работоспособности различных топливных композиций в условиях нормальной эксплуатации, переходных режимов и аварийных ситуациях;
3. обоснование реализации замкнутого ядерного топливного цикла;
4. повышение безопасности эксплуатации систем и оборудования различных типов ядерных реакторов;
5. разработка усовершенствованных методов накопления и получения радионуклидных препаратов с необходимой удельной активностью.

Выводы

Реактор БОР-представляет собой следующую ступень в освоении технологии быстрых натриевых реакторов после реактора БР-5 и разрабатывался с более широкими возможностями по проведению различных исследований.

БОР-60 успешно эксплуатируется. В декабре (2018 года) ему исполняется 49 лет. Для быстрых реакторов это рекорд непрерывной эксплуатации.

Литература

1. Дементьев, Б. А. Ядерные энергетические реакторы: учебник для вузов / Б. А. Дементьев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 84-90.
2. Гаджиев, Г. И. Обзор исследований нейтронно-физических характеристик, выполненных при пуске реактора БОР-60 / Г. И. Гаджиев, И. Ю. Жемков. – НИИАР, 2011. – С. 56.

Политова Т. О., Базукова Э. Р.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. Величина ущерба от недоотпусков тепловой энергии потребителям значительно сокращается при снижении времени с момента возникновения повреждения в системах централизованного теплоснабжения до обнаружения и устранения этого повреждения.

Ключевые слова: тепловая сеть, дефект, коррозия, надежность, система теплоснабжения.

Несмотря на высокую социальную значимость, тепловая энергетика России в настоящий момент функционирует неэффективно. Высокий износ теплосетевого хозяйства ведет либо к высокому уровню затрат ресурсоснабжающих организаций, либо к снижению надежности теплоснабжения.

Анализ повреждаемости сетей свидетельствуют о том, что постоянное увеличение количества дефектов в тепловых сетях может иметь предел, а ремонтные подразделения предприятия будут не в состоянии «физически» выполнять увеличивающийся объем работ по устранению дефектов.

В настоящее время в качестве основного направления повышения надежности системы теплоснабжения принято считать отбраковку в летний период ослабленных коррозией участков теплосети, которая производится путем гидравлического испытания отдельных участков трубопроводов при повышенном давлении. В шести обследованных городах с целью повышения надежности применяется подключение жилых районов по дублирующей схеме. В некоторых случаях производят отключение горячего водоснабжения.

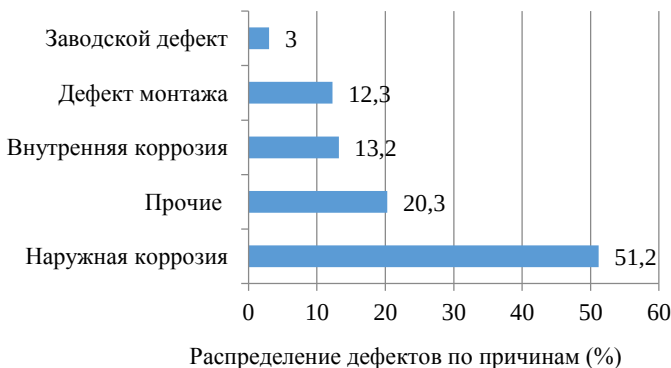
Основная доля повреждений тепловых сетей, от 50 до 65 % от общего числа повреждений, выявляется в процессе гидравлических испытаний в период подготовки к отопительному сезону.

В ходе анализа повреждений отмечаются следующие причины инцидентов:

- дефект запорной арматуры (неисправности вентилей, задвижек, неплотности затворов);

- свищи (локальная наружная коррозия трубы, язвенная наружная коррозия потребительской врезки);
- разрыв трубы (сплошная наружная коррозия);
- внешний коррозионный износ элементов неподвижной опоры.

На рисунке представлены результаты анализа дефектных ведомостей трубопроводов с распределением тепловых сетей по причинам повреждений.



Наиболее частой причиной повреждений теплопроводов является наружная коррозия. Она наблюдается в 51 % случаев. Количество повреждений, связанных с разрывом продольных и поперечных сварных швов труб, значительно меньше, чем коррозионных. Основными причинами разрывов сварных швов являются заводские дефекты при изготовлении труб и дефекты сварки труб при строительстве, соответственно 3 и 12 %.

Надежность работы тепловых сетей напрямую зависит от конструкции, длины, сроков службы, качества эксплуатации и т. д. Правила технического обслуживания и ремонтов, одинаковость финансово-экономического положения предприятий ТС привели состояние сетей к одинаковым технологическим условиям.

Наиболее частым видом повреждений в тепловых сетях является внешняя и внутренняя коррозия трубопроводов. Именно это должно стать основанием для разработки и реализации эффективных мер по ее снижению. Среди этих мер:

- предотвращение увлажнения изоляции;
- антикоррозионные покрытия труб и арматуры;
- совершенствование способов прокладки;
- организацию катодной защиты трубопроводов.

Литература

1. Горбунова, Т. Г. Расчет и оценка показателя надежности при проектировании тепловых сетей / Т. Г. Горбунова Ю. В. Ваньков, Т. О. Политова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 28. – № 1. – С. 32.
2. Зиганшин, Ш. Г. Методы построения моделей надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саяхова, С. А. Назарычев // «Научному прогрессу – творчество молодых»: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 245-247.
3. Зиганшин, Ш. Г. Оценка результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Т. О. Политова, Р. Р. Саяхова // «Научному прогрессу – творчество молодых»: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 243-245.
4. Политова, Т. О. Корреляционный анализ факторов влияющих на отказы трубопроводов тепловых сетей / Т. О. Политова, Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саяхова и др. // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3.
5. Сурис, М. А., Липовских В. М. Защита трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии / М. А. Сурис, В. М. Липовских. –М.: Энергоатомиздат, 2003. – 216 с.
6. Базукова, Э. Р. Тепловые потери при ухудшении свойств изоляции в процессе эксплуатации / Э. Р. Базукова, Ю. В. Ваньков // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3. – ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3249.

УДК 621.444

Рыбакова А. П.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СРАВНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ СТИРЛИНГА РАЗНЫХ ФИРМ

Аннотация. *Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело в виде газа или жидкости движется в замкнутом объеме, разновидность двигателя внешнего сгорания. Рассматриваются технические характеристики Стирлинг машины разных компаний.*

Ключевые слова: *двигатель Стирлинга, компания, характеристика, «Филипс».*

Двигатель Стирлинга основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с извлечением энергии из возникающего при этом изменения объема рабочего тела. Может работать не только от сжигания топлива, но и от любого источника тепла.

В мировых обзорах по энергопреобразующей технике двигатель Стирлинга рассматривается как наиболее перспективный в XXI веке. Низкий уровень шума, малая токсичность отработанных газов, возможность работы на различных топливах, большой ресурс, хорошие характеристики крутящего момента – все это делает двигатели Стирлинга более конкурентоспособными в сравнении с ДВС.

Двигатель, предложенный самим Робертом Стирлингом, имел значительные массо-габаритные характеристики и низкий КПД. Из-за сложности процессов в таком двигателе, связанных с непрерывным движением поршней, первый упрощенный математический аппарат был разработан только в 1871 году пражским профессором Г. Шмидтом. Предложенный им метод расчета основывался на идеальной модели цикла Стирлинга и позволял создавать двигатели с КПД до 15%. Лишь к 1953 году голландской фирмой «Филипс» были созданы первые высокоэффективные двигатели Стирлинга, превосходящие по характеристикам двигатели внутреннего сгорания.

Интерес вызывает двигатель KS15D фирмы DaimlerBenz. В нем применено несколько принципиальных решений, которые традиционно считаются не соответствующими высокому уровню параметров и технологии: бесшатунный приводной механизм с двойными ползунами, крестообразное расположение цилиндров с периферийным расположением горячих полостей и корпусов регенераторов, нагреватель коллекторного типа с несколькими изломами траектории движения рабочего тела и значительным мертвым объемом. Тем не менее, получился компактный эффективный двигатель с эффективным КПД ~37 %, удельной массой ~4 кг/кВт и удельным полным объемом ~5 л/кВт. Мощность 15 кВт, частота вращения 1500 мин⁻¹, 4 цилиндра размером 5,6/2,8, рабочее тело – гелий, среднее давление 13 МПа, температура нагревателя 1043 К, эффективный КПД 37,1 %, масса 60 кг, размеры 0,462x0,462x0,442 м.

Необходимо отметить, что рядом зарубежных фирм начато производство двигателей, технические характеристики которых уже сейчас превосходят ДВС и газотурбинные установки (ГТУ). В таблице представлены основные технические характеристики зарубежных двигателей Стирлинга.

Фирма	Марка	Мощность, кВт	Удельная масса, кг/кВт	Ресурс, ч	Эффективный КПД, %
Philips	4×235	150	5,0	10 000	28
	4-S-1210	265	3,8	10 000	30
STM Inc.	STM 4-120	52	2,1	50 000	45
	SM-3	40		50 000	40
Daimler Benz	KS15D	15	3,7		37,1
Solo	V-160	7,5	2,3	28 000	35
MTI	Mod-III	108	3,0	20 000	36
	4-95	52	4,1	20 000	41
United Stirling	V4X	1250	1,2	10 000	30

Компания Qnergy выпустила двигатель Стирлинга в двух типоразмерах: 3.5 и 7.5 кВт. Двигатели Qnergy серии QB являются крупнейшими коммерческими машинами Стирлинга, доступными на рынке. Используя ноу-хау и опыт, полученный в автомобильной промышленности, команда разработчиков оптимизировала двигатель, с точки зрения его эффективности и стоимости производства, создав доступное решение для рынка. Как и положено двигателю Стирлинга, он отличается высоким КПД, надежностью, низким уровнем шумов и может использовать почти любые виды топлива. Двигатель сконструирован по типу свободнопоршневого двигателя Стирлинга (FPSE).

Технические характеристики:

Модель	QB-3500	QB-7500
Тип	Свободнопоршневой	Свободнопоршневой
Выходная мощность	3.5 кВт	7.5 кВт
Выходное напряжение	420 В	420 В
Выход с инвертера	380В или 220В/110В 50/60 Гц	380В или 220В/110В 50/60 Гц
Рабочее тело	Гелий 99.999%	Гелий 99.999%
Срок службы	50000 часов	50000 часов
Вес	67 кг	103 кг
Техобслуживание	Не требуется	Не требуется
Применение	Частные дома, микро-ТЭЦ, солнечная энергия	Коммерческие объекты, микроТЭЦ на биотопливе, жидком топливе, газе

Таким образом, работа в области усовершенствования двигателей Стирлинга движется вперед. Вперед выходят зарубежные фирмы. Технические характеристики их двигателей превосходят ДВС и ГТУ.

Литература

1. Ридер, Г. Двигатели Стирлинга: Пер. с англ. / Г. Ридер, Ч. Хупер. – М.: Мир, 1986. – 464 с.

УДК 658.264

Сабирова Л. Р.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРЕИМУЩЕСТВО ПЕРЕХОДА НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ

Аннотация. *Материалы статьи посвящены рассмотрению вопроса о принципе работы индивидуального теплового пункта и выявлению комплекса мероприятий, определяющих высокую эффективность применения индивидуального теплового пункта.*

Ключевые слова: *индивидуальный тепловой пункт, горячее водоснабжение, система отопления, подготовка теплоносителя, теплопотери, автоматизация.*

В настоящее время известны центральные и индивидуальные тепловые пункты. Но в связи с модернизацией системы отопления везде устанавливаются индивидуальные тепловые пункты.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это тепловая энергоустановка, присоединенная к тепловой сети. Она обеспечивает преобразование холодной воды в горячую, а также управление режимами теплопотребления и распределения тепла. Используется для обслуживания одного здания или его части. Как правило, располагается в подвальном или техническом помещении [1].

В отличие от центральных тепловых пунктов ИТП обеспечивает:

- компактность;
- бесшумность;

- энергосбережение и комфорт в помещении;
- снижение эксплуатационных затрат на 30%.

Принцип работы ИТП заключается в следующем:

- по трубопроводу в ИТП поступает теплоноситель, который отдает свое тепло подогревателям горячего водоснабжения и системы отопления;
- поступивший теплоноситель разделяется на два потока: один идет сразу потребителям, как холодное водоснабжение; второй – подогревается в ИТП и служит для горячего водоснабжения;
- затем теплоноситель направляется в обратный трубопровод и по магистральной сети поступает обратно для повторного использования на теплогенерирующее предприятие.

Тепло, подаваемое тепловыми сетями, с помощью насосов циркулирует от теплового пункта и обратно, отапливая помещения [2].

Применение ИТП позволяет выполнять следующие мероприятия:

1. качественную подготовку теплоносителя и контроль его параметров;
2. возможность влияния на расход тепла путем улучшения режима его потребления, в зависимости от наружной температуры, что обеспечивает комфортное условие в здание;
3. надежность работы;
4. сокращение теплопотерь с помощью автоматизированных процессов;
5. скромные габаритные размеры устройства [3].

Литература

1. Смирнова, М. В. Теоретические основы теплотехники / М. В. Смирнова. – М.: ИнФолио, 2016. – 272 с.
2. Ахметзянова, Л. Г. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения / Л. Г. Ахметзянова // «Научному прогрессу – творчество молодых»: материалы XII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 106-108.

Самигуллин А. И.

Научный руководитель: Ахметов Т. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

***Аннотация.** Данная работа посвящена рассмотрению вопроса энергосбережения, сложившегося на сегодняшний день в большей части отечественных объектов производства, транспортировки и потребления тепловой энергии, предлагая варианты их успешного решения.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, эффективность, теплоснабжение.*

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом ключевых энергоресурсов, растущей стоимостью их добычи, а также с массовыми экологическими проблемами [1].

Глобальное желание к повышению эффективности процесса генерации неминуемо привело к строительству протяженных и трудно-разветвленных тепловых сетей в Российской Федерации [2]. На территории нашего государства проложено около 180 тыс. км тепловых сетей (в двухтрубном исчислении) с трубами диаметрами от 57 до 1400 мм. Радиусы теплоснабжения в отдельно взятых городах больше 30 км, что инициирует в свою очередь внушительное расходование электроэнергии на перекачку теплоносителя. [3].

В нынешнее время в связи с приватизацией жилища и предприятий сферы обслуживания, а также с повышением стоимости энергоносителей, актуальным считается переход от групповых тепловых пунктов к индивидуальным (ИТП), находящимся в отапливаемом здании. Это позволяет использовать более эффективную систему пофасадного авторегулирования отопления для протяженных зданий или центральную – с коррекцией по температуре внутреннего воздуха в точечных зданиях, что позволяет отказаться от распределительных сетей ГВС, уменьшив потери тепла при транспортировке и расход электроэнергии на перекачку бытовой горячей воды. Причем это необходимо использовать не только в новом строительстве, но и при перестройке существующих зданий. Такой опыт есть в Германии, где так же, как и у нас строились ЦТП, но в данный момент их оставляют только как насосные водопроводные подкачиваю-

щие станции, а теплообменное спецоборудование вместе с циркуляционными насосами, узлами регулирования и учета перемещают в ИТП зданий. Внутриквартальные сети не прокладывают, трубопроводы ГВС оставляют в земле, а трубопроводы отопления, как более надежные, применяют с целью подачи перегретой воды в здания. [4].

Таким образом исследование данной проблемы является значимым и актуальным. В докладе проведен анализ вероятных мероприятий по энергосбережению при транспортировке тепловой энергии. По итогам проведенного анализа разработан более оптимальный и продуктивный комплекс мер по уменьшению потерь энергии. Энергетический резерв, который может быть применен при использовании указанных мероприятий, даст возможность существенно увеличить не только экономии энергоресурсов, но и гарантирует огромный финансовый эффект.

Литература

1. Коршунова, Л. А. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности в России / Л. А. Коршунова, Н. Г. Кузьмина, Е. В. Кузьмина // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 322. – №. 6. – С. 22-25.
2. Ибрашева, Л. Р. Энергосберегающие технологии в жилищно-коммунальном хозяйстве России / Л. Р. Ибрашева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 7. – С. 281-288.
3. Белоусов, А. В. Комплексные меры по энергосбережению как основа современной концепции энергоэффективности / А. В. Белоусов, Ю. А. Кошлич, А. Г. Гребеник // Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. – №. 1. – С. 9.
4. Осокин, В. Л. Методические вопросы объективной оценки потенциала энергосбережения / В. Л. Осокин, Б. В. Папков, В. А. Горохов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – №. 4 (59). – С. 98-105.

УДК 539.376

Сапаков Н. Д.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЖИЛОГО ДОМА ДЛЯ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *Представлены суммарные потребности жилого дома для проектирования системы солнечного энергоснабжения. В результате определены основные потребности жилого дома.*

Ключевые слова: электроприборы, расчет потребностей, мощность электроприборов. солнечные панели.

Введение. Использование энергии солнца позволяет экономить дорогую электроэнергию, поставляемую в дома энергетическими компаниями, и даже зарабатывать на поставках энергии в электрическую сеть, если таковое предусмотрено местным законодательством [1].

Солнечной батареей производится генерирование электрического тока в дневное время, и с помощью контроллеров заряжается аккумуляторная батарея (АБ). Уровень заряда АБ контролируется автоматически. С помощью инвертора происходит преобразование постоянного напряжения аккумуляторной батареи в переменное 220В [2].

Для эффективности работы солнечной системы целесообразно заменить бытовые электроприборы, потребляющие большое количество электроэнергии, приборами, которые расходуют меньше электроэнергии.

Также выгодной заменой будет демонтаж электронагревателя и монтаж системы нагрева воды от солнечных батарей.

Цель работы: рассчитать электрическую нагрузку потребляемой в сутки.

Рассмотрим энергопотребление бытовых приборов, установленных в доме (таблица).

Энергопотребление бытовых приборов

Потребитель	Мощность (Вт)	Кол-во (шт.)	Время работы за сутки (час)	Энергопотр. сутки (Вт/час)
Микроволновая печь	1500	1	30 мин	750
Телевизор	60	1	3	180
Электрочайник	1500	1	30 мин	750
Холодильник	100	1	8	800
Электрический утюг	1500	1	30 мин	750
Компьютер	350	1	4	1400
Электропылесос	700	1	5 мин	58
Диодная лампа	3	30	3	270
Всего в сутки:				4958 (Вт/час)

Общее потребление в сутки:

$$P = 4958/24 = 206,583 \text{ Вт. ч.}$$

Месячное энергопотребление системы.

Месячная нагрузка складывается из суммарной нагрузки в течение месяца, то есть 30 дней.

$$4958 \cdot 30 + (4958/2) = 151219 \text{ Вт.}$$

Заключение. Для установки солнечных панелей составили таблицу энергопотребляющих бытовых приборов, установленных в доме, и определили электрическую нагрузку бытовых электроприборов, потребляемой в сутки.

Литература

1. <http://old.homeforlife.ru/sposobiekonomiielektroenergii/99-sposobiekonomiielektroenergii/667-sistemasolnechnogoenergoberejenia>.
2. <http://akbinfo.ru/alternativa/princip-raboty-solnechnoj-batarei.html>.

УДК 539.376

Сапаков Н. Д.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент

Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДОМА

Аннотация. *Представлен расчет оборудования системы автономного энергоснабжения дома, предложено соответствующее оборудование.*

Ключевые слова: *ресурсы солнечной энергии, гелиоколлектор, фотоэлектрический преобразователь, солнечная батарея, солнечная электростанция.*

Актуальность. Рост цен на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) делает все более актуальным их экономию и использование альтернативных возобновляемых видов энергии, в частности солнечной энергии. Создание автономного энергообеспечения путем применения нетрадиционных источников могло бы стать решением проблемы.

Введение. Главная составляющая домашней солнечной электростанции – солнечные батареи или фотоэлектрические панели. Их назначение – прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Они не

могут работать самостоятельно без вспомогательного оборудования. Таким оборудованием являются инвертор, аккумуляторные батареи, регулятор заряда и автоматы.

Нередко возникают споры о том, целесообразно ли использовать солнечные батареи для автономного электроснабжения жилища. На первый взгляд кажется, что энергия солнца – бесплатная. Но оборудование для превращения этой энергии в электричество стоит довольно дорого. Для оценки экономической целесообразности вложений в такое оборудование необходимо сравнить текущие затраты на электроэнергию с разовыми капитальными затратами.

Цель работы: рассчитать затраты и выбрать оборудование для солнечного энергоснабжения дома.

Суточное энергопотребление системы

Суточная нагрузка складывается из работы телевизора, электрочайника, холодильника и диодных ламп. Остальные приборы включаются реже необходимых для жизнеобеспечения.

$$180 + 500 + 800 + 270 = 1,75 \text{ кВт.ч.}$$

Месячное энергопотребление системы

Месячная нагрузка складывается из суммарной нагрузки в течение месяца, то есть 30 дней.

$$1,75 \cdot 30 + (1,75/2) = 53,37 \text{ кВт.}$$

Выбор аккумуляторных батарей производится расчетным путем. Рассчитываем емкость.

Суммарная мощность потребителей равна 1750 Вт.ч.

Глубина разряда 50%.

Номинальное напряжение 12В.

Расчетная емкость: $1750/(12 \cdot 0,5) = 291,66 \text{ А.ч.}$

Произведем более точный расчет емкости аккумуляторной батареи.

Работа в автономном режиме равняется 3 пасмурным дням, то есть 72 часа.

Среднее потребление в сутки: $P = 1750/24 = 72,91 \text{ Вт.ч.}$

Емкость батареи: $E = (72,91/12) \cdot 72 \cdot 1,2 = 525 \text{ А.ч.} \approx 600 \text{ А.ч.}$

Учитываем, что батареи в реальности не работают в расчетных условиях. Поэтому выбираем батареи с запасом емкости 10-20%.

$$525 \cdot 1,20 = 630 \text{ А.ч.} \approx 650 \text{ А.ч.}$$

Выбираем аккумулятор Delta DTM L (AGM 12-100)[2].

Номинальная ёмкость – 100 Ач. Технология – AGM. Стоимость 11300 руб. Определяем число аккумуляторов: $630/100 = 6,3 \approx 7$ штук.

Мощность инвертора подбирается, исходя из суммарной мощности подключенных одновременно электроприборов плюс не менее 25% запаса мощности.

Потребляемая мощность в сутки: 1750 Вт.ч.

$1750 \cdot 1,25 = 2187,5$ Вт.

Выбираем инвертор: **СибВольт 1524** [3].

Технические характеристики.

Подключается к сети напряжением: 21 В. Напряжение на выходе: 220 В. Мощность на выходе 1500 Вт, 3000 Вт (пиковая) КПД: 90%. Стоимость – 16500 руб.

Выбираем контролер заряда 12В MPPT 50А. Стоимость – 8500 руб.

Выбираем автоматический выключатель 12В АВ 250А. Стоимость – 700 руб.

Выбор фотоэлектрического модуля

Выбор производим исходя из потребляемой мощности. Потребляемая мощность 1750 Вт. Применяем монокристаллические солнечные панели. Возьмем солнечную батарею **Exmork 150Вт. 12В. Моно.**

Температурные режимы работы

Оптимальная температура без потери мощности: до +47°C Рабочий диапазон: от -40°C до +85°C. Степень герметизации: IP 65 (корпус, распределительная коробка).

Паспортная мощность 150 Вт.

Номинальное напряжение 12 В.

Стоимость – 7200 руб.

Считаем требуемое количество модулей: $1750/150=11,6?$ 12 штук.

Общая сумма затрат на оборудование составила 191 200 руб.

Заключение

При работе были рассчитаны потребляемая мощность и выбрано соответствующее оборудование. Принимались технические решения, основанные на передовом опыте. Использовано современное оборудование зарубежных и отечественных производителей.

Литература

1. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: сост. А. А. Медяков. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – 36 с.
2. <http://www.newpolus.ru/products/akkumulyatornye-batarei/delta-dtm-l-12-100-agm/>.
3. [https://al-energy.ru/magazin/search?s\[new\]=1](https://al-energy.ru/magazin/search?s[new]=1) }.

Сафонова Е. М.

Научный руководитель: Зиганшин Ш. Г., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОБЗОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

***Аннотация.** В статье рассмотрены мероприятия, сокращающие энергопотребление многоквартирного жилого дома, а также системы энергоэффективного управления потреблением энергии. Рекомендуемые ниже мероприятия позволяют довести уровень теплопотребления практически до нормативного по самому высокому классу энергоэффективности, к которому относятся здания с маркировкой выше «В» («В», «А», «А+», «А++»).*

***Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, система отопления, индивидуальный тепловой пункт, пофасадное регулирование.*

Проблема энергосбережения с каждым годом становится все более актуальной из-за ограниченности энергетических ресурсов, высокой стоимости энергии и негативного влияния на окружающую среду, связанное с ее производством. Уже давно во всем мире ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования.

В 2009 г. принят Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Настоящий Федеральный закон регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [1].

В повышении эффективности энергосбережения большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, совершенствование и модернизация существующего, но и правильно организованное управление энергопотреблением.

Целью работы является обобщенный анализ возможных мероприятий по энергосбережению при построении системы теплоснабжения жилого дома, а также рассмотрение энергоэффективных систем управления потреблением энергии.

К мероприятиям, сокращающим энергопотребление многоквартирного жилого дома, можно отнести: установку балансировочных вентилей и балансировку системы отопления; промывку стояков и трубопроводов системы отопления; ремонт тепловой изоляции трубопроводов системы отопления и ГВС в подвальных помещениях с применением современных

энергоэффективных материалов; заделку, уплотнение и утепление дверных блоков на входе в подъезды и обеспечение автоматического закрывания дверей; установку входных дверей подвальных помещений и для выходов на чердаки и крыши; заделку и уплотнение оконных блоков в подъездах; установка автоматизированного ИТП; утепление потолка подвала; утепление кровли и пола чердака; заделка межпанельных и компенсационных швов в стенах здания; гидрофобизация и утепление наружных стен [2].

Подачу тепловой энергии на отопление также можно сократить, если настроить контроллер регулятора подачи теплоты системы отопления на поддержание температурного графика с учетом увеличения доли внутренних теплопоступлений в тепловом балансе многоквартирного жилого дома с повышением температуры наружного воздуха, за счет чего сокращается подача тепловой энергии на отопление по сравнению со стандартным проектным графиком [3].

Одним из эффективных мероприятий по энергосбережению является пофасадное регулирование отпуска теплоты на отопление в индивидуальных тепловых пунктах. Оно применяется при условии разделения системы отопления по фасадам здания.

В этих системах учитывается то, что в осенне-весенний отопительный период в помещениях, расположенных с южной стороны здания, намного теплее, чем в помещениях северной стороны. Тепловой пункт с пофасадным регулированием обеспечивает корректировку теплового режима отопления фасада здания в зависимости от отклонения температуры воздуха в помещении, изменения температуры наружного воздуха и величины солнечной радиации на наружную стену. Эти факторы индивидуальны для каждого из фасадов и зависят от их ориентации относительно сторон света [4].

Целью энергосберегающих мероприятий является не снижение затрат энергии любой ценой, а создание комфортных условий в зданиях при изменяющихся погодных условиях в отопительный период при минимально необходимых расходах энергии.

Литература

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ (ред. от 13 июля 2015 года) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Колубков, А. Н. Реализация энергосберегающих мероприятий в инженерных системах многоквартирных жилых домов / А. Н. Колубков, Н. В. Шилкин // АВОК. – 2011. – № 7. – С. 12-19.
3. Ливчак, В. И. Как оценить энергоэффективность энергосберегающих мероприятий при выполнении капитального ремонта многоквартирных домов / В. И. Ливчак // Энергосбережение. – 2017. – № 2. – С. 24-35.

4. Оценка потенциала энергосбережения при пофасадном регулировании отпуска теплоты на отопление / К. С. Симонов, А. Е. Проскуряков, А. А. Грязных и др. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2012.

УДК 654.54

Сидорова А. А.

Научный руководитель: Политова Т. О., ст. преподаватель
Казанский государственный энергетический университет

АВАРИИ НА ТРУБОПРОВОДАХ

Аннотация. Данная проблема принимает наибольшую актуальность в настоящее время в связи с тем, что показатель изношенности трубопроводов по всей России стал достигать 70 %. Следствием этого является высокая аварийность на трубопроводах.

Ключевые слова: изношенность, трубопроводы, тепловые сети, аварии, системы теплоснабжения, отказ.

Главной причиной аварий на трубопроводах является их высокая изношенность. С каждым годом состояние тепловых сетей ухудшается на 7-9 %, поэтому необходимо проводить капитальный ремонт тепловых сетей или их замену. Последствия аварий и их ликвидация влияют как на экологию, так и на экономику страны. Большое значение имеет предупреждение этих аварий, так как это требует меньших затрат [1]. Намного выгоднее проводить ремонт старых или прокладку новых трубопроводов бестраншейным способом, используя при этом не сталь или чугун, а трубы из пластмассы. Этот способ снизит затраты в 6-8 раз и повысит производительность работ.

Также факторами износа трубопроводов являются:

- коррозия материала;
- его старение;
- высокая разность температур;
- динамические нагрузки;
- внешние факторы.

Коррозия металла является одной из главных причин поломок на тепловых сетях и составляет почти четверть всех аварий. Чаще всего ее следствием является разрыв труб [2].

Резкие изменения температурного режима в зимний период оказывают влияние на аварийность систем теплоснабжения и способствуют ухудшению их работы.

Динамические нагрузки связаны с пульсациями давления, вибрациями, гидроударами. При мощных нагрузках и сильном износе вероятность аварий сильно увеличивается.

Чтобы избежать увеличения отказов систем теплоснабжения, необходимо следить за качеством состояния тепловых сетей с начала эксплуатации, проводить ремонт трубопроводов с использованием современных материалов, трубопроводной арматуры (задвижек, запоров, клапанов и т. д.). Благодаря этому можно избежать больших экономических затрат, уменьшить количество аварий на магистралях и предотвратить экологические катастрофы.

Литература

1. Политова, Т. О. Повреждаемость городских тепловых сетей / Т. О. Политова, А. В. Макаров, Р. Р. Салыхова // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 162-164.
2. Яблонский, В. С. Проектирование, эксплуатация и ремонт трубопроводов / В. С. Яблонский, В. Ф. Новоселов, В. Б. Галеев. – М.: Недра, 1965. – 410 с.

УДК 620.179

Соловьев Д. В.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук
Казанский государственный энергетический университет

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТЕПЛООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема отложений в теплообменном оборудовании, что уменьшает живое сечение трубопровода и снижает его пропускную способность. Представлены методы борьбы с отложениями в трубопроводах для увеличения сроков службы системы отопления.

Ключевые слова: поверхность теплообмена, отложения, акустические методы контроля.

На электростанциях при скорости роста отложений на теплообменных поверхностях конденсаторов турбин из технической воды от 0,5 до 3 мм/год происходит снижение выработки электроэнергии от 120 до 250 млн кВт/ч или от 1,7 до 3,47% соответственно на 1000 МВт установленной мощности.

В жилищно-коммунальном хозяйстве и промышленности нередки случаи эксплуатации теплообменных аппаратов и котлоагрегатов без специальной подготовки воды. Это приводит к образованию на внутренней поверхности аппаратов и агрегатов (барабанах, трубках) накипи, ухудшающей теплопередачу и в целом снижающей КПД установок. Теплопроводность накипи более чем в 40 раз ниже теплопроводности металлов. Поэтому даже тонкий слой накипи приводит к резкому снижению теплопроводности и повышению температуры металлических поверхностей нагрева, которая достигает опасных величин и снижает механическую прочность металла. Следствием этого являются повреждения металла, а именно – появление выпучин, свищей, а нередко и разрывов труб водогрейных котлов.

При высоком содержании в воде накипеобразующих солей и продуктов коррозии расчетный режим работы теплообменников быстро нарушается. В наибольшей степени загрязнению подвержены теплообменники водопроводной воды. У загрязненных теплообменников происходит увеличение расхода теплоносителя и рост температуры в обратном трубопроводе, что, в свою очередь, приводит к росту потребления электроэнергии насосами и тепловых потерь в трубопроводах. Для восстановления расчетного режима работы требуется вывод теплообменников из эксплуатации и чистка загрязненных поверхностей.

Для борьбы с отложениями необходимо устанавливать системы водоподготовки и фильтры, а также периодически промывать трубы специальными растворами. В странах СНГ в этом случае одновременно применяют несколько способов: размягчение отложений химическим способом (например, с помощью раствора соляной кислоты или углеводородных растворителей) и последующее удаление отложений (доочистка) механическим способом (бурами, ершами, шарошками и пр.) или гидродинамическим способом. Наиболее точно определить параметры отложений позволяют инструментальные средства диагностирования [1].

В настоящее время широко развиваются акустические методы исследования и испытаний материалов изделий и сооружений [2].

Низкочастотные акустические методы контроля – это метод свободных колебаний и метод вынужденных колебаний, с помощью которых определяются необходимые физико-механические свойства контролируемого из-

делия. В большинстве случаев на практике частоты собственных колебаний тел лежат в звуковом диапазоне, поэтому контроль с помощью собственных колебаний часто называют звуковым методом контроля.

При использовании метода свободных колебаний возникающие механические колебания от удара по поверхности контролируемого изделия преобразуются в электрический сигнал датчиком, усиливаются, проходят через фильтр и регистрируются частотомером.

При использовании метода вынужденных колебаний электрические колебания, создаваемые генератором с изменяющейся частотой, преобразуются в механические с помощью преобразователя и передаются контролируемому объекту; далее принимаются датчиком, усиливаются и подаются на индикатор резонанса, который фиксирует момент совпадения частоты генератора с частотой собственных колебаний контролируемого изделия.

Для повышения чувствительности методики контроля [3] необходимо заставить колебаться только исследуемый в данный момент участок конструкции. Этого можно добиться с помощью демпфирующего устройства, прижимаемого к конструкции. После прижима рамки к конструкции по области, ограниченной рамкой, наносится удар и там же датчиком регистрируются колебания.

При определенной силе прижима происходит «приклеивание» рамки к конструкции, что влечет за собой изменение жесткости и массы, совершающей колебание конструкции, и, как следствие, изменение частот и форм колебаний. При определенном соотношении жесткостей рамки и конструкции происходит эффект шарнирного закрепления конструкции в узлах контакта, что позволяет существенно уменьшить границы исследуемого спектра колебаний.

В результате проведенных исследований планируется создать прибор в среде программирования LabVIEW для экспресс контроля оборудования путем контроля толщины отложений на поверхностях теплообмена, тем самым снизив энергетические потери.

Литература

1. Разрушение прочных отложений в процессе очистки труб электрическими разрядами. Часть I / Ж. Н. Ищенко, В. П. Завода, В. Я. Тодышев // Электронная обработка материалов. Машиностроение. – 2005. – № 2. – С. 81-89.
2. Зиганшин, Ш. Г. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами: монография / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. – 160 с.
3. Бубликов, И. А. Научные принципы диагностирования и разработка методов снижения интенсивности образования отложений в теплообменном оборудовании тепловых и атомных электростанций: диссертация д-ра техн. наук. Специальность – 05.14.14. – Новочеркасск, 2004. – 335 с.

Султанова Г. Ф.

Научный руководитель: Гапоненко С. О., канд. техн. наук,
ст. преподаватель

Казанский государственный энергетический университет

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА ПРИ ТРАДИЦИОННОМ ОТОПЛЕНИИ И ОТОПЛЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

***Аннотация.** Для проектирования и расчета системы отопления частного дома была использована программа Audytor OZC. Определены тепловые потери помещения и тепловая нагрузка. Осуществлен подбор газового котла для водяного отопления и инфракрасных обогревателей для совмещенного отопления. Представлена блок-схема устройства.*

***Ключевые слова:** отопление, инфракрасное отопление, частный дом.*

На этапе строительства частного дома или коттеджа, а именно в период его проектирования, кроме теплоизоляции важно предусмотреть эффективную и надежную систему индивидуального отопления.

Наиболее распространенными системами отопления является:

1. водяное отопление;
2. воздушное отопление;
3. электрическое отопление.

К последним относятся инфракрасные обогреватели. Инфракрасные обогреватели (ИО) – устройства, получив тепловую энергию от нагревательного элемента, излучают ее на окружающие поверхности: пол, стены, мебель и т. п., нагревая их. В свою очередь, они отдают тепло воздуху. Тепловое излучение инфракрасных обогревателей, аналогично солнечному свету, не поглощается воздухом, поэтому вся энергия от прибора без потерь достигает обогреваемых поверхностей и людей в зоне его действия. Инфракрасные обогреватели позволяют избежать нерационального распределения температуры, когда теплый воздух, поднимаясь к потолку, уступает место холодному, поскольку нагревают не воздух, а поверхности твердых предметов.

В проекте рассмотрен 2-х этажный дом с водяным отоплением. Одна из задач – установка инфракрасных обогревателей в нежилых помещениях загородного дома (кабинет, коридор, вход и котельная) с целью экономии затрачиваемых энергетических ресурсов.

Для повышения эффективности данной системы было разработано устройство (рисунок), которое замеряет фактическую температуру датчиком, и инфракрасные обогреватели включаются, когда температура в помещении опускается ниже заданного значения, и отключается, когда температура достигла заданного значения.

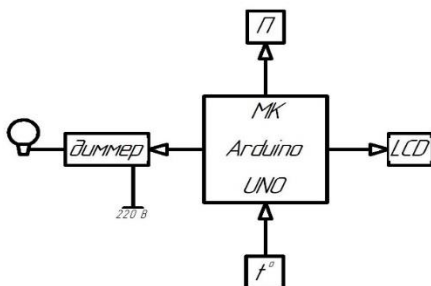


Рис. 1. Терморегулятор инфракрасного обогрева:
 П – потенциометр; LCD – дисплей; to – датчик температуры;
 МК Arduino UNO – Микроконтроллер Arduino UNO;
 Диммер – светорегулятор для управления светом

Разработанное устройство состоит из следующих блоков: микроконтроллер Arduino UNO, кнопки LCD дисплея, датчика температуры, потенциометра, кнопки диммера и лампы накаливания.

Микроконтроллер Arduino UNO представляет собой микрокомпьютер и содержит все присущие ему основные модули. Стандартные блоки каждого микроконтроллера – это центральный процессор (CPU), оперативная память (RAM), а также память программ (Flash-память) и внешние устройства. С помощью него происходит управление температуры, а также вывод графической информации на экран.

Кнопка служит для включения и выключения программы для автоматического режима регуляции яркости лампы накаливания.

Потенциометр нужен для ручной регуляции яркости лампы накаливания.

Датчик температуры воздуха является термистором – полупроводниковым резистором, имеющим резко выраженную зависимость между температурой окружающего воздуха и электронным сопротивлением.

Диммеры (светорегуляторы для управления светом) – это миниатюрный прибор, устанавливаемый вместо обычного, стандартного механического выключателя, позволяющий плавно регулировать яркость искусственного освещения. Благодаря ему мы регулируем напряжение на лампе, соответственно регулируем ее яркость.

На основе проведенных расчетов была спроектирована система водяного отопления и система с совмещенным водяным и инфракрасным отоплением. Подобрано оборудование. И выявлено, что применение инфракрасных обогревателей в системе ведет к понижению экономических затрат потребления энергетических ресурсов.

Литература

1. Еремкин, А. И. Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И. Королева. – М.: Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003; введ. 2013-07-01. – официальное издание. – М.: Минрегион России, 2012.

УДК 621.039

Суханова К. В.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В статье представлены реакции синтеза, энергетическая установка токамак, сравнение экспериментального энергетического времени жизни с рассчитанным по скейлингу ИТЭР, достоинства термоядерной энергетики.

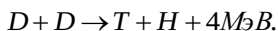
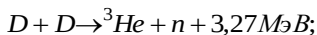
Ключевые слова: токамак, синтез, ИТЭР, скейлинг.

Рассматривается задача в выявлении перспектив термоядерной энергетики.

В основе термоядерной энергетики лежат реакции синтеза некоторых легких ядер, при которых удельная выделяемая энергия превосходит удельную энергию, освобождаемую при делении тяжелых ядер. Обычно основное внимание уделяется реакции слияния ядер трития и дейтерия:



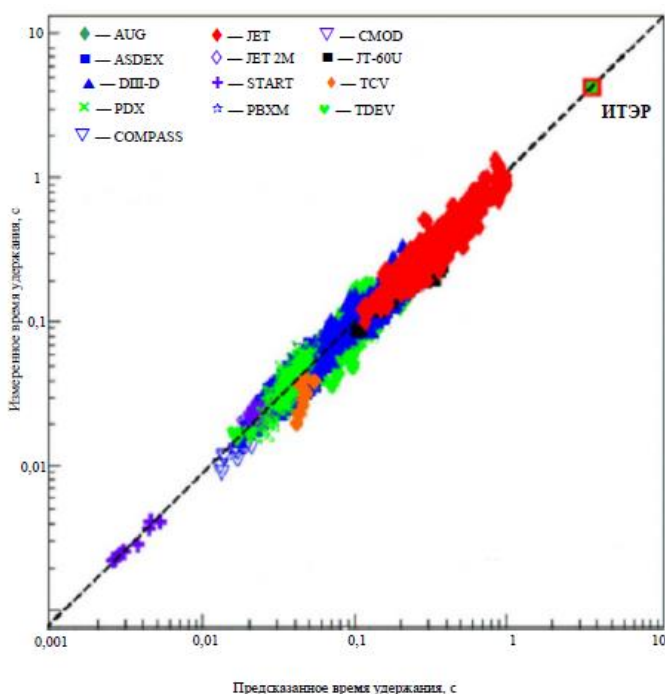
При одинаковых относительных скоростях частиц сечение этой реакции почти в 100 раз выше, чем сечения слияния ядер дейтерия:



Реакция (1) имеет почти в 100 раз более высокую вероятность, а также более высокий выход энергии на каждый акт реакции [1].

Среди многообразия магнитных ловушек начального этапа термоядерных исследований общепризнанным лидером стала установка токамак, созданная в Курчатовском институте. Современный токамак имеет тороидальную камеру с несимметричным сечением, вытянутым в вертикальном направлении. Камера окружена соленоидом для создания тороидального магнитного поля. Полоидальные магнитные поля создаются специальными катушками. Важнейшим достижением техники токамаков стали сверхпроводящие соленоиды [2].

На рисунке представлено сравнение результатов вычислений по скейлингу с имеющейся базой экспериментальных данных. Видно, что скейлинг ИТЭРа описывает в пределах 20%-ной ошибки.



Сравнение экспериментального энергетического времени жизни с рассчитанным по скейлингу ИТЭР

Выражение для скейлинга ИТЭР представлено в виде

$$\tau_E = 0,0562 J^{0,93} B^{0,15} n_{19}^{-0,41} p^{0,69} R^{1,97} \kappa^{0,78} \varepsilon^{0,58} M^{0,19},$$

где τ_E – время удержания энергии в плазме, с; J – ток, МА; B – магнитное поле, Тл; n_{19} – плотность, 10^{19} м^{-3} ; R – большой радиус тора, м; P – мощность нагрева плазмы, МВт; M – атомный состав плазмы, ат. ед.; κ – вытянутость; ε – тороидальность [3].

Десятилетия исследований по термоядерному синтезу, громадная база физических и технологических данных, продвинутое понимание физики термоядерной плазмы дают основание делать обоснованные выводы о достоинствах будущей термоядерной энергетики. К числу несомненных достоинств термоядерной энергетики можно отнести следующие:

- отсутствие эмиссии парниковых газов;
- полную внутреннюю безопасность, связанную с невозможностью разгона реактора в запредельные режимы из-за потери равновесия и выброса плазмы на стенку реактора, сопровождающегося поступлением охлаждающих паров материала стенки;
- возможность размещения термоядерной электрической станции в непосредственной близости от густонаселенных районов, поскольку, как показывают расчеты, даже при раскрытии корпуса реактора в атмосферу поступит не более 50 г трития, что не потребует эвакуации населения, которое живет на расстоянии более 1 км от станции, имеющей электрическую мощность 1,5 ГВт;
- малую остаточную радиоактивность конструкционных материалов и отсутствие опасности их расплавления в случае потери теплоносителя;
- до 60-80% предполагаемых конструкционных материалов (ферритно-мартенситные стали, ванадиевые сплавы, SiC-композиты) могут быть подвергнуты ручной переработке менее чем через 100 лет выдержки, остальная часть может быть переработана дистанционно;
- практическую неограниченность ресурсов топлива (дейтерий, литий) и материалов для сооружения реактора, что снижает опасность межгосударственных политических конфликтов в борьбе за энергообеспечение своих стран;
- непривлекательность термоядерного реактора как объекта атак террористов.

Литература

1. Головин, И. Н. Состояние и перспективы управляемого термоядерного синтеза / И. Н. Головин, Б. Б. Кадомцев // Атомная энергия. – 1996. – Т. 81, № 5. – С. 364-372.
2. Велихов, Е. П. Состояние исследований и перспектива термоядерной энергетики / Е. П. Велихов, В. П. Смирнов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез. – 2006. – № 4. – С. 3-14.

3. Галеев, А. А. Диффузно-электрические явления в плазме, удерживаемой в токамаке / А. А. Галеев // ЖЭТФ. – 1970, Т. 59. – С. 1378.

УДК 665.06

Ухлин В. Е.

Научный руководитель: Плотникова Л. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССАХ РАЗДЕЛЕНИЯ «РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА - ТЕПЛОВОЙ НАСОС»

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы энергосберегающих технологий, в частности, представлен анализ видов установок, их технико-экономические расчеты.*

***Ключевые слова:** энергосберегающие технологии, ректификационная колонна, тепловой насос закрытого типа, тепловой насос открытого типа.*

На промышленных предприятиях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли промышленности крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов является процесс разделения нефти и нефтепродуктов [1]. В процессах ректификации большая доля объема перерабатываемого сырья потребляется в виде топлива, теплоты и электроэнергии на осуществление процессов разделения. Величина потребления топливно-энергетических ресурсов зависит от объема перерабатываемого сырья и глубины переработки [2]. В связи с этим актуально произвести анализ энергосберегающих технологий и подобрать наиболее малозатратный вариант.

Разделение веществ в ректификационных колоннах широко применяется для получения отдельных фракций и индивидуальных углеводородов из нефтяного сырья, т. е. для разделения веществ. Относится к наиболее энергоемким участкам промышленных производств в связи со значительными затратами греющего теплоносителя в кипятильниках разделительных колонн.

Перспективными мероприятиями по повышению энергоэффективности в процессах разделения является включение утилизатора теплоты в виде установки «ректификационная колонна – тепловой насос» [3].

Проведен обзор возможных способов повышения энергоэффективности процессов разделения веществ. Проанализированы варианты схем

разделительных установок с включением трансформаторов теплоты. Выявлено, что наиболее эффективной является комбинированная установка «ректификационная колонна – тепловой насос открытого типа» [4].

Приведены сравнительные расчеты энергозатрат, геометрических параметров представленных схем установок разделения, а именно: классической и вариантов модернизированной установки с включением теплового насоса. Выявлено, что при включении в промышленные схемы разделения трансформатора теплоты открытого типа достигается наибольший эффект разделения веществ [5].

Проведено технико-экономическое обоснование схем установок. Рассчитаны их экономические параметры: годовая экономия топлива, экономический эффект и срок окупаемости. В результате расчетов получены следующие данные. При использовании варианта схемы «ректификационная колонна – тепловой насос закрытого типа» экономия тепловой энергии составляет 1,25 МВт, при схеме «ректификационная колонна – тепловой насос открытого типа» – 3,05 МВт.

Таким образом, при схеме «ректификационная колонна – тепловой насос открытого типа» энергозатраты снижаются на 35% по сравнению с традиционной установкой. Также уменьшаются габаритные размеры самой колонны, а значит, конструкция становится менее металлоемкой, соответственно снижаются капитальные затраты.

Литература

1. Красавина, Е. О. Анализ энергосберегающих мероприятий на Ачинском нефтеперерабатывающем заводе восточной нефтяной компании / Е. О. Красавина, В. Е. Ухлин // Энергетика, электротехника и энергоэффективные технологии глазами молодежи: IV российский. молодеж. науч. конф. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 41-43.
2. Левинтер, М. Е. Глубокая переработка нефти / М. Е. Левинтер, С. А. Ахметов. – М.: Химия, 1992. – 224 с.
3. Александров, И. А. Применение теплового насоса в процессах ректификации / И. А. Александров, Г. И. Ефремов, Е. В. Брюзгинов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 1. – С. 33-36.
4. Плотникова, Л. В. Энергосберегающий тепловой насос в системах промышленного разделения веществ / Л. В. Плотникова, Е. О. Красавина // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2016. – № 4 (32). – С. 95-105.
5. Красавина, Е. О. Принцип теплового насоса как средство снижения энергоемкости промышленных процессов ректификации / Е. О. Красавина // Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – С. 101.

Фазуллин Д. Р.

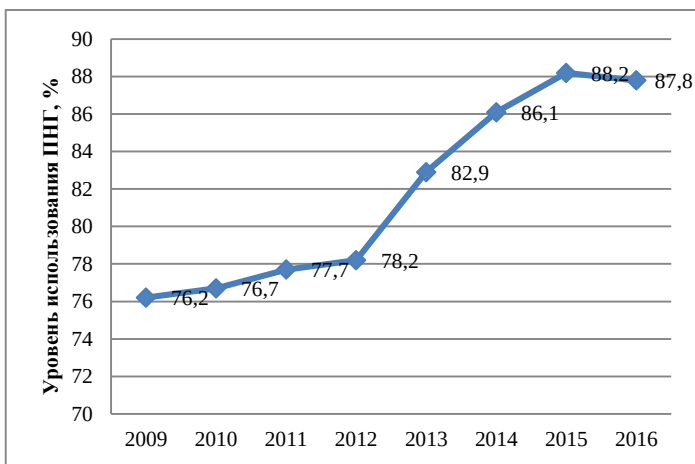
Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РОССИИ

Аннотация. В работе проведен статистический анализ данных изменения уровня использования попутного нефтяного газа российскими нефтяными компаниями.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, ПНГ, Татнефть, Сургутнефтегаз.

Еще в прошлом десятилетии группа «КРЕОН» первой обратила внимание государственных органов на проблему нерационального использования попутного газа. В 2007 г. аналитические материалы группы были использованы при подготовке послания Федеральному Собранию Президента РФ, в котором был сделан акцент на данной проблеме. Это послужило принятию Федерального закона, который обязал все нефтяные компании страны к 2012 году обеспечить 95% полезное использование попутного газа.



Уровень полезного использования ПНГ российскими нефтяными компаниями

Уровень полезного использования ПНГ компаниями в 2009-2016 гг.

Компания	Уровень использования ПНГ, %						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016
Роснефть	65,4	53,8	51,1	51,2	68,7	80,9	87,9
ЛУКОЙЛ	71,1	76,8	78,6	87,5	87,7	89,8	91,9
Сургут-нефтегаз	96,8	95,9	97,8	99,2	99,3	99,1	99,3
Газпром нефть	55,1	62,4	65,6	65,7	79,5	80,5	79,6
Татнефть	90,8	93,6	94,2	94,5	95,1	95,2	96,2
Башнефть	83,7	83,1	81,9	75,2	72,7	75	74,8
Славнефть	70,8	71,6	74,7	74,5	77	82,1	87,3
							89

В соответствии со статистическими данными, уровень полезного использования попутного нефтяного газа (ПНГ) в России за 16 лет, несмотря на все принимаемые меры, остается на уровне около 87,8% (рисунок). Оставшиеся 12,2% приходятся на факельное сжигание ПНГ. По итогам 2016 г., целевого показателя в 95% достигли две компании: ОАО «Сургутнефтегаз» и ПАО «Татнефть». Данные об уровне полезного использования ПНГ приведены в таблице [1], [2], [3].

С 2012 по 2015 г объём ПНГ, сожжённого на факелах, сократился более чем на 60% при росте извлечения попутного газа за тот же период на 9%.

Лучший темп прироста показателя отмечен у НК Роснефть +2,6% за 2016 г. Отрицательная динамика была показана компаниями Газпром нефть (-1,6%) и Башнефть (-4,6%). Уровень полезного использования ПНГ по компании Башнефть резко упал с 74% до 70% в апреле 2016 г [4].

В итоге, если Министерство энергетики РФ изначально предполагало достижение нефтяными компаниями целевого показателя в 95% к 2014 году, то теперь эти ожидания перенесены на 2020 год.

Именно на этом рубеже отрасль ждёт очередной, более существенный, чем в 2014 году четырёхкратный рост повышающих штрафных коэффициентов за сверхнормативное сжигание газа. Можно, конечно, предположить, что это вынудит большинство нефтяных компаний достичь целевого показателя по утилизации ПНГ к 2020 году.

Но верно это только отчасти, так как в этом неукоснительном правиле возникают свои исключения, которые складываются из специфики законодательства и объективно-субъективных особенностей российской нефтегазодобычи.

Проведенный анализ показывает, что на всех месторождениях, не имеющих достаточно развитой инфраструктуры, подготовка и сама транспортировка ПНГ связаны с высокими затратами на строительство объектов сбора, транспорт и переработку [5]. Также нужно учитывать технологические особенности добычи ПНГ. В то же время попутный нефтяной газ различных месторождений отличается по своему составу и объему в составе нефти. Например, в месторождениях Республики Татарстан утилизировать ПНГ удастся не всегда из-за большого количества сероводорода; в месторождениях Республики Башкортостан в составе ПНГ преобладает углекислый газ (до 45%).

Основной причиной высокого уровня сжигания нефтяного газа является низкая экономическая эффективность проектов полезного использования попутного газа, которая связана с низкими ценами на попутный газ и низкими объема добычи ПНГ в месторождениях.

Литература

1. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» / П. А. Кирюшин, А. Ю. Книжников, С. А. Уваров и др. // WWF, 2013.
2. <http://www.slavneft.ru/production/exploration/results/>.
3. <http://www.lukoil.ru/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/APGUtization>.
4. Деловой журнал Neftegaz.ru. – 2017. – №4.
5. <http://www.neftegas.info/tng/-6-2008/energiya-fakela/>.

УДК 621.311.343

Фаритова А. А.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

***Аннотация.** Представлены эффективные условия применения солнечных коллекторов в Республике Татарстан.*

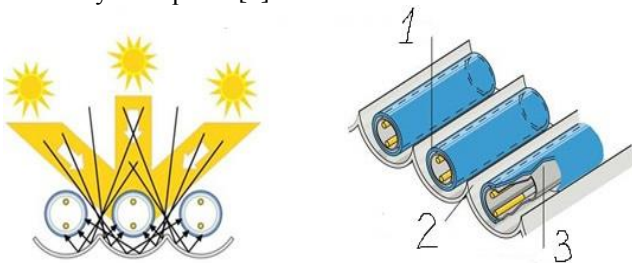
***Ключевые слова:** солнечный коллектор, бак-аккумулятор, вакуумный коллектор.*

Солнечная энергетика является одной из самых перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанных на непосредственном использовании солнечного излучения с целью получения энергии для отопления и горячего водоснабжения.

В условиях Татарстана при применении вакуумных солнечных коллекторов для получения теплоты необходимо использовать дополнительный источник энергии, который в летнее время позволяет сэкономить затраты на горячее водоснабжение практически полностью. Климат Татарстана, где средняя температура летом составляет $20-25^{\circ}\text{C}$ и суммарная солнечная радиация за год составляет примерно 3900 Мдж/кв. м. способствует активному использованию солнечной энергии [1].

Солнечные коллекторы – самые эффективные устройства по использованию энергии солнца на сегодняшний день. В солнечных коллекторах вода прогревается под воздействием солнечных лучей и уже горячая поступает в систему водоснабжения. При достаточном солнечном излучении коллектор вырабатывает такое количество энергии, что его стоимость многократно перекрывает расходы на установку. Кроме того, на рынке уже имеются всесезонные гелиосистемы, способные как минимум наполовину закрыть проблему с отоплением в холодное время года – и это при условии довольно суровой зимы и не слишком высокого уровня инсоляции. Единственное, что требуется – это счищать с них снег [2].

Выявлено, что целесообразно использовать именно вакуумные коллекторы в условиях Татарстана. Вакуумный солнечный коллектор отличается от плоского коллектора тем, что он состоит из стеклянных трубок с воссозданным внутри вакуумом, поэтому эффективнее улавливает и сохраняет солнечную энергию [3].



Вакуумный солнечный коллектор: 1 – вакуумная стеклянная трубка; 2 – зеркало конденсатор; 3 – поглощающая поверхность

Для накопления и сохранения тепла должны применяться баки-аккумуляторы. Они решают проблему утилизации избыточной теплоты от солнечных коллекторов летом, поддерживают необходимую высокую

температуру зимой, а также позволяют без перебоев обеспечивать потребителя горячей водой [4].

Также необходимо отметить, что в зданиях, где преобладает солнечное отопление и горячее водоснабжение, необходимо проводить энергоаудит и оптимизацию теплоэффективности, что намного снижает расходы на отопление и использование дополнительных источников.

При условии соблюдения приведенных условий применение солнечных коллекторов в Республике Татарстан будет максимально эффективным. Таким образом, солнечные коллекторы позволяют сэкономить на потреблении дополнительной энергии. Освоение возобновляемых источников в Татарстане должна развиваться с целью экономии залежей и сохранения чистоты окружающей среды.

Литература

1. http://trasa.ru/region/tatariya_clim.html.
2. Алмаев, А. Ю. Использование солнечной энергии для теплоснабжения систем горячего водоснабжения в индивидуальном жилищном строительстве / А. Ю. Алмаев, И. А. Лушкин // Вестник НГИЭИ. – 2014. – №12. – С. 6-8.
3. Калинина, М. В. Условия использования солнечных коллекторов в системе отопления индивидуальных жилых строений / М. В. Калинина // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 141-143.
4. Дрексель, Р. Сооружение солнечных коллекторов для горячей воды [текст]: практ. рук. / Р. Дрексель, Р. Гамисония. – WECF, 2012. – 31 с.

УДК 620.179

Федоров М. А.

Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук
Казанский государственный энергетический университет

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТЕРЬ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

***Аннотация.** В работе проведен анализ влияния отложений на энергоэффективность теплообменников. Рассмотрены параметры, влияющие на осадкообразование, методы контроля отложений.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, тепловые потери, отложения.*

Энергозатраты на производство единицы продукции являются существенным фактором ее себестоимости. Энергосберегающие мероприятия, реализованные в технологическом процессе, позволяют повысить конкурентоспособность промышленного предприятия.

Загрязнение поверхностей теплообмена происходит в большинстве промышленных предприятий и является одной из насущных проблем теплообменного оборудования. До последнего времени проблема загрязнения теплообменных поверхностей рассматривалась технологами с точки зрения обеспечения качества производимой продукции. Однако загрязнение теплообменников приводит и к существенному перерасходу энергетических ресурсов. Отложения увеличивают сопротивление теплопередачи и снижают эффективность теплообмена, уменьшают поперечное сечение каналов, приводя к увеличению падения давления в аппаратах.

На поверхностях теплообмена могут возникать разные виды отложений за счет тех или иных физико-химических процессов: осаждение взвешенных частиц, кристаллизация, коррозионные процессы, биологические пленки.

Параметры, влияющие на осадкообразование. Процесс загрязнения является динамическим и нестационарным, зависящим от многих параметров. К ним относятся: скорость потока, свойства теплоносителя, температура и геометрия поверхности, шероховатость поверхности, концентрация взвешенных частиц и их свойства.

Мониторинг отложений. Величину отложений определяют как экспериментально, так и аналитически. Основными методами являются:

1. прямое взвешивание (простейший метод оценки степени осаждения на испытательных поверхностях);
2. измерение толщины. Во многих примерах загрязнения толщина осадка относительно небольшая, так что непосредственное измерение выполнить нелегко.
3. измерение теплопередачи. В этом методе сопротивление загрязнению можно определить из изменения теплоотдачи в процессе осаждения.
4. падение давления. В качестве альтернативы прямым измерениям теплопередачи можно использовать изменения давления, вызванные наличием осадка. Падение давления увеличивается при заданной скорости потока за счет уменьшенной площади потока в загрязненном состоянии.

Стоимость загрязнения. Попытки оценки затрат из-за загрязнения теплообменных поверхностей проводились в разных странах. Загрязнение влияет как на капитальные, так и эксплуатационные расходы на теплообменники. Связанные с загрязнением затраты могут быть разбиты на четыре области:

1. более высокие капитальные затраты на избыточную площадь поверхности (10-50 %) теплообменников, затраты на дополнительное пространство для монтажа, увеличенные расходы на транспортировку и установку;

2. потери энергии из-за снижения теплового КПД и увеличения давления на прокачку теплоносителя;

3. производственные потери при плановых и незапланированных остановках для очистки загрязнений;

4. затраты на техническое обслуживание.

Согласно работам [1, 2] потери от загрязнения теплообменников для высокоразвитых стран составляют около 0,25% валового национального продукта. Потери от загрязнения существенны и, исследования, направленные на снижение этих потерь, актуальны.

Литература

1. Pritchard A.M, The Economics of Fouling in Fouling Science and Technology // (L. F. Melo et al, eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands / 1988, pp. 31-45.

2. Tay S.N., Yang C. Assessment of The Hydro-Ball Condenser Tube Cleaning System // Hydro-Ball Technics Sea Pte. Ltd, Singapore, 2006.

УДК 573.036

Халилуллина А. Р.

Научный руководитель: Загретдинов А. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА И СРАВНЕНИЕ ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ТРАДИЦИОННЫМ ИТП

***Аннотация.** В статье приведены характеристики и свойства различных систем отопления с различными источниками тепловой энергии. Рассмотрены основные отличительные качества каждой из установок, проведен анализ расчетных данных, по результатам которого сделаны выводы о перспективности и возможности применения на практике предложенного способа организации отопления жилых домов.*

***Ключевые слова:** тепловой насос, экономические характеристики, перспективы применения, системы отопления.*

Задача экономически эффективного нагрева воды, которая используется в качестве теплоносителя в системах водяного отопления и горячего водоснабжения, была и остается актуальной независимо от способа осуществления этих процессов, конструкции системы отопления и источников получения тепла.

Широкий спектр различных систем теплоснабжения привел к тому, что довольно сложно сделать наиболее рациональный выбор. Огромное разнообразие современного оборудования дает возможность выбрать оптимальный для себя вариант.

На данном этапе развития человеку доступны различные источники тепловой энергии: нефть, уголь, газ, дерево и электричество. У всех имеются свои особенности с точки зрения стоимости капитальных вложений, управляемости, экологичности, эксплуатационных расходов.

Рассмотрим особенности работы различных систем.

Котлы на газовом топливе получили наиболее широкое распространение. Но при его использовании возникает больше проблем, чем с любыми другими теплоносителями. Например, давление в газовых магистралях отличается низкой стабильностью.

Электрические котлы являются наиболее чистым видом топлива. В городских условиях, где обеспечена бесперебойная подача электроэнергии практически любой мощности, аргументом против использования электрических котлов может быть только экономическая нецелесообразность их применения.

Дизельные котлы также являются нерациональными, поскольку хотя жидкое нефтяное топливо является на сегодняшний день наиболее испытанным и универсальным топливом, но стоимость оборудования высокая, эксплуатационные расходы, при сегодняшнем уровне цен на дизельное топливо, также очень высоки.

Твердотопливные котлы до сих пор не потеряли своей актуальности. К их достоинствам можно отнести невысокую цену и возможность работы без электричества. Недостатки – необходимость постоянного контроля горения, невозможность полной автоматизации котельной.

Эффективной заменой будет система отопления на основе теплового насоса.

Для дома, спроектированного и построенного с соблюдением всех норм, площадью 180 м² необходимо 10-12 кВт тепловой энергии, которую можно получить, опустив 2 зонда в землю на глубину 100 м., для этого необходим участок земли размером 6х6 м. Сравнительные характеристики различных систем представлены в таблице.

Сравнительные характеристики отопительных установок
мощностью 10,8 кВт/час

	Способ обогрева помещения			
	Газовый котел	Дизельный котел	Электрический котел	Тепловой насос
Стоимость оборудования	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая
Расход электрической энергии, кВт/час	1,5	2	13	2
Источник энергии	Газ	Дизельное топливо	Электрический ток	Тепло земли
Расход	5000 м ³ /год	10000 л/год	69000 кВт/год	Энергия земли
Срок службы	15-20 лет	15-20 лет	3-8 лет	до 50 лет
Пожароопасность	Опасен	Опасен	Опасен	Безопасен
Взрывоопасность	Опасен	Опасен	Опасен	Безопасен
Экологичность	Вреден	Вреден	Безвреден	Безвреден
Вентиляция	Необходима	Необходима	Не нужна	Не нужна
Надежность	Высокая	Высокая	Высокая	Очень высокая

Из сравнительных характеристик, представленных в таблице, можно сделать следующие выводы.

На данный момент тепловые насосы являются более экономичными, чем котлы на дизельном топливе или электрическое отопление, а в ближайшем будущем, когда цены на энергоносители неизбежно вырастут, тепловые насосы будут превосходить газовые котлы по экономичности. За 10 лет эксплуатации теплового насоса можно получить экономию, по сравнению с электрическим отоплением, 35 тыс., за 15 лет – 60 тыс., за 20 лет – 87 тыс.

Кроме прямого экономического эффекта, тепловой насос – абсолютно экологически безвредный источник теплоснабжения, пожаро- и взрывобезопасен. Поскольку тепловые насосы напрямую не используют в своей работе топливо, то соответственно стоимость их эксплуатации не будет сильно зависеть от изменения цен на энергоносители. Срок службы тепловых насосов 15-20 лет.

Литература

1. Алоян, Р. М. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непроизводственного назначения / Р. М. Алоян, В. Н. Федосеев, А. Б. Петрухин // Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2016. – №. 1. – С. 361.
2. Каркин, М. А. Геотермальная энергия / М. А. Каркин, В. Ю. Кулаков, А. А. Селюнин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник статей. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 52-54.
3. Сучилин, В. А. Гибкие системы отопления и горячего водоснабжения на основе тепловых насосов / В. А. Сучилин, А. С. Кочетков, С. А. Голиков // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 1-2. – С. 133-134.
4. Ротов, П. В. Техничко-экономическая оценка целесообразности применения теплонасосных установок в централизованных системах теплоснабжения / П. В. Ротов, В. И. Шарапов // Промышленная энергетика. – 2015. – №. 6. – С. 6-11.

УДК 621.316

Харисов Э. Ш.

Научный руководитель: Валиев Р. Н., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

***Аннотация.** Представлены основные этапы формирования программ технических воздействий, направленных на достижение оптимального уровня надежности оборудования и стоимости владения.*

***Ключевые слова:** системы управления, надежность, планирование воздействий.*

В настоящее время управление состоянием оборудования практически на всех предприятиях электроэнергетики России базируется на системе плано-предупредительного подхода. Данная система не дает возможности учитывать экономическую составляющую технологических воздействий, что, в свою очередь, приводит либо к «недообслуживанию», либо к «переобслуживанию» оборудования [2].

Системы ЕАМ (Enterprise Asset Management) – это класс решений по обслуживанию оборудования. Основным направлением развития ЕАМ в

России является уход от устаревшего планово-предупредительного подхода проведения технических воздействий к обслуживанию по состоянию и уровню риска или комбинации данных подходов в зависимости от требований компаний.

Целью создания и внедрения ЕАМ является определение оптимальных технологических воздействий на производственные активы с учетом технического состояния оборудования, режима эксплуатации оборудования, а также требуемых затрат на поддержание его состояния и требуемого режима функционирования и т. д. Совокупность технологических воздействий на производственные активы на конкретный период времени представляет собой программу технологических воздействий.

Формирование программ технологических воздействий, основанных на принципе минимизации стоимости ЖЦ, достигается за счет последовательной реализации основных этапов [1]:

Этап 1. Описание активов

На данном этапе осуществляется формирование классификаторов и справочников активов. Результаты данного этапа являются исходной базой для реализации всех последующих этапов.

Этап 2. Анализ и оценка текущего технического состояния оборудования

Оценка технического состояния оборудования представляет собой процесс определения интегрального показателя технического состояния (индекс технического состояния) для ресурсопределяющих конструктивных элементов (узлов) и единиц оборудования.

Индекс технического состояния представляет собой количественную оценку технического состояния оборудования в виде численной величины, выраженной в процентном выражении.

Результаты этапа используются для прогнозирования вероятности отказа и определения остаточного ресурса оборудования.

Этап 3. Прогнозирование вероятности отказа оборудования и остаточного ресурса

Прогнозирование вероятности отказа представляет собой процесс определения уровня текущей вероятности отказа и прогнозирования вероятности отказа при дальнейшей эксплуатации актива на каждый год для каждого конструктивного элемента оборудования и единицы оборудования в целом.

Результаты этапа используются при оценке текущего и прогнозного уровня рисков.

Этап 4. Оценка последствий от отказов оборудования

На данном этапе осуществляется финансово-экономическая оценка влияния отказа оборудования, что выражается в определении величины денежного ущерба, который возникает в случае отказа конкретного оборудования и его конструктивных элементов. Результаты этапа используются при оценке текущего уровня рисков каждой единицы оборудования.

Этап 5. Оценка текущего уровня рисков

На данном этапе производится оценка текущего уровня рисков для каждой единицы оборудования электростанций. Результаты этапа используются при планировании состава технологических воздействий и формировании программ воздействий.

Этап 6. Определение состава воздействий

На данном этапе производится моделирование сценариев технологических воздействий, технико-экономический анализ и выбор оптимального сценария воздействий на каждую единицу оборудования и энергоблок в целом.

Данный этап проходит в 2 шага:

- планирование оптимальных технологических воздействий на единицу оборудования представляет собой процесс определения сроков и состава технологических воздействий на конкретную единицу оборудования;
- планирование оптимального технологического воздействия на оборудование энергоблока предполагает сборку и оптимизацию сроков и состава проведения технологических воздействий на энергоблок в целом с учетом оптимальных технологических воздействий на единицу оборудования данного энергоблока.

Результаты этапа используются как исходная база при формировании программ технологических воздействий.

Этап 7. Формирование программ технологических воздействий

На данном этапе осуществляется планирование программ технологических воздействий на оборудование, а также их ранжирование и приоритезация в соответствии с возникающими технологическими, финансовыми и прочими ограничениями и требованиями. Результаты этапа используются для формирования Инвестиционной и Производственной программы.

Реализация описанных выше этапов позволит достичь оптимального соотношения надежности и экономичности в обслуживании оборудования.

Литература

1. John Moubray. Reliability Centered Maintenance // Industrial Press. – 2006.
2. Управление активами с точки зрения надежности // Siemens AG. – 2006.

Храмова Е. В.

Научный руководитель: Плотникова Л. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКО- И НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СБРОСНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

***Аннотация.** В статье рассматриваются различные способы использования сбросной энергии с помощью утилизационных установок. Описан принцип работы оборудования, предназначенного для использования высоко- и низкопотенциальной сбросной тепловой энергии.*

***Ключевые слова:** теплонасосная установка, сбросная энергия, котлы-утилизаторы, высоко- и низкопотенциальная тепловая энергия, химическая промышленность.*

На энергоемких предприятиях химической отрасли промышленности имеется значительное количество сбросной энергии, вторичное использование которой позволит повысить энергетическую эффективность производства.

В химической отрасли промышленности наибольшую долю потребляемой и сбрасываемой энергии составляет тепловая энергия, которую подразделяют на высокопотенциальную с температурой потока выше 500 °С и низкопотенциальную – с температурой ниже 150 °С для жидкостей и 300 °С для газов [1].

К высокопотенциальным потокам вторичной энергии относят теплоту отходящих газов, твердые и жидкие промышленные отходы в химической отрасли промышленности и т. д.

Высокопотенциальная теплота отходящих газов может быть использована котлами-утилизаторами, поскольку температура продуктов сгорания еще значительна (~450-500°С), что позволяет производить пар высоких параметров, возвращаемый в технологию, нагревать воду для технических нужд и нужд теплоснабжения, а также подогревать воздух, направляемый в камеру сгорания. На эффективность котлов-утилизаторов влияет тепловая мощность, которую имеет огнетехническая установка, являющаяся источником отходящих газов. От того, сколько будет сжигаться топлива в конкретной установке и какой процесс происходит, будет зависеть температура и количество отходящих газов. Например, в

газотрубных котлах-утилизаторах типа Г-145Б температура дымовых газов на входе составляет 1200 °С, а на выходе – 280 °С. Перенос тепла осуществляется за счет излучения, расход отходящих газов составляет 8,0 тыс. м³/ч [2]. Использование котлов-утилизаторов позволяет снизить как затраты топлива в энергогенерирующей установке – источнике отходящих газов, так и снизить энергопотребление в элементах технологической линии производства.

Из-за высоких цен на топливно-энергетические ресурсы существует задача реализации энергосберегающих технологий и мероприятий по повышению экологической безопасности производства в энергоемкой химической отрасли промышленности. Существуют аппаратные решения данной задачи в виде организации систем утилизации высокопотенциальной сбросной энергии, что часто реализуется на стадии проектирования, а вопросам утилизации низкопотенциальной энергии не уделяют должного внимания. Однако они составляют большую долю всей сбросной тепловой энергии предприятия. Существенного улучшения можно достичь внедрением теплонасосных установок (ТНУ). Принцип действия теплового насоса заключается в преобразовании низкопотенциальной тепловой энергии в высокопотенциальную. Основным параметром, влияющим на эффективность работы ТНУ, является разность температур испарения и конденсации рабочего тела. За счет увеличения давления паров, которое сопровождается повышением температуры конденсации, создается возможность использовать теплоту их конденсации для испарения того же рабочего тела с более низкой температурой кипения. Применение ТНУ становится экономически выгодным благодаря тому, что затраты энергии на сжатие паров в разы меньше по сравнению с высокопотенциальной энергией [3]. Возможность к внедрению теплонасосных установок имеют энергоемкие процессы химической технологии, такие как выпаривание, кристаллизация, ректификация, дистилляция и т. п. [2].

Вышеприведенное утилизационное оборудование может быть совмещено в системах утилизации с такими аппаратами, как ГТУ (газотурбинные установки), АБХМ (абсорбционная холодильная машина), АВХМ (абсорбционная водоаммиачная холодильная машина) и т. д. Экономический потенциал низкопотенциального тепла на сегодняшний день оправдан экономически. Для России он составляет 31,5 млн. т/год условного топлива без учета низкопотенциальной энергии уходящих газов. А это 22% общего энергопотребления страны, который превосходит энергию возобновляемых источников энергии [2].

Таким образом, сбросная энергия на предприятиях химической отрасли промышленности разнообразна по своему температурному уровню, вариантов утилизации такой энергии может быть множество. Следовательно, важной задачей в химической отрасли промышленности является определение алгоритма выбора энергосберегающего оборудования.

Литература

1. Михолап, Н. Н. Экспериментальные исследования по эффективности использования низкопотенциальной тепловой энергии / Н. Н. Михолап // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2013. – Т. 1. – С. 89-95.
2. Назмеев, Ю. Г. Организация энерготехнологических комплексов в нефте-химической промышленности / Ю. Г. Назмеев, И. А. Конахина. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 364 с.
3. Овсянникова, А. О. Тепловые насосы / А. О. Овсянникова // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 6-2 (87). – С. 149-152.

УДК 621.311+620.92

Шакурова Р. З.

Научный руководитель: Гапоненко С. О., канд. техн. наук,
ст. преподаватель

Казанский государственный энергетический университет

СИЛОВАЯ ОСМОТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В данной работе представлены схемы и рассмотрен принцип работы силовой осмотической установки для получения механической или электрической энергии.

Ключевые слова: осмос, осмотическая силовая установка, полупроницаемая мембрана.

Явление осмоса заключается в односторонней диффузии молекул воды сквозь полупроницаемую мембрану, отделяющую сосуд с пресной водой от сосуда с солёной водой. Кроме того, мембрана пропускает только молекулы воды, задерживая молекулы соли.

Принцип работы представленной осмотической силовой установки базируется на стремлении пресной и солёной воды к равновесной концентрации соли. Имеется два сосуда, разделённые полупроницаемой мембраной, в один из которых подаётся пресная, а в другой – солёная вода. В каждом из двух сосудов находится поршень, движущийся по вертикальной оси под действием осмотических сил. В результате осмоса вода из пресного резервуара сквозь полупроницаемую мембрану перетекает в сосуд с солёной водой, тем самым заставляя поршни совершать рабочий ход.

В начальный момент времени отсек 3 заполнен пресной водой, а отсек 4 солёной водой, поршни 6 и 5 находятся в положениях *a* и *a'* соответственно. В результате осмоса пресная вода из отсека 3 через полупроницаемую мембрану 2 перетекает в отсек с солёной водой 4, вследствие чего поршни 6 и 5 перемещаются в положения *б* и *б'* соответственно, таким образом делая свой рабочий ход. Далее полученный солоноватый раствор сливается через клапан 11, в сосуды подаются новые порции жидкостей, в результате чего поршни совершают холостой рабочий ход, и процесс повторяется.

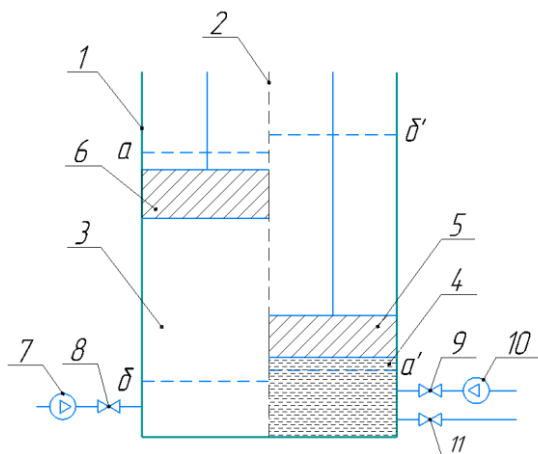


Схема осмотической силовой установки: 1 – корпус осмотической силовой установки; 2 – полупроницаемая мембрана; 3 – отсек с пресной водой; 4 – отсек с солёной водой; 5, 6 – поршни; 7 – насос для подачи пресной воды; 8, 9 – клапаны; 10 – насос для подачи солёной воды; 11 – клапан для отвода полученного в результате осмоса раствора

Мембрана может быть выполнена из композитного материала, верхний слой которого сделан из армированной проволоочной сетки, а второй – из полисульфона, имеющего микропористую структуру и обладающего большой проницаемостью.

Достоинствами предлагаемой силовой осмотической установки являются: дешёвое сырьё, простота в использовании, абсолютная экологичность.

Литература

1. Пат. 2176031 Российская Федерация, МПК⁷ F03G 7/00. Способ получения механической или электрической энергии и осмотическая силовая установка для его осуществления (ее варианты) / Скрябин А. А.; заявитель Скрябин А. А.; заявл. 11.03.1999; опубл. 20.11.2001; Бюл. № 32. – 4 с.: 2 ил.
2. Кестинг, Р. Е. Синтетические полимерные мембраны: рук. разработчика [пер. с англ.] / А. И. Мудрагель, А. И. Костин. – М.: Химия, 1991. – 336 с.; Перевод изд. Synthetic Polymeric Membranes / Robert E. Kesting. – ISBN 5-7245-0169-4 (в пер.).

УДК 622.613.13

Шарипов А. А.

Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

СЖИГАНИЕ НЕФТЯНОГО КОКСА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛАХ

Аннотация. *Представлена принципиальная возможность использования нефтяного кокса в существующих газовых котлоагрегатах. Рассмотрены свойства нефтяного кокса. Сжигание нефтяного кокса совместно с газом ведёт к снижению себестоимости газа. Включение кокса в топливный баланс станций позволит эффективно решать локальные экологические проблемы. Приведён опыт эксплуатации с использованием нефтяного кокса на действующей ТЭЦ.*

Ключевые слова: *ТЭЦ, котёл, нефтяной кокс, топливо, энергетический баланс.*

Известно, что в средней полосе РФ используется газовый, мазутный и угольный виды топлива. С целью экономии топлива и снижения эксплуатационных издержек сжигания в печных установках от 40 до 90%, нефтяной кокс рассматривается как альтернативный энергоресурс. По внешнему виду кокс представляет собой куски (или частицы) неправильной формы разного размера черного цвета. Частицы кокса имеют развитую пористую структуру. Кокс состоит из: 90-97 % углерода, 1,5-8,0 % водорода, остальное – азот, кислород, сера и металлы.

Экологические свойства нефтяного кокса определяются минимальным содержанием минеральных включений и соответственно незначительным выделением золошлаковых частиц при его сжигании, высоким содержанием в минеральной части кокса тяжёлых металлов – ванадия и никеля, повышенным содержанием в органической части кокса сернистых соединений.

Получают нефтяной кокс в установках замедленного коксования. Данные установки позволяют получать из нефтяных остатков кокс и дополнительные ресурсы дистиллятного сырья, которые путем обогащения можно превратить в моторные топлива.

Серьезным ограничением по использованию кокса в качестве топлива является содержание серы. Образующийся при сжигании сернистого и высокосернистого кокса диоксид серы – токсичное вещество и, согласно международным нормам, содержание его в атмосфере ограничивается. Высокая сернистость нефтяного кокса создает опасность появления на котлах тепловых электростанций высокотемпературной сероводородной коррозии, низкотемпературной сернокислотной коррозии в конвективной шахте котла, а также влечёт за собой увеличение выброса в атмосферу сернистого ангидрида.

Для успешного сжигания кокса в энергетических котлах нужно учитывать множество факторов, такие как надёжность оборудования, условия устойчивости воспламенения и полного выгорания, тяги в котлоагрегате, хранение и подготовка к сжиганию.

Впервые в РФ установка совместного сжигания нефтяного кокса и природного газа эксплуатируется на Нижнекамской ТЭЦ-2 (НкТЭЦ-2). Особенностью применяемой технологии является последовательная установка СКВ и электрофилтра.



Схема установки

Заключение

Использование нефтяного кокса даст экономии природного газа, что в свою очередь заметно уменьшит себестоимость энергии, вырабатываемой на станциях, а также решит вопрос утилизации нефтяных остатков. Нефтяной кокс является специфическим новым для энергетики видом топлива. Требуется взвешенный подход при определении путей его использования на существующих котлоагрегатах с учётом свойств топлива и конструктивных особенностей топочно-горелочных систем.

Предполагаемый рост производства нефтяного кокса в России позволяет рассматривать этот продукт как потенциальный компонент топливно-энергетического баланса, и как альтернативное топливо, которое благоприятно влияет на решения некоторых проблем, которые существуют на многих станциях.

Литература

1. Шульман, В. Л. Энергетическое использование нефтяного кокса / В. Л. Шульман, В. С. Паршуков // Теплоэнергетика. – 2000. – №9. – С. 51-54.
2. Гимаев, Р. Н. Нефтяной кокс / Р. Н. Гимаев, И. Р. Кузеев. – М.: Химия - 1992. – С. 80.
3. Красюков, А. Ф. Нефтяной кокс / А. Ф. Красюков. – М.: Химия, 1966. – 224 с..
4. Волков, А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Мн.: Современная школа, 2005. – С. 608 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.fptl.ru/spravochnik/water_sv-va.html](http://www.fptl.ru/spravochnik/water_sv-va.html).

Шугин А. А.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ. ЗАМКНУТЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦИКЛ

***Аннотация.** В статье представлены достоинства и недостатки замкнутого ядерного цикла и применение его в реакторах на быстрых нейтронах.*

***Ключевые слова:** реактор, ядерный цикл, быстрые нейтроны.*

Реактор на быстрых нейтронах – ядерный реактор, в активной зоне которого нет замедлителей нейтронов и спектр нейтронов близок к энергии нейтронов деления ($\sim 10^5$ эВ). Нейтроны этих энергий называют быстрыми, отсюда и название этого типа реакторов. В связи с малым сечением ^{235}U быстрыми нейтронами для поддержания цепной реакции необходимо поддерживать гораздо большей напряженности нейтронных полей по сравнению с реакторами на тепловых нейтронах. В связи с увеличением нейтронных потоков гораздо большая доля ^{238}U вовлекается в процесс трансмутации в плутоний, что значительно расширяет топливную базу этого типа реакторов [1].

В активной зоне реактора не должно быть эффективных замедлителей нейтронов, в первую очередь принципиально недопустимы вещества с легкими ядрами вроде водорода. Поэтому вода и углеводороды не могут использоваться в системе охлаждения реактора. Это требование вынуждает использовать в качестве теплоносителя легкоплавкие металлы, например, ртуть, натрий, свинец. От ртути быстро отказались из-за высокой коррозионной активности. Сегодня получили развитие реакторы с натриевым, свинцово-висмутовым и свинцовым теплоносителями.

Сечение деления в быстрой области энергий не превышает 2 барн. Поэтому для осуществления цепной реакции на быстрых нейтронах необходима относительно высокая удельная плотность делящегося вещества в активной зоне по сравнению с реакторами на тепловых нейтронах. По сравнению с распространенным реактором на тепловых нейтронах, реакторы на быстрых нейтронах безопаснее. С другой стороны, популярный теплоноситель натрий бурно реагирует с водой, что усложняет задачу охлаждения топлива при запроектных авариях с разрушением активной зоны. Основным достоинством этого типа реакторов считается

возможность вовлечь в топливный цикл такие материалы как уран-238 и торий-232. Это значительно расширяет топливную базу ядерной энергетики. Кроме того, эти реакторы позволяют относительно безопасно избавиться от самых активных и долгоживущих изотопов в отработанном ядерном топливе, принципиально сократив срок его биологической опасности [2].

Первый в мире ядерный реактор был «медленным»: он был построен Энрико Ферми под западными трибунами футбольного поля Чикагского университета из графитовых и урановых блоков, запущен в 1942-ом году на 28 минут и не имел решительно никакой защиты от радиации и системы охлаждения. По довольно точному описанию самого г-на Ферми, эта разработка выглядела как «сырая куча черных кирпичей и деревянных брёвен», чем фактически и являлась. Но уже тогда он мечтал построить быстрый реактор. В 1980-м на Белоярской АЭС начал работать БН-600, по состоянию на сегодня – единственный в мире действующий промышленный реактор на быстрых нейтронах. Сегодня на стадии технического проектирования уже находится реактор нового поколения БН-1200, предназначенный для серийного сооружения, – его ввод в эксплуатацию намечен на 2025. Также к 2020 на территории Сибирского химического комбината в Северске планируется запуск быстрого реактора на 300 МВт со свинцово-висмутовым теплоносителем – эта технология десятилетиями отрабатывалась в реакторах подводных лодок и ледоколов.

Достоинства быстрых реакторов очевидны, равно как очевидна и инженерная сложность их создания. Отсутствие необходимых технологий – вот одна из ключевых причин, почему быстрые реакторы на текущий момент не получили более широкого распространения. Использование жидкометаллического теплоносителя в условиях многократно более интенсивного энерговыделения, чем в традиционных реакторах, ставит ещё одну серьёзную задачу – материаловедческую [3].

Литература

1. Термоядерный источник нейтронов для производства ядерного топлива / Е. П. Велихов, М. В. Ковальчук, Э. А. Азизов и др. // Атомная энергия. – 2013. – Т. 114. – С. 160-165.
2. Клягин, Н. В. Термоядерные реакторы / Н. В. Клягин // Высшее образование сегодня. – 2010. – № 12. – С. 12-21.
3. Кирюхин, М. Чем светит ядерный реактор на быстрых нейтронах? // Персональный сайт Михаила Кирюхина. – 2014. – 25 сентября [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://academcity.org/content/chem-svetit-yadernyy-reaktor-na-bystryh-neytronah> (дата обращения: 29.03.2018).

Юсупов И. Ф.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В БЛИЖНЕМ КОСМОСЕ

***Аннотация.** Материалы статьи посвящены рассмотрению вопроса о создании искусственной гравитации на орбитальной космической станции с приводом на базе двигателя Стирлинга, а также анализу количества солнечной энергии на орбите Земли для приведения в действия энергетической установки.*

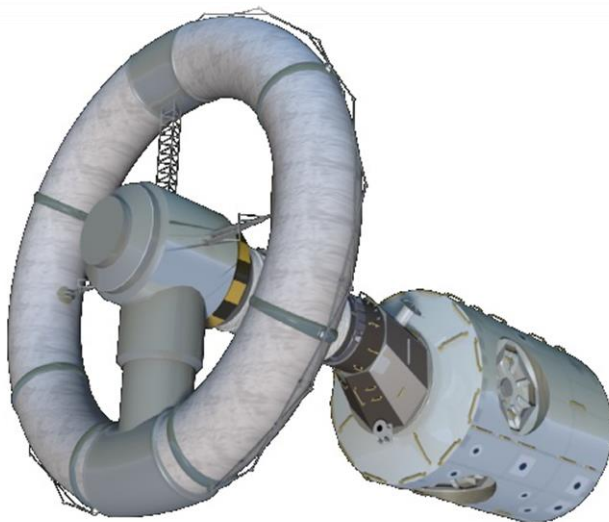
***Ключевые слова:** двигатель Стирлинга, энергия Солнца, ближний космос, орбитальная станция, искусственная гравитация.*

В настоящее время мировая космическая отрасль все ближе подходит к новому этапу своего развития – освоению ближнего космоса и межпланетным пилотируемым полетам. Однако прежде чем приступить к ним, должен быть проведен ряд исследований, посвященных влиянию солнечной радиации на организм человека во время долгого пребывания в космическом пространстве, возможности выращивания сельскохозяйственных культур, производству различных материалов и многим другим. Эти исследования возможно осуществить только при длительном пребывании в космическом пространстве объектов исследования, оборудования и самого персонала. Исходя из этого возникает необходимость в создании космической станции длительного пользования.

Впервые такие станции начали выводиться на орбиту Земли еще в 1970-х годах, но ни на одной из них еще не была решена проблема отсутствия гравитации.

Отсутствие земной гравитации пагубно сказывается на здоровье человека как в краткосрочном, так и долгосрочном периоде. Это отрицательно влияет на работоспособность космонавтов. Особенный вред организму причиняет сверхдолгое пребывание в невесомости (в районе 1 года), без которого невозможно, при существующих технологиях, осуществлять межпланетные перелеты. Также в невесомости с большими трудностями осуществляется выращивание растений, синтез некоторых материалов, которые должны решить проблемы обеспечения космонавтов продуктами питания и сырьем.

Решать проблему отсутствия гравитации на станции предлагается путем создания центробежной силы на станции в форме тора, приводом для которой должен послужить двигатель Стирлинга (ДС) (рисунок).



Модель орбитальной космической станции с энергетической установкой на базе двигателя Стирлинга

Двигатель Стирлинга относится к двигателям внешнего сгорания, отсюда следует, что он способен работать на абсолютно любом источнике тепла. В условиях ближнего космоса предлагается использовать тепловую энергию Солнца. Исходя из этого, основным преимуществом данной энергетической установки является полная независимость от поставок топлива с Земли, что существенно снижает расходы на эксплуатацию станции. [1].

В условиях космоса передача тепловой энергии возможна только одним способом – тепловым излучением. Таким образом, электромагнитное излучение Солнца, достигая поверхности нагрева двигателя Стирлинга, поглощается ею, тем самым внося необходимое количество тепловой энергии в систему. [2].

Опираясь на исследования, проводимые с середины XX века, суммарная мощность солнечного излучения на расстоянии одной астрономической единицы составляет 1367 Вт/м^2 , вне пределов земной атмосферы. При этом имеет место годичная вариация $6,9 \%$ – от $1,412 \text{ кВт/м}^2$ в начале

января до 1,321 кВт/м² в начале июля, возникающая по причине изменения в течение года расстояния от Солнца до Земли, обусловленное эллиптичностью орбиты Земли. Также на количество доставляемой до орбиты Земли солнечной энергии влияет суммарная площадь солнечных пятен. Однако эти изменения не так велики и оцениваются в 10⁻⁴ – 10⁻³%. [3].

Анализ теплового излучения Солнца показал, что его вполне достаточно для нормального функционирования двигателя Стирлинга космической станции в ближнем космосе.

Литература

1. Пат. 168511 Российская Федерация, МПК F02G 1/044. Двигатель Стирлинга / Кондратьев А. Е., Хафизов Р. Г., Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О., Шарифуллина А. Р.; патентообладатель: Казанский гос. энерг. ун-т. – № 2016109569; заявл. 16.03.2016; опубл. 07.02.2017 Бюл. № 4.
2. Елисеев, В. Н. Теплообмен и тепловые испытания материалов и конструкций аэрокосмической техники при радиационном нагреве / В. Н. Елисеев, В. А. Товстоног. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 396 с.
3. Макарова, Е. А. Солнечная постоянная / Е. А. Макарова // Физика космоса / Редкол.: Р. А. Сюняев (Гл. ред.) и др. – 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 627.

УДК 633/635

Яковлев А. В.

Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
поволжский государственный технологический университет

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Аннотация. *Представлены современные способы повышения энергетической эффективности зданий для снижения тепловых потерь и снижения затрат на отопление зданий.*

Ключевые слова: *тепловая эффективность, теплопотери, энергоёмкость.*

Цель работы: повышение тепловой эффективности здания и его ограждающих конструкций путем применения энергосберегающих решений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести натурные исследования состояния тепловой защиты здания с целью разработки эффективных энергосберегающих решений;
- выполнить анализ климатических факторов и их воздействий на теплозащитные характеристики наружных ограждающих конструкций;
- выполнить расчетное моделирование формирования тепловых потоков, уходящих через наружные ограждения эксплуатируемого здания;
- выполнить анализ энергосберегающих решений, в том числе с использованием альтернативных источников энергии и определить экономический эффект их внедрения.

В современной России вопрос энергетической эффективности является актуальным. Энергоемкость экономики России намного выше, чем в развитых странах. Высокая энергоемкость связана с тем, что энергетическое оборудование устарело, происходят большие потери тепла и энергии при транспортировке, энергия расходуется предприятиями и населением нецелесообразно, здания и сооружения имеют большие теплотери. Сейчас не только в России, но и во всем мире стоит проблема снижения энергопотребления жилых зданий.

Основными параметрами, влияющими на класс энергоэффективности здания, являются:

- удельные теплотери через ограждающие конструкции;
- расходы на отопление, вентиляцию, кондиционирование и горячее водоснабжение;
- расходы на подачу холодной воды;
- расходы на электроэнергию.

Более подробно рассмотрим основные технологические и инженерные средства решения задач энергоэффективности. Снизить удельные теплотери через ограждающие конструкции можно несколькими способами:

- возведение ширококорпусных зданий. Ширина здания напрямую влияет на общую площадь ограждающих конструкций. В итоге значительно уменьшается потеря тепла, кратность воздухообмена.
 - одним из основных резервов повышения обобщенного показателя сопротивления теплопередачи в зданиях являются окна. Известно, что через окна зданий может уходить до 40% тепла. Обязательным требованием становится применение современных окон с трехслойным остеклением и нанесение теплоотражающего покрытия.
 - применение современных теплоизоляционных материалов.
- Например, минеральная вата, применяемая как теплоизоляционный ма-

териал, обладает хорошими теплозащитными, звукозащитными и пожарозащитными свойствами. Она легко и удобно устанавливается и имеет высокую сопротивляемость механическим воздействиям.

- применение современных фасадных систем;
- возведение ограждающих конструкций из легких пористых материалов.

Расходы на отопление могут быть уменьшены путем устройства индивидуального теплового пункта. Автоматизированный узел управления с автоматическим регулированием температуры теплоносителя в системах отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха позволяет снизить затраты на тепло до 25%. Дополнительно в зданиях необходимо установить терморегуляторы для индивидуального снижения расхода тепла, в зависимости от дня недели, времени суток и длительного отсутствия людей в помещениях.

Установка приборов учета тепла напрямую не снижает расходы на отопление, однако не позволяет поставщику списывать на абонента потери при транспортировке тепла.

В заключении следует отметить, что в России уже не первый год ведутся работы на законодательном уровне, направленные на принятие комплекса мер по обеспечению зданий и сооружений высоким классом энергоэффективности.

Литература

1. Шеина, С. Г. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве / С. Г. Шеина, Е. Н. Миненко // Инженерный вестник Дона. – 1 ч. – 2012. – №4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y20012/1099.
2. Глазунова, Е. К. Удельные отопительные нагрузки и энергоэффективность современной жилой застройки / Е. К. Глазунова, А. И. Василенко, Т. А. Скорик // Научное обозрение. – 2013. – № 2. – С. 94-96.
3. Страхова, Н. А. Экологические и экономические аспекты теплозащитных мероприятий / Н. А. Страхова, Т. А. Скорик, Г. Н. Соколова // Научное обозрение. – 2013. – № 2. – С. 91-93.
4. Данекянц, А. Г. Общие вопросы энергоэффективности в современной России / А. Г. Данекянц, Т. А. Волосатова // Строительство-2014: материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – С. 12-13.
5. Зильберова, И. Ю. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки / И. Ю. Зильберова, К. С. Петров // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. – С. 148.

Яндукова П. А., Курицына К. С.

Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРОБЛЕМА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБИТАЕМОЙ ЛУННОЙ СТАНЦИИ

***Аннотация.** Проведен анализ возможности теплообеспечения обитаемой лунной станции с помощью солнечных коллекторов и аккумулятора тепла.*

***Ключевые слова:** освоение Луны, лунная станция, солнечная энергия.*

При освоении Луны существует проблема жизнеобеспечения обитаемой лунной станции. Актуальность данной проблемы состоит в том, что создание лунных станций имеет не только практическую цель, но и коммерческую составляющую. Для учёных лунная база – уникальное место для проведения научных экспериментов. Отсутствие атмосферы позволяет строить на лунной поверхности различные оптические пункты наблюдения. Ещё одна важная причина колонизации Луны – наличие полезных ископаемых, запасы которых на Земле подходят к концу или доставка которых на орбиту слишком дорого обходится, в таких случаях проще использовать лунный материал, чем доставлять его с Земли. Некоторые эксперты считают, что условия вакуума и дешёвой солнечной энергии позволяют использовать лунную поверхность для строительства больших автоматизированных заводов по производству электроники. В этой связи жизнеобеспечение человека в условиях космоса является главной проблемой.

Луна является самым близким к Земле небесным телом, по этой причине она изучена лучше всего. Условия на Луне неблагоприятны для человека. На Луне нет атмосферы, которая могла бы смягчить палящие солнечные лучи, не допустить к поверхности опасные для человека рентгеновское и корпускулярное излучения Солнца, уменьшить отдачу энергии ночью в мировое пространство и защитить от космических лучей и потоков микрометеоритов. Температура днём может достигать до $+120^{\circ}\text{C}$, а ночью – до -160°C . Однако в породах она составляет примерно -35°C , а это земная температура. Следовательно, можно при строительстве на глубине использовать те же материалы, что и на Земле. Также при строительстве жилья на Луне одним из важнейших аспектов является тепловой режим для людей: самые холодные места на Земле и близко не стоят к температуре лунной ночи, аналогично и с высокими температурами. Их широкая вариативность ещё и означает, что придётся справляться с термическим напряжением и

тепловым расширением. В результате необходимо создание такой базы, которая будет способна оградить поселенцев от подобных условий.

Лунные базы могут быть расположены на поверхности и в углублении. Один из вариантов во избежание высоких тепловых колебаний – заглубление строения в лунный грунт, который имеет высокую устойчивость к солнечной радиации и низкую теплопроводность, то есть обладает сильными теплоизолирующими качествами. В таком случае чем глубже колония, тем выше тепловая защита. Однако на практике это пока ещё невероятно сложная задача. Другим вариантом, с помощью которого можно достичь нужного результата, является концепция, при которой база зарывается при столкновении с поверхностью Луны, следовательно, подвергнется относительно умеренным термическим условиям прежде, чем будет защищена. В то же время остаётся проблема с обеспечением энергией, так как данный проект имеет лишь очень ограниченные возможности по использованию солнечной энергии. Альтернативой такому варианту будет насыпь лунного грунта поверх на колонию, либо развертывание над ней купола многослойной изоляции, изготовленной из материалов, которые широко используются на космических аппаратах, защищая их от холода космоса. Преимущество данного варианта заключается в том, что возможно использование массивов солнечных батарей для сбора и хранения энергии, но если её будет собрано недостаточно, то придётся учитывать альтернативные методы генерации энергии. В этой связи наиболее подходящим является проект подземной обитаемой лунной базы, которая будет обеспечиваться энергией при помощи солнечных коллекторов с аккумуляторами тепла, необходимых для сохранения энергии, накопленной в течение лунного дня.

Таким образом, при создании обитаемой базы на Луне, решение вопроса обеспечения теплового режима жилого модуля является сложной, но выполнимой задачей.

Литература

1. Курицына, К. С. Способы и особенности построения теплоэнергетических комплексов на Луне / К. С. Курицына, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 210-211.
2. Алехин, В. А. Области применения солнечной энергетики / В. А. Алехин // Известия Тульского государственного университета. – 2013. – Вып. 12. – Ч. 2. – С. 3-7.
3. Возможности создания обитаемой исследовательской базы на Луне / В. Д. Бурков, В. П. Васильев, В. А. Есаков // Лесной вестник / Forestry bulletin. – 2015. – С. 97-98.

Секция «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 539.376

Васильев Н. А.

Научный руководитель: Григорьевых Е. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 5G НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

***Аннотация.** Представлен обзор и проанализированы технологии сетей пятого поколения и перспективы их развития.*

***Ключевые слова:** fifth generation, network slicing, интернет вещей.*

Развитие современного общества ежегодно требует увеличения скорости передаваемой информации через различные, в том числе и мобильные, сети.

На сегодняшний день пиком развития широко используемых технологий в области мобильной интернет-сети являются технологии 4G (LTE, WiMAX и др.), которые на сегодняшний день обеспечивают скорость интернет-соединения до 1 Гбит/с.

Количество подключенных к сети Интернет устройств и требования абонентов к скорости мобильного интернет-доступа увеличиваются с каждым годом. Разработчики телеком-оборудования и операторы связи, стремясь ответить на новые вызовы, готовятся серьезно преобразить архитектуру сетей и регламенты взаимодействия. Так появляются сети нового поколения (5G), которые являются следующим этапом эволюции сетей четвертого поколения.

5G (fifth generation) – это пятое поколение технологий мобильной связи с огромной скоростью передачи данных – несколько гигабит в секунду [3]. Внедрение данных технологий по сведениям аналитиков в области мобильной связи начнется не ранее 2020 года.

Сети, выполненные по технологиям 5G, будут «устройство-ориентированными», а не «сота-ориентированными». Сети 5G предполагают, что по ним будет происходить обмен множества потоков информации одновременно между узлами различных типов. Задача каждого такого узла –

обслуживание конкретного устройства, вышедшего в мобильную интернет-сеть.

Шведская компания Ericsson, один из мировых производителей телекоммуникационного оборудования, заявила, что сети 5G будут представлять собой сочетание существовавших до этого технологий радиодоступа с новыми технологиями передачи данных, которые, по мнению компании, появятся после 2020 г. [1].

На данный момент мобильные сети включают большие соты (макросоты) и малые (микросоты) соты. Первые обеспечивают непрерывность покрытия, а вторые – обеспечивают дополнительные емкости сети в зонах с наибольшей плотностью абонентов [2].

Плотность микросот для сетей 5G будет увеличено в соответствии с увеличением потребляемых емкостей. Предполагается, что для организации сетей 5G необходимо будет увеличить количество узлов связи (микросот) в 10 – 100 раз больше, чем сейчас, до 50-500 млрд. единиц [2].

Для каждого устройства в сети 5G будет определена своя политика взаимодействия с сетью, учитывающая объем передаваемых данных, величину допустимой задержки и другие параметры. 5G будет представлять собой гетерогенную сеть.

Для функционирования технологий 5G используется концепция network slicing, предполагающая нарезку сетевых ресурсов под разные типы трафика, где для каждого сегмента сети (слайса) существует своя технология передачи данных [2]. Это позволит удовлетворить самые разные и даже противоречивые требования пользователей разных типов.

Для передачи данных с небольшой задержкой будет использоваться слайс ultra-reliable low latency communication, позволяющий передавать данные с крайне низкой задержкой (до нескольких долей миллисекунд) и высокой надежностью (до 99,999%) [2].

Отдельный слайс будет отведен под интернет вещей – IoT (интернет, позволяющий устройствам взаимодействовать в сети без участия человека, например, технология «Умный дом»), который будет передавать данные для устройств с низким энергопотреблением.

Слайс-технология будет выделять сегмент в сети и для устройств с высокоскоростной передачи данных в диапазоне частот от 30 до 300 ГГц. Данный слайс позволит мобильным операторам довести число абонентов в данном диапазоне до «бесконечных» величин.

Таким образом, 5G станет «слоеным пирогом», совмещающим различные технологии, использование каждой из которых будет определяться в зависимости от требований конкретного пользователя.

5G – это будущее современной мобильной связи и мобильного Интернета. Но для того чтобы данные технологии «заработали», стали повседневной обыденностью, необходимо разработать стандарты – определить частоты связи и технологии радиодоступа; выделить частоты – как уже упоминалось выше, это может быть диапазон частот уже используемый мобильными операторами, так и миллиметровый диапазон частот; обновить инфраструктуру – использовать уже имеющиеся базовые станции и создать новые; создать новые смартфоны, которые будут поддерживать технологии 5G [3].

В итоге нужно отметить, что технологии 5G превратят мобильную связь и мобильный интернет в нечто большее, чем они существуют на сегодняшний день: 5G будет участвовать в развитии бизнеса, использоваться на бытовом уровне, расширит применение технологий «умного дома» и т. д. 5G превращается уже сейчас в революционно новую схему организации связи, которая разительно отличается от существующих технологий 3G, 4G, но как говорилось выше, будет использовать уже имеющиеся инфраструктурные ресурсы и технологии.

Литература

1. Блог Евгения Крыжановского / Сеть 5G: обзор, описание и скорость. Сеть нового поколения 5G [Цифровой ресурс]. – Режим доступа: <http://bezwindowsa.ru/moya-zhizn/set-5g-obzor-opisanie-i-skorost-set-novogo-pokoleniya-5g.html>, свободный. Загл с экрана. Яз. рус., англ.
2. Портал Tadviser.ru / 5G. Пятое поколение мобильной связи [Цифровой ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_\(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8\)#.D0.9E.D1.81.D0.BE.D0.B1.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B8_.D0.B0.D1.80.D1.85.D0.B8.D1.82.D0.B5.D0.BA.D1.82.D1.83.D1.80.D1.8B_.D1.81.D0.B5.D1.82.D0.B5.D0.B9](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8)#.D0.9E.D1.81.D0.BE.D0.B1.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B8_.D0.B0.D1.80.D1.85.D0.B8.D1.82.D0.B5.D0.BA.D1.82.D1.83.D1.80.D1.8B_.D1.81.D0.B5.D1.82.D0.B5.D0.B9), свободный. Загл с экрана. Яз. рус., англ.
3. Сайт Rusbase / Как 5G изменит нашу жизнь? [Цифровой ресурс]. – Режим доступа: <https://rb.ru/longread/5g-in-russia/>, свободный. Загл с экрана. Яз. рус., англ.

Гуляева Г. И.

Научный руководитель: Рябова Н. В., д-р физ.-мат. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Аннотация. 5G – новейшее, пятое поколение сотовой связи, которое на данный момент находится на стадии разработки и тестирования. Развитие и внедрение современных технологий приводит к увеличению передаваемой информации, улучшению качества и надежности сети, с другой стороны, новые технологии имеют всё больше требований на сети передачи данных. В статье рассматриваются особенности и раскрываются новые возможности сети пятого поколения. Также перечислены услуги, которые будут развиваться и внедряться на основе 5G.

Ключевые слова: сети пятого поколения, 5G, «интернет вещей», «умный» дом, тактильный интернет, современный технологии.

С началом «эры инноваций» и с развитием современных технологий у человечества появилось большое количество дополнительных возможностей: «умные» вещи, фитнес браслеты, новейшие приложения для смартфонов, компактные компьютеры и т. д. Эти и другие современные решения объединяет сеть Интернет. Благодаря ежегодному значительному увеличению трафика и количества пользователей Интернета, происходит замена и без того перспективной технологии четвертого поколения связи на пятый стандарт, еще более перспективный.

Над разработкой стандарта 5G с 2008 года работают телекоммуникационные операторы связи, крупнейшие исследовательские группы, созданные специально для разработки этого стандарта, и поставщики оборудования мирового уровня. Многочисленные тестирования проводятся, как за рубежом, так и в России.

Южнокорейская компания Korea Telecom, Intel и Samsung протестировали 5G на зимних Олимпийских Играх 2018 года в Корее. Соревнования транслировались в прямом эфире с помощью 5G, что обеспечило передачу чистого изображения с высоким разрешением UHD.

«Ростелеком», Nokia и «Фонд «Сколково» запустили первую в России тестовую площадку сети нового поколения 5G, где появилась возможность опробовать перспективы новейших технологий связи. Следующий

на очереди – Государственный Эрмитаж в Санкт Петербурге, там новейшие разработки собираются использовать для создания программ дополненной реальности и тактильного Интернета.

В то же время в Татарстане 5G тестовую зону оборудуют в Иннополисе, а затем – в Казани, в рамках ЧМ-2018 по футболу.

Полноценная связь нового поколения появится в российских городах с населением от 300 тыс. жителей к 2025 году, в 2020 – в восьми крупных городах.

В 2019 году 5G появится в Японии и Южной Корее. В Китае и в Европе 5G рассчитывают запустить в 2020 году. Первым европейским государством, где появится новый стандарт, станет страна Сан-Марино.

Главным отличием связи 5G является высокая скорость передачи данных. По прогнозам разработчиков, она будет превышать 1 Гбит/сек и сможет доходить до 35 Гбит/сек. Это создает возможности для развития коммуникаций во всех сферах жизнедеятельности человечества, в том числе и самых высокотехнологичных. Станции сети смогут поддерживать бесперебойную связь с объектами, которые движутся со скоростью до 500 км/ч. 5G будет обладать в 10 раз большей пропускной способностью, чем предыдущее поколение связи, и это позволит поддерживать миллион подключенных устройств на один квадратный километр. Крайне низкая задержка сигнала позволит и далее развивать «интернет вещей» и станет следующим шагом в развитии «умного» города, и высокоточного управления беспилотными устройствами. Спектральная эффективность 5G составит 30 бит/с/Гц для нисходящего канала и 15 бит/с/Гц для восходящего. Предполагается разработка современных сервисов в IT-сфере, в сфере телекоммуникаций, автомобильной промышленности, в образовательных учреждениях, других сферах благодаря внедрению 5G.

Услуги 5G внесут кардинальные изменения во все сферы жизнедеятельности человека: умный дом; тактильный Интернет; высококачественное видео 4K/8K; концепция «интернета вещей», IoT; здоровье и спорт – устройства с датчиками, которые человек будет носить с собой, будут моментально сообщать лечащему врачу о состоянии организма пациента; беспилотный, самоуправляемый транспорт.

Внедрение технологий 5G потребуют разработки стандартов 5G, обеспечения малого времени отклика в сети, покрытия с плотностью до одного миллиона устройств на один квадратный километр.

Литература

1. Джеймс Кимери. Беспроводные сети 5G: от концепции к реальности [Текст] / Джеймс Кимери // ЭЛЕКТРОНИКА. Наука | технология | бизнес. – 2016. – №8 (00158). – С. 10-16.

2. Тихвинский, В. О. LTE World Summit – 2015: На пути к 5G [Текст] / В. О. Тихвинский, В. Я. Архипкин // Электросвязь. – 2015. – №7. – С. 34-36.

3. Алексей Шалагин. 5G: Новая парадигма телекоммуникаций. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.connect-wit.ru/budushhee-5g.html>.

УДК 621.396.67

Емельянов К. С.

Научный руководитель: Зуев А. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННО-ВРЕМЕННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (СРНС)

Аннотация. Рассматриваются различные источники погрешностей, представлен их обзор.

Ключевые слова: погрешность, связь, СРНС, радиоволны.

Основными радионавигационными параметрами, которые измеряются в СРНС (спутниковая радионавигационная система), являются время, частота и фаза несущей [1-3]. В качестве истинного времени принято системное время СРНС, поддерживаемое подсистемой контроля и управления.

Вектор ошибок измерения радионавигационных параметров уравнения $R=R_i+\Delta R + \wedge_i = [(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2 + (z_i - Z)^2]^{0.5} + \Delta R + \wedge_i$, входят шесть основных групп дальномерных погрешностей:

1) погрешности, обусловленные расхождением шкал времени относительно системного времени СРНС.

Этот вид погрешности возникает вследствие несовершенства процедур сверки и хранения бортовой шкалы времени (БШВ) НС. Подсистема управления СРНС корректирует БШВ таким образом, чтобы среднеквадратическое отклонение ее сдвига не превышало 10 нс, что соответствует эквивалентной дальномерной погрешности равной 3 м. Параметры этой модели передаются в навигационном сообщении для каждого НС и используются в НАП для алгоритмической коррекции ухода БШВ.

2) погрешности эфемеридного обеспечения.

Эфемеридные погрешности вызваны неточностью определения параметров орбит НС в ПКУ, а также непрогнозируемыми смещениями НС относительно экстраполированной орбиты. В СРНС GPS среднеквадратическое значение эфемеридных составляющих эквивалентной дальномерной погрешности составляет около 1 м. В СРНС ГЛОНАСС суммарная составляющая эквивалентной дальномерной погрешности не превышает 9,2 м.

3) геометрический фактор в СРНС.

При вычислении суммарной ошибки определения координат необходимо также учесть взаимное положение потребителя и спутников рабочего созвездия. Для этого вводится специальный коэффициент ухудшения точности K_f (коэффициент геометрии), который связан с точностью определения местоположения.

Поскольку наиболее важной характеристикой СРНС является точность местоопределения, чаще используют такие геометрические параметры, как пространственный (K_{zn}) и горизонтальный (K_{pg}) геометрические факторы. Значения геометрических факторов, которые обеспечиваются орбитальной группировкой СРНС ГЛОНАСС, приведены в таблице. [2].

Параметры	Число видимых НС					
	4	5	6	7	8	9
Вероятность	1	1	1	1	0,91	0,58
K_{zn}	1,41	1,26	1,15	1,03	0,95	0,89
K_{pg}	2,45	2,16	2,05	1,91	1,86	1,79

4) погрешности, вызванные дополнительной задержкой распространения сигнала в аппаратуре НС и НАП.

Групповая (фазовая) задержка навигационного радиосигнала в бортовой аппаратуре НС включает детерминированную и недетерминированную составляющие.

Информация для компенсации детерминированной составляющей содержится в служебном сообщении НС. Максимальное значение недетерминированной составляющей групповой задержки навигационного радиосигнала в бортовой аппаратуре НС не превышает 8 не (эквивалентная дальномерная погрешность – 2,4 м) и в среднем лежит в пределах 0,5...5 не (0,15...1,5 м).

Групповая (фазовая) задержка радиосигнала в НАП зависит от типа приемника и принимает значения в пределах 1...20 не, что соответствует эквивалентной дальномерной погрешности 0,3...6 м. Систематическая составляющая задержки в НАП компенсируется.

5) погрешности многолучевости.

На приемную антенну НАП может поступать не только прямой сигнал от НС, но и множество переотраженных сигналов от земной и морской поверхности и близлежащих объектов. Это приводит к существенным искажениям полезного сигнала и к погрешностям фильтрации радионавигационных параметров в следящих контурах НАП. В наиболее неблагоприятных условиях возможен срыв сопровождения сигнала в следящих измерителях НАП, особенно фазовых. Отметим, что влияние шумов многолучевости в значительно большей степени проявляется при выполнении кодовых измерений, их амплитуда может составлять 1...100 не, что соответствует эквивалентной дальномерной погрешности 0,3...30 м. Однако для фазовых измерений эта величина значительно меньше (1...50 пс).

б) погрешности, вносимые на трассе распространения сигнала НС.

Существование данной группы погрешностей обусловлено особенностями распространения радиоволн в атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве. Выделяют два слоя, которые резко различаются по свойствам с точки зрения распространения радиоволн. Тропосфера – самый нижний от земной поверхности слой атмосферы (до высоты 8... 13 км). Верхний слой атмосферы в интервале высот от 60...90 км до 500... 1000 км, называют *ионосферой*, которая характеризуется преобладающим составом отрицательно заряженных частиц – электронов и ионов атомарного кислорода.

Вывод

Обзор работ по данной теме позволяет сделать вывод о том, что для анализа погрешностей позиционирования СРНС, обусловленных влиянием среды распространения сигналов и конструктивными особенностями навигационных приемников, необходимо проведение разносторонних и длительных исследований зависимости погрешности позиционирования отряда факторов (геофизических условий, географического положения аппаратуры пользователя СРНС, местного времени, типа приемника).

Литература

1. Радиозондирование ионосферных каналов ВЧ связи. Методы и оборудование Поволжского государственного технологического университета / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Распространение радиоволн (РРВ-24) труды конференции. труды конференции. – Иркутск: Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 2014. – С. 38-45.

2. Евдокимов, А. О. Комплексирование алгоритмов обработки радионавигационных данных и анализа изображений для корректировки маршрута движения наземного транспортного средства / А. О. Евдокимов, А. В. Зуев, А. А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2 (18). – С. 61-72.

3. Исследование влияния на помехоустойчивость радионавигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS метеоусловий и космической погоды / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Кислицын и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – №3. – С. 25-35.

УДК 621.371

Жураева У. Б.

Научный руководитель: Кислицын А. А., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СУТОЧНЫХ ПОЛОС КОГЕРЕНТНОСТИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ В СРЕДНЕШИРОТНЫХ РЕГИОНАХ

***Аннотация.** Представлена методика исследования суточных полос когерентности в спутниковых системах связи на основе абсолютных значений полного электронного содержания. Получены результаты натурных экспериментов для различных систем спутниковой связи.*

***Ключевые слова:** системы спутниковой связи, полоса когерентности, полное электронное содержание.*

Рассматривается задача изучения изменения динамики суточных полос когерентности спутниковых систем связи для среднеширотных регионов. Для инженеров радиосвязи **актуальность работы** обусловлена необходимостью разработки мероприятий, обеспечивающих минимизацию искажения сигнала в трансионосферных радиоканалах связи.

Спутниковая связь – это вид радиосвязи, использующий искусственные спутники в качестве ретрансляторов. Она осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и передвижными. В настоящее время системы спутниковой связи (ССС) решают ряд важных телекоммуникационных задач. СССР осу-

ществляют связь территориально распределенных стационарных объектов различного назначения (фиксированная спутниковая служба), а также связь различных мобильных объектов между собой (подвижная спутниковая служба).

В работах [1,2] каналы спутниковой связи называют трансионосферными радиоканалами, сущность которых заключается в распространении сигналов в радиолиниях «сверху-вниз» или «снизу-вверх» через ионосферу. Канал связи, устанавливаемый между спутником и станцией, характеризуется в первую очередь частотным диапазоном (табл. 1).

Таблица 1. Диапазоны спутниковой связи

Диапазон	Полоса частот, ГГц
L	1,452 – 1,500
	1,61 – 1,71
S	1,93 – 2,70
C	3,40 – 5,25
	5,725 – 7,075
X	8 – 12,5
Ku	10,70 – 12,75
	12,75 – 14,80
Ka	14,40 – 26,50
	27,00 – 50,20
K	84,00 – 86,00

Известно, что между приёмником и спутником располагается слой заряженных частиц – ионосфера Земли, в которой уровень ионизации достаточно велик, и в большинстве случаев это негативно влияет на распространение радиоволн.

Причиной возникновения сильных помех в спутниковой радиосвязи являются дисперсионные искажения из-за нелинейной фазовой дисперсии.

Для оценки значимости дисперсионных искажений вводится понятие полосы когерентности (ПК) радиоканала. Это полоса частот, на границах которой набег нелинейной составляющей фазы из-за дисперсии второго порядка не превышает 1 радиан и определяется следующим выражением:

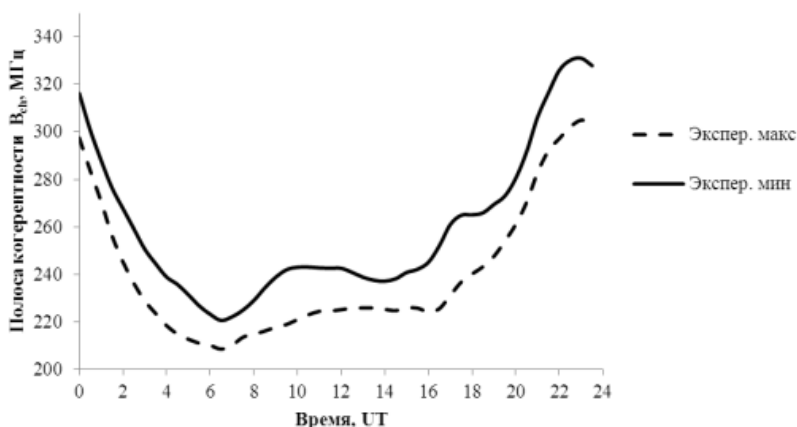
$$B_k = \frac{2}{\sqrt{\pi \cdot |s|}} = \sqrt{\frac{4 \cdot c \cdot \bar{f}^3}{\pi k N_t}}. \quad (1)$$

При этом основной характеристикой, определяющей изменение параметров радиосигнала, является полное электронное содержание (ПЭС) и

его составляющие вдоль пути распространения [3]. Общепринятой единицей измерения ПЭС является TECU ($1 \text{ TECU} = 10^{16} \text{ м}^{-2}$). Величина

$$N_t = \int_s N_e(z) dz. \quad (2)$$

Таким образом, определив изменения абсолютных значений ПЭС, можно для существующих систем спутниковой связи вычислить суточные значения полос когерентности. Пример построения суточных ходов полос когерентности представлен на рисунке.



Суточные изменения полосы когерентности для $f_p=1200 \text{ МГц}$, г. Йошкар-Ола

Анализируя рисунок, можно сделать следующие выводы: при переходе от ночной ионосферы к дневной наблюдается резкое снижение значений полосы когерентности. Причем самые минимальные значения наблюдаются примерно 9-11 часов по местному времени (приёмный терминал YOSH, г. Йошкар-Ола). Увеличение значений полос когерентности наблюдается лишь после 18.00.

Заключение. Рассмотрена методика исследования суточных полос когерентности для среднеширотной ионосферы. На основе полученных результатов, можно отметить, что в ночное время сигналы в трансionoсферном радиоканале менее подвержены искажениям.

Литература

1. Определение параметров частотной дисперсии трансionoсферного радиоканала / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59. – № 12-2. – С. 105-108.
2. Эффекты частотной дисперсии группового запаздывания при трансionoсферном распространении радиоволн / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2017. – Т. 20, № 3, ч.2. – С. 31-36.
3. Афраймович, Э. Л. GPS мониторинг верхней атмосферы Земли / Э. Л. Афраймович, Н. П. Первалова. – Иркутск: изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

УДК 621.396

Капленко В. В.

Научный руководитель: Чернов А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЖАТИЯ ЛЧМ СИГНАЛА В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ ЗОНДИРОВАНИИ ИОНОСФЕРЫ

Аннотация. В статье дано описание метода сжатия ЛЧМ сигнала в частотной области.

Ключевые слова: линейно частотная модуляция, внутриимпульсная модуляция, комплексно сопряженный сигнал, сигнал разностной частоты.

Введение. Ионосфера, как среда распространения радиосигналов, привлекает уже многие годы. Благодаря её свойствам возможно распространения сигналов на огромные расстояния и в широком спектре частот. Однако этот канал не лишен и недостатков, из-за которых на сегодняшний день так и не найдено научно-технического решения, которое бы обеспечило устойчивую и скоростную связь.

Актуальность. Использование ионосферной среды дает нам дешёвый широкополосный канал радиосвязи на огромные расстояния. И так как свойства ионосферы не до конца изучены, любое исследование в данной области будет целесообразным.

Сигнал с линейно частотной модуляцией можно представить в виде:

$$a(t) = |a_0(t)| \cdot \exp(j\omega_0 t) \cdot \exp(j\varphi(t)),$$

где $|a_0(t)|$ – модуль амплитуды сигнала,

ω_0 – несущая частота,

$\varphi(t)$ – закон внутренней модуляции.

В приемнике принятый сигнал вида $a(t)$ перемножается с сигналом генерируемым гетеродином $a^*(t)$. Сигналы $a(t)$ и $a^*(t)$ комплексно сопряжены, поэтому при их умножении в результирующем сигнале исчезает внутриимпульсная модуляция.

$$A(t) = a(t) \cdot a^*(t) = |a_0(t)|^2.$$

Остается лишь сигнал с частотой разности принимаемых сигналов. Полученный сигнал также называют сигналом разностной частоты.

Рассмотрим особенности корреляционного анализа для сигналов с ЛЧМ модуляцией. Сигнал с линейно частотной модуляцией можно также представить в виде:

$$a(t) = |a_0(t)| \cdot \cos\left(2\pi f_0 t + 0.5 \frac{dt}{df} t^2\right).$$

где f_0 – несущая частота,

$\frac{dt}{df}$ – скорость изменения частоты.

Спектр этого сигнала представлен на рис. 1.

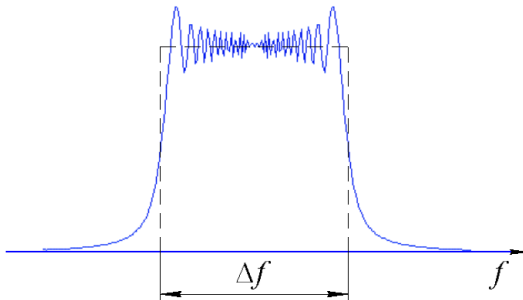


Рис. 1. Спектр линейно частотно модулированного сигнала

Принцип механизма сжатия ЛЧМ-сигналов и определения задержки показан на рис. 2. Тут прямая 1 описывает закон изменения частоты для сигнала, генерируемого в приемнике, а прямая 2 – сигнала, принятого приемником. Полоса частот или ширина спектра каждого из сигналов будет равна $\Delta f = T \cdot df/dt$. Время запаздывания принятого сигнала относительно сигнала, генерируемого в приемнике, τ равно времени распространения ЛЧМ-сигнала в ионосфере [1]. Разностная частота F определяется как произведение задержки τ на скорость изменения частоты df/dt :

$$F = \tau \cdot df/dt. \quad (1)$$

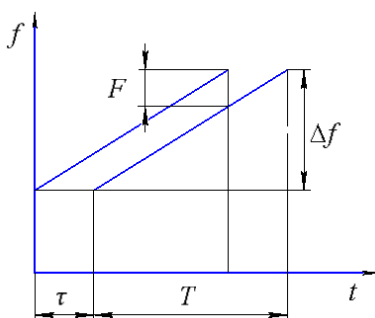


Рис. 2. Механизм сжатия ЛЧМ-сигнала в частотной области

Таким образом, после смешивания двух сигналов на выходе получается сигнал разностной частоты. Определить задержку можно будет, исходя из формулы 1. Также в дальнейшем сигнал подвергается спектральному анализу с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). В результате получается набор спектров, из которых формируется ионограмма.

Литература

1. Иванов, В. А. Основы радиотехнических систем ДКМ диапазона: учебное пособие / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, В. В. Шумаев; под общей ред. проф. В. А. Иванова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 204 с.
2. Березин, Ю. В., Балинов В. В., Рыжов Д. Е. Способ возбуждения характеристических электромагнитных волн в ионосфере. Патент РФ № 2002276.

Каширов А. В.

Научный руководитель: Бастркова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРЕДНЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫИГРЫША РАДИОЛИНИИ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ

Аннотация. Представлена методика расчета среднего энергетического выигрыша для одного из вариантов алгоритмов работы радиолинии и результаты расчетов.

Ключевые слова: методика, расчет, частота, выигрыш, рассеяние.

Для каждой из Q частот соответствует измеряемое системой превышение сигнала над помехой. Расположим эти значения в порядке возрастания, образуя вариационный ряд:

$$Z_Q \leq Z_{Q-1} \leq \dots \leq Z_{Q-\nu+1} \leq \dots \leq Z_\nu \leq \dots \leq Z_2 \leq Z_1,$$

где Q – общее число частот, ν – наибольшее значение превышения.

Для наибольшего значения превышения плотность вероятности запишется в виде:

$$\omega_{Q,\nu}(z_\nu) = \frac{1}{B(\nu, Q-\nu+1)} \left[1 - F\left(\frac{z_\nu - \bar{z}}{\sigma_z}\right) \right]^{Q-\nu} \times F^{Q-\nu}\left(\frac{z_\nu - \bar{z}}{\sigma_z}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z} \cdot \exp\left[-\frac{(z_\nu - \bar{z})^2}{2\sigma_z^2}\right].$$

Для числа частот больше 10 справедливы следующие равенства для математического ожидания и дисперсии ν – того члена вариационного ряда:

$$\bar{z}(\nu) = \bar{z} + \sigma_z \left[\sqrt{2\pi Q} - \frac{\ln \ln Q + \ln(4\pi) + 2(S_{1,\nu} - C)}{2\sqrt{2 \ln Q}} \right] \approx \bar{z} + \sigma_z L(Q, \nu),$$

$$D(z_\nu) = \frac{\sigma_z^2}{2\pi \ln Q} \left(\frac{\pi^2}{6} - S_{2,\nu} \right) \approx \sigma_z^2 M^2(Q, \nu),$$

где C – постоянная Эйлера;

$S_{1,\nu}$ и $S_{2,\nu}$ – выражения, представленные ниже:

$$S_{1,\nu} = \sum_{n=1}^{\nu-1} \frac{1}{n}, \quad S_{2,\nu} = \sum_{n=1}^{\nu-1} \frac{1}{(n)^2}.$$

Введем выражения $L(Q, \nu)$ и $M(Q, \nu)$, зависящие от числа частот в выборке:

$$L(Q, \nu) = \sqrt{2\pi Q} - \frac{\ln \ln Q + \ln(4\pi) + 2(S_{1,\nu} - C)}{2\sqrt{2 \ln Q}} = \xi_{\nu, Q}^{r=1},$$

где $\xi_{\nu, Q}^{r=1}$ – первый начальный момент ν – того члена вариационного ряда;

$$M(Q, \nu) = \sqrt{\frac{1}{2\pi \ln Q} \left(\frac{\pi^2}{6} - S_{2,\nu} \right)} \approx \xi_{\nu, Q}^{r=2} - (\xi_{\nu, Q}^{r=1})^2,$$

где $\xi_{\nu, Q}^{r=2}$ – второй начальный момент ν – того члена вариационного ряда.

Данные выражения помогут преобразовать выражения в более простой вид.

Для среднего значения и дисперсии максимального значения превышения уровня сигнала над помехой, т. е. при $\nu = 1$ получаем:

$$\bar{z}_{(1)} = \bar{z} + \sigma_z \left[\sqrt{2\pi Q} - \frac{\ln \ln Q + \ln 4\pi}{2\sqrt{2 \ln Q}} + \frac{C}{\sqrt{2 \ln Q}} \right] = \bar{z} + \sigma_z L(Q, 1),$$

$$D(z_1) = \frac{\sigma_z^2}{2\pi \ln Q} \left(\frac{\pi^2}{6} \right) = \sigma_z^2 M^2(Q, \nu).$$

Полученные выражения для среднего значения и дисперсии, для $\nu = 1$, можно использовать при приближенных расчетах среднего энергетического выигрыша.

Используя соотношения между параметрами нормального и логарифмически нормального законов, можно записать приближенные выражения среднего значения отношения s/n и среднего значения максимального члена вариационного ряда:

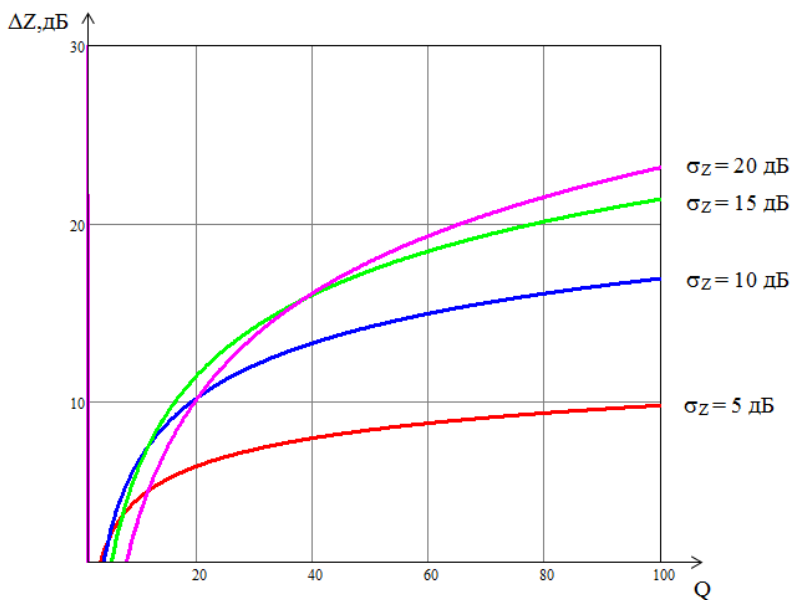
$$\bar{h} = h_{0,5} e^{-\frac{\sigma_z^2}{2M_1^2}};$$

$$\left(\overline{\max_{i=1, Q} h_i} \right) \approx 10^{\frac{\bar{z} + \sigma_z L(Q, 1)}{20}} e^{\frac{\sigma_z^2 M^2(Q, 1)}{2M_1^2}}.$$

При этом средний энергетический выигрыш равен:

$$\overline{\Delta Z}(Q, \sigma_z) = 20 \lg \frac{\left(\overline{\max_{i=1, Q} h_i} \right)}{h} = \sigma_z L(Q, 1) - 0.0575 \sigma_z^2 (1 - M^2(Q, 1)) \quad [1].$$

Используя для расчетов полученное выражение для вычисления среднего энергетического выигрыша, получены кривые зависимости отношения от количества частот в выборке, представленные на рисунке. Как видим по рисунку, при большем количестве частот энергетический выигрыш увеличивается за счет того, что вероятность появления частоты с большим отношением s/n становится больше. При увеличении СКО также наблюдаются улучшение параметров, т. к. увеличивается рассеяние помехи.



Зависимости среднего энергетического выигрыша от числа частот при разных значениях рассеяния

Литература

1. Комарович, В. Ф. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи [Текст] / В. Ф. Комарович, В. Н. Сосунов. – М.: Связь, 1977. – 136 с.

Ким О. А., Кушназаров А. А.

Научный руководитель: Бастркова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СТАНДАРТЫ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Аннотация.** В данной работе представлены стандарты беспроводных технологий и их сравнительный анализ.*

***Ключевые слова:** скорость передачи данных, модуляция, частотный диапазон.*

IEEE 802.11 – набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 0,9; 2,4; 3,6; 5 и 60 ГГц.

Пользователям он более известен по названию Wi-Fi, получил широкое распространение благодаря развитию мобильных электронно-вычислительных устройств: КПК и ноутбуков.

Изначально стандарт IEEE 802.11 предполагал возможность передачи данных по радиоканалу на скорости не более 1 Мбит/с и, опционально, на скорости 2 Мбит/с. Один из первых высокоскоростных стандартов беспроводных сетей – IEEE 802.11a – определяет скорость передачи уже до 54 Мбит/с брутто. Рабочий диапазон стандарта – 5 ГГц.

Вопреки своему названию, принятому в 1999 году, стандарт IEEE 802.11b не является продолжением стандарта 802.11a, поскольку в них используются различные технологии: DSSS (точнее, его улучшенная версия HR-DSSS) в 802.11b против OFDM в 802.11a. Стандарт предусматривает использование нелицензируемого диапазона частот 2,4 ГГц. Скорость передачи – до 11 Мбит/с.

Долгое время IEEE 802.11b был распространённым стандартом, на базе которого было построено большинство беспроводных локальных сетей. Сейчас его место занял стандарт IEEE 802.11g, постепенно вытесняемый высокоскоростным IEEE 802.11n.

Проект стандарта IEEE 802.11g был утверждён в 2002 году. Этот стандарт предусматривает использование диапазона частот 2,4 ГГц, обеспечивая скорость соединения до 54 Мбит/с(брутто) и превосходя, таким образом, стандарт IEEE 802.11b, который обеспечивает скорость соединения до 11 Мбит/с. Кроме того, он гарантирует обратную совместимость со стандартом 802.11b. Обратная совместимость стандарта IEEE 802.11g

может быть реализована в режиме модуляции DSSS, и тогда скорость соединения будет ограничена одиннадцатью мегабитами в секунду либо в режиме модуляции OFDM, при котором скорость может достигать 54 Мбит/с. Таким образом, данный стандарт является наиболее приемлемым при построении беспроводных сетей

Список стандартов:

- **802.11** – изначальный 1 Мбит/с и 2 Мбит/с, 2,4 ГГц и ИК стандарт (1997).
- **802.11a** – 54 Мбит/с, 5 ГГц стандарт (1999, выход продуктов в 2001).
- **802.11b** – улучшения к 802.11 для поддержки 5,5 и 11 Мбит/с (1999).
- **802.11c** – процедуры операций с мостами; включен в стандарт IEEE 802.1D (2001).
- **802.11d** – интернациональные роуминговые расширения (2001).
- **802.11e** – улучшения: QoS, пакетный режим (packet bursting) (2005).
- **802.11F** – Inter-Access Point Protocol (2003).
- **802.11g** – 54 Мбит/с, 2,4 ГГц стандарт (обратная совместимость с b) (2003).
- **802.11h** – распределённый по спектру 802.11a (5 GHz) для совместимости в Европе (2004).
- **802.11i** – улучшенная безопасность (2004).
- **802.11j** – расширения для Японии (2004).
- **802.11k** – улучшения измерения радиоресурсов.
- **802.11l** – зарезервирован.
- **802.11m** – поправки и исправления для всей группы стандартов 802.11.
- **802.11n** – увеличение скорости передачи данных (600 Мбит/с). 2,4-2,5 или 5 ГГц. Обратная совместимость с 802.11a/b/g (сентябрь 2009).
- **802.11o** – зарезервирован.
- **802.11p** – WAVE – Wireless Access for the Vehicular Environment (беспроводной доступ для среды транспортного средства).
- **802.11q** – зарезервирован, иногда его путают с 802.1Q.
- **802.11r** – быстрый роуминг.
- **802.11s** – ESS Wireless mesh network^[en] (Extended Service Set – расширенный набор служб; Mesh Network – многосвязная сеть).
- **802.11T** – Wireless Performance Prediction (WPP, предсказание производительности беспроводного оборудования) – методы тестов и измерений.
- **802.11u** – взаимодействие с не-802 сетями (например, сотовыми).

- **802.11v** – управление беспроводными сетями.
- **802.11w** – Protected Management Frames (защищенные управляющие фреймы).
- **802.11x** – зарезервирован и не будет использоваться. Не нужно путать со стандартом контроля доступа IEEE 802.1X.
- **802.11y** – дополнительный стандарт связи, работающий на частотах 3,65 – 3,70 ГГц. Обеспечивает скорость до 54 Мбит/с на расстоянии до 5000 м на открытом пространстве.
- **802.11ac** – новый стандарт IEEE. Скорость передачи данных – до 6,77 Гбит/с для устройств, имеющих 8 антенн. Утверждён в январе 2014 года.
- **802.11ad** – новый стандарт с дополнительным диапазоном 60 ГГц (частота не требует лицензирования). Скорость передачи данных – до 7 Гбит/с.

Примечания:

1. 802.11F и 802.11T являются рекомендациями, а не стандартами, поэтому используются заглавные буквы.

Литература

1. Вишневский, В. Энциклопедия WiMAX путь к 4G: учебное пособие / В. Вишневский, С. Портной, И. Шаханович. – М.: Техносфера, 2009. – 465 с.
2. Сети LTE: структура и принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mobile-networks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.htm.
3. Легков, К. Е. Анализ систем передачи в сетях беспроводного доступа / К. Е. Легков, А. А. Донченко. – Т-Сопм – Телекоммуникации и транспорт. – 2009. - №2. – С. 40-41.

УДК 621.391

Кошаева Е. П.

Научный руководитель: Бастракова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ (АОЛС)

***Аннотация.** В данной работе представлена помехоустойчивость атмосферной оптической линии связи.*

Ключевые слова: помехоустойчивость, работоспособность, зависимость, атмосфера.

Способность приемника обеспечивать прием сообщений в условиях действия помех называется помехоустойчивостью.

Рассмотрим основные процессы, которые влияют на помехоустойчивости АОЛС. Влияние флуктуаций обусловлено следующими факторами. После прохождения через турбулентную атмосферу лазерное излучение приобретает пятнистую структуру. В плоскости приемной антенны это проявляется в хаотическом чередовании темных и ярких пятен. Поперечный размер и частота «мерцания» пятен зависит от состояния погоды. В каждой точке мишени при этом могут наблюдаться флуктуации сигнала с частотой от десятков герц до нескольких килогерц. На практике это выражается в том, что возникают замирания оптического сигнала на входе в фотоприемник. Связь становится неустойчивой, появляются ошибки $10^{-6} \dots 10^{-3}$. Этот эффект проявляет себя наиболее сильно в ясную погоду при слабом ветре в любое время. Самым простым способом уменьшения влияния турбулентной рефракции на качество канала связи является увеличение размера приемной оптической антенны. При этом происходит осреднение флуктуаций излучения, пришедшего на отдельные участки этой апертуры в фокальной плоскости антенны, где установлен фотоприемник. Вторым методом является некогерентное сложение в одном информационном канале излучения нескольких лазеров.

Также к основным факторам влияния на качество сигнала относятся аэрозоли. К аэрозолям относятся дисперсные системы, состоящие из твердых частиц и капель жидкости, находящихся во взвешенном состоянии. В данном случае это туманы, смог, дождь, снег. Как известно, при распространении в рассеивающей среде согласно закону Бугера мощность излучения уменьшается экспоненциально по длине трассы. Поэтому увеличение расстояния для лазерной связи является серьезной проблемой, требующей значительного наращивания энергетического потенциала.

Вследствие сложной структуры аэрозолей в реальной атмосфере расчет потерь излучения с приемлемой точностью чрезвычайно затруднен, и на практике используют интегральную характеристику пропускания атмосферы – видимость или метеорологическую дальность видимости – $S_{\text{МДВ}}$. По определению МДВ представляет собой наибольшее расстояние, на котором днем видны крупные темные предметы.

Для каждой конкретной аппаратуры АОЛС и дальности связи можно рассчитать минимальное, или критическое, значение МДВ – S_{min} , при котором при ухудшении погодных условий происходит нарушение работоспособности канала АОЛС. Тогда, зная метеорологическую статистику

конкретной местности, например, используя данные метеослужб, можно с определенной точностью предсказать доступность канала связи. Другим способом теоретически рассчитать параметр доступности невозможно. Именно поэтому прогноз погоды до сих пор не удается обеспечить с приемлемой точностью.

Здесь необходимо отметить еще одну особенность работы лазерной линии связи. Как известно, количество ошибок на бит информации определяется уровнем превышения сигнала над всеми шумами на приемнике.

При увеличении уровня сигнала на фотоприемнике в два раза уровень ошибок снижается с 10^{-6} до 10^{-10} , а весь располагаемый динамический диапазон изменения сигнала – $10^3 \dots 10^6$ [2].

Это свойство АОЛС проявляется в том, что при нормальной погоде качество передачи очень хорошее (если решена проблема флуктуаций сигнала) до момента, когда за счет ухудшения погодных условий сигнал на приемнике уменьшается до порогового значения [1,2]. Линия может работать длительное время идеально в снег или дождь, туман средней интенсивности, а затем, если туман сгущается до критической МДВ, за несколько минут канал полностью прерывается. В это время число ошибок возрастает от $10^{-10} \dots 10^{-12}$ до 1. Так же быстро нормальная работа линии восстанавливается при улучшении погодных условий.

Выводы. Рассмотрены основные процессы, которые влияют на помехоустойчивость АОЛС и на работоспособность системы. Выявлены основные причины изменения распространения лазерного излучения, а именно зависимость пропускания атмосферой оптического излучения от состояния погоды, что является основной причиной, сдерживающей широкомасштабное внедрение АОЛС.

Литература

1. Милинчис, Б. Атмосферная лазерная связь / Б. Милинчис, В. Петров // Радиоэлектроника и телекоммуникации. – 2001. – №5(18). – С. 2-6.
2. Влияние погодных условий на надежность атмосферной оптической связи / Ю. И. Зеленюк, И. В. Огнев, С. Ю. Поляков, С. Е. Широбакин // Вестник связи. – 2002. – №4. – С. 1-2.
3. Повышение доступности оптической телекоммуникационной системы с атмосферными сегментами / Б. А. Кузяков, М. А. Карпов, Е. В. Егорова и др. // Электромагнитные волны и Электронные системы. – 2013. – Т. 18. – №12. – С. 38-43.
4. Павлов, Н. М. Коэффициент готовности атмосферного канала АОЛП и методы его определения / Н. М. Павлов // Фотон-Экспресс. – 2006. – №6. – С. 78-90.
5. Гидрометцентр России [Электронный курс]. – Режим доступа: <http://meteoinfo.ru>.

Лукианов К. И., Суворов И. А.

Научный руководитель: Бастракова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ DVB-T2

***Аннотация.** DVB-T2 – европейский стандарт эфирного цифрового телевидения, который призван увеличить на 30-50% ёмкость сетей по сравнению со стандартом DVB-T. В DVB-T2 увеличена пропускная способность, из-за включения в стандарт нового режима 256 QAM. По сравнению со стандартом DVB-T, где используется сверточное кодирование и кодирование Рида-Соломона, были добавлены две более высокие скорости кодирования. DVB-T2 использует восемь пилотных диаграмм рассеяния, которая обеспечивает дополнительную гибкость. В стандарте DVB-T2 каналы физического уровня PLP.*

***Ключевые слова:** стандарт, телевидение, кодирование, пропускная способность, цифровой, модуляция, интерференционный, приемник.*

DVB-T2 – европейский стандарт эфирного цифрового телевидения второго поколения из группы стандартов DVB. По сравнению со стандартом первого поколения – DVB-T, DVB-T2 призван увеличить на 30-50 % ёмкость сетей, сохраняя основную инфраструктуру и частотные ресурсы.

Спецификация DVB-T2 использует модуляцию с мультиплексированием на базе ортогонального частотного разделения OFDM. Наличие большого числа режимов этого вида модуляции обеспечивает такой же уровень гибкости для удовлетворения конкретных областей применения, как и стандарт DVB-T. Однако включение в спецификацию DVB-T2 нового режима 256 QAM позволяет увеличивать число битов, передаваемых в одной ячейке данных, и получить дополнительную выгоду от улучшения опережающей коррекции ошибок FEC, что дает мощный импульс для увеличения пропускной способности системы.

В DVB-T2 используется кодирование с низкой плотностью проверок на четность LPDC в комбинации с кодированием Боуза-Чоудхури-Хоквингема (BCH), чтобы защитить информацию от шума высокого уровня и интерференционных помех. По сравнению со стандартом DVB-T, где используется сверточное кодирование и кодирование Рида-Соломона, были добавлены две более высокие скорости кодирования.

Как и в стандарте DVB-T, спецификация DVB-T2 использует пилотные диаграммы рассеяния, которые используются приемниками, чтобы

скомпенсировать временные и частотные изменения в каналах. Спецификация DVB-T2 обеспечивает дополнительную гибкость, предусматривая восемь пилотных диаграмм рассеяния, которые могут выбираться, основываясь на размерности быстрого преобразования Фурье FFT и ширины защитного интервала, принятого для максимизации информационной загрузки.

Спецификация DVB-T2 предлагает выбор различных уровней надежности и защиты отдельно для каждой услуги в пределах транспортного потока, который передает сигнал в данном канале. Это позволяет каждой услуге иметь свой уникальный способ модуляции в зависимости от необходимой надежности передачи сигнала с помощью, так называемых каналов физического уровня PLP.

УДК 621.397

Максимов М. А.

Научный руководитель: Бастракова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ IP ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Аннотация. *Представлены основные принципы организации IPTV. Описан комплекс устройств, применяемых в цифровом телевидении.*

Ключевые слова: *IPTV, цифровое телевидение, интернет, протокол IP, клиентское оборудование.*

IPTV – это цифровое телевидение, ретранслируемое IPTV-оператором, как правило, со спутника. Часто функцию оператора IPTV выполняет интернет-провайдер, предоставляя своим пользователям возможность просмотра IP-телевидения. Распространяется как локально, так и через интернет. IPTV, распространяемое через интернет, называют ОТТ (Over-The-Top) или интернет-телевидение.

Протокол IP позволяет организовать двустороннюю связь между головной станцией и абонентскими приставками. Это в свою очередь позволяет абонентам пользоваться интерактивными услугами телевидения и другими медиа-услугами, недоступными пользователям обычного телевидения. Для реализации IPTV необходима головная станция (Head-End) – это серверный программно-аппаратный комплекс, который принимает, хранит и записывает контент, управляет услугами и абонентами. Также

требуется клиентское оборудование – Set-Top-Box приставки для телевизоров, которые являются клиентами для головной станции.

Для функционирования IPTV комплекса также необходима локальная IP сеть с поддержкой multicast. Multicast – вещание через IP-сеть, направленное одновременно на определенную группу IP-адресов. Для этого необходимо наличие маршрутизатора мультикаст-потоков и коммутаторов с поддержкой IGMP. Для просмотра потокового видео используется специальная приставка к телевизору или в современной терминологии Set top Box (STB), который с одной стороны подключен к сети оператора (среда вещания), а с другой – имеет соединение с телевизором. Абонентское устройство STB декодирует видео-данные и выводит расшифрованное видео на экран телевизора.

Клиентское оборудование:

1) IPTV PC клиент. Для доступа к услугам IPTV через персональный компьютер существует программный клиент. С помощью него абонент сможет просматривать телеканалы и пользоваться всеми дополнительными сервисами IPTV на своем ПК.

2) абонентские приставки. Для использования абонентами сервисов IPTV на телевизорах необходимы специальные приставки Set-Top-Box (STB). Они являются связующим звеном между системой Middleware, источниками контента в сети и телевизором абонента. Приставка принимает сигнал по IP и преобразует его в формат, поддерживаемый телевизором, таким образом являясь декодером на стороне клиента. Для каждого отдельного телевизора нужна отдельная приставка.

Подробно рассмотрев все составляющие, становится понятно, что IPTV комплекс состоит из множества сложных и высокопроизводительных устройств:

1. IP-сеть с поддержкой мультикаст-вещания;
2. IP-стример для приема внешних ТВ-сигналов (отдельное устройство);
3. Middleware-система и биллинговая система (отдельное устройство);
4. сервер VoD / nVoD (отдельное устройство);
5. сервер Catch Up TV / Time Shifted TV (отдельное устройство);
6. система сокрытия контента. (отдельное устройство);
7. абонентские приставки для телевизоров.

Зачастую производством отдельных компонентов IPTV занимаются разные компании. В связи с этим все устройства необходимо интегрировать между собой, что значительно усложняет и увеличивает сроки развертывания.

В заключении проанализируем основные достоинства и недостатки технологии. Начнем с числа ТВ-программ. IPTV технологии позволяют оператору предоставлять большое количество программ. При этом IPTV имеет свои ограничения. Для IPTV ограничения по числу программ, прежде всего, связаны с пропускной способностью сети и качеством ее построения. Для устойчивой передачи видео в IP-сети необходима поддержка целого ряда известных сетевых протоколов для обеспечения всех видов IP-адресации (broadcast, unicast, multicast) и приоритета видео-трафика, при этом потеря IP-пакетов недопустима. Особенно актуальной проблема ширины полосы пропускания IP сети становится в свете добавления интерактивных услуг, требующих передачи трафика методом unicast, таких как «видео по запросу» (VoD), «персональный видеомаягнитофон» (PVR), телевидение со сдвигом во времени (Time Shifted TV), когда на время предоставления такой услуги, абоненту выделяется отдельный канал для передачи видео-трафика. Безусловным преимуществом IPTV является сравнительная простота реализации интерактивных сервисов, поскольку IP-технология по своей природе изначально является двунаправленной. Абонент, подписавшийся на услугу IPTV, получает возможность отправлять запросы на ту или иную услугу посредством абонентского IPTV декодера (IPTV STB). При этом чтобы обеспечить максимально удобный и понятный абоненту пользовательский интерфейс, оператор вынужден вкладывать значительные средства в более «продвинутовую» и, как следствие, более дорогую систему Middleware.

Выводы. Рассмотрены основные принципы реализации IPTV, подробно описаны все составляющие необходимые для организации цифрового телевидения. Подробно рассмотрен комплекс устройств, применяемых в IP телевидении. Выявлены основные достоинства и недостатки интерактивного телевидения.

Литература

1. Барсков, А. Г. ТВ в сетях IP / А. Г. Барсков // Сети и системы связи. – 2004. – №11.
2. Тюхтин, М. Системы Интернет - Телевидения / М. Тюхтин // Горячая линия – Телеком. – 2008. – 328 с.
3. Григорьев, В. А. Сети и системы радиодоступа / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Раслаев // Вестник связи. – 2005. – №8.

Носов А. П.

Научный руководитель: Бастркова М. И. канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ WiMAX

***Аннотация.** Проведен обзор беспроводной широкополосной технологии WiMAX.*

***Ключевые слова:** широкополосный, WiMAX, беспроводной интернет, станция.*

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) – телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN

На физическом уровне в стандарте WiMAX применяют две принципиально разные технологии. Данные можно передавать, модулируя одну несущую частоту (SC – Single Carrier) или множество поднесущих – технология OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). В режиме SC к радиоканалам предъявляют те же требования, что и в радиорелейных сетях: использование только прямых лучей и применение узконаправленных антенн, подавление всех отраженных лучей с целью устранения межсимвольной интерференции. В связи с этим технологию SC невозможно использовать в сетях массового пользования с многолучевым распространением радиоволн в каналах связи.

Переход к технологии OFDM произошел в 2004 г. при появлении нового стандарта WiMAX: 802.16-2004. Данная технология позволяет устранить межсимвольную интерференцию. В следующей версии стандарта были существенно изменены параметры OFDM. В частности, перешли к масштабируемой OFDM: число используемых поднесущих стало зависеть от рабочей полосы (SOFDM), а абоненту стали выделять определенное число подканалов (SOFDMA – *Scalable OFDM Access*). Также появилась возможность реализации хэндоверов. Данному варианту стандарта WiMAX дали название мобильного WiMAX или стандарта 802.16e.

Вариант 802.16e является базовым в действующих сетях WiMAX. Последние несколько лет его постоянно усовершенствовали. Например, он был дополнен стандартами 802.16i и 802.16j. Последний позволяет расширять существующие сети, применяя ретрансляторы.

В 2011 году был утвержден новый вариант стандарта WiMAX – 802.16m. Он предназначен для построения сетей с пропускной способностью выше 100 Мбит/с и для реализации ряда новых перспективных услуг.

Задачи. IEEE 802.16 – это первый стандарт, предназначенный для создания территориально распределенных сетей широкополосного беспроводного доступа (Broadband Wireless Access) в масштабе города (Wireless MAN). В стандарте описывается интерфейс для систем ШБД типа «точка-многоточка», работающих в диапазонах частот 2-11 ГГц и 10-66 ГГц и осуществляющих связь на расстояниях в десятки километров.

Под WiMAX понимается технология операторского класса, которая практически не имеет на сегодняшний день альтернативы по предоставлению населению высококачественных услуг мультисервисного ШБД.

Именно мультисервисность и, как следствие, широкополосность характеризуют современные тенденции развития беспроводного доступа. В идеале, современный пользователь не должен испытывать ограничения на любые виды услуг, доступные в настоящее время через кабельные соединения, такие как SDH или Ethernet. Предполагается, что новейшие системы с сертификацией WiMAX позволят операторам сетей широкополосного доступа не только предоставить пользователям разнообразные типы сервисов как IP, так и E1, но и заменить инфраструктуру ADSL-доступа и выделенных линий в целом.

В общем виде WiMAX сети состоят из следующих основных частей: базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/с. При этом по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надёжность сети в целом.

Структура сетей семейства стандартов IEEE 802.16 имеет схожесть с традиционными GSM сетями (базовые станции действуют на расстояниях до десятков километров, для их установки не обязательно строить вышки – допускается установка на крышах домов при соблюдении условия прямой видимости между станциями)

Выводы. Задачей данной работы был обзор основных особенностей технологии WiMAX. Для достижения этой задачи были рассмотрены две основные технологии WiMAX – это OE и OFDM. Также были описаны основные стандарты технологии WiMAX. Сделан обзор на особенности соединения станций.

Литература

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишнеvский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной и др. – М.: Изд-во Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Шахнович, И. В. Современные технологии беспроводной связи. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
3. WiMAX – технология беспроводной связи. Основы теории, стандарты, применение / В. С. Сюваткин, В. И. Есипенко, И. П. Ковалев и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 359 с.

УДК 681.883

Романова А. В.

Научный руководитель: Баcтракова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КОЭФФИЦИЕНТ ШУМА И ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА

Аннотация. *Представлены коэффициент шума и шумовая температура радиоприемного устройства.*

Ключевые слова: шум, коэффициент, зависимость, температура, мощность.

С целью количественной оценки шумовых свойств РПрУ используются коэффициент шума и шумовая температура, определяемые для линейной части тракта, т. е. до первого нелинейного для малых сигналов и шумов звена – детектора.

Рассмотрим линейный шумящий четырехполюсник с входным сопротивлением R_{BX} и коэффициентом усиления (передачи) по мощности $K_p = P_{C_{вых}} / P_{C_{вх}}$, нагруженный на сопротивление R_H .

К его входным зажимам подключается источник сигнала с выходным сопротивлением R_Γ , являющийся одновременно и источником тепловых шумов с ЭДС $E_{ш\Gamma} = \sqrt{4kTR_\Gamma P_{ш}}$. При согласовании источника сигнала с входом четырехполюсника ($R_\Gamma = R_{ш}$) на входном сопротивлении последнего рассеивается максимальная (номинальная) мощность шумов

$$P_{ш\text{ ВХ НОМ}} = E_{ш\Gamma}^2 / 4R_{BX} = E_{ш\Gamma}^2 / 4R_\Gamma = kTP_{ш}.$$

В четырехполюснике сигнал и шумы усиливаются (ослабляются) в K_p раз, и если бы он был идеальным, на его нагрузочном сопротивлении R_H рассеивалась бы мощность шумов $P_{ш\text{ Вых И}} = P_{ш\text{ ВХ}} K_p = \eta kTP_{ш} K_p$, обусловленная лишь шумами источника сигнала, находящегося при температуре T . В реальном четырехполюснике к этим шумам добавляются его собственные шумы мощностью $P_{ш\text{ соб}}$, в результате на нагрузке рассеивается большая шумовая мощность $P_{ш\text{ Вых}} = P_{ш\text{ Вых И}} + P_{ш\text{ соб}}$. Коэффициент шума показывает, во сколько раз мощность шумов на выходе реального четырехполюсника превышает мощность шумов на выходе идеального:

$$Ш = P_{ш\text{ Вых}} / P_{ш\text{ Вых И}} = 1 + P_{ш\text{ соб}} / P_{ш\text{ Вых И}} = 1 + P_{ш\text{ соб}} / (\eta kTP_{ш} K_p). \quad (1)$$

Видно, что определяемый таким образом коэффициент шума зависит от шумовых свойств источника сигнала, обусловленных его температурой T . Для устранения этой неоднозначности принимают шумовую температуру источника сигнала равной комнатной T_0 .

Коэффициент шума можно определять как

$$Ш = \frac{P_{C_{ВХ}} / P_{ш\text{ ВХ}}}{P_{C_{Вых}} / P_{ш\text{ Вых}}}.$$

Поскольку усилительный тракт РПрУ представляет собой ряд каскадно включенных активных и пассивных четырехполюсников, линейных относительно слабых сигналов и шумов, важно иметь возможность оценить общий коэффициент шума приемника с учетом шумовых вкладов отдельных каскадов и цепей. Образующие тракт четырехполюсники имеют одинаковую шумовую полосу $P_{ш}$, обладают коэффициентами

усиления (передачи) по мощности K_{pi} , коэффициентами шума $Ш_i$, а коэффициенты рассогласования на их стыках η_i , общий коэффициент шума такого тракта определяется соотношением

$$Ш = Ш_1 + \frac{\eta_2}{\eta_1} \cdot \frac{Ш_2 - 1}{K_{p1}} + \frac{\eta_3}{\eta_2} \cdot \frac{Ш_3 - 1}{K_{p1} \cdot K_{p2}} + \dots$$

Для типичного супергетеродинного приемника, УТ которого включает ВЦ, УРЧ, ПЧ и УПЧ, получаем

$$Ш_{np} = 1/K_{pвц ном} + (Ш_{урч} - 1)/K_{pвц ном} + (Ш_{пч} - 1)/K_{pвц ном} K_{pурч ном} + \\ + (Ш_{упч} - 1)/K_{pвц ном} K_{pурч ном} K_{pпч ном} \quad (2)$$

Шумовые свойства приемника определяются в основном его первыми каскадами, причем не только их шумовыми показателями, но и коэффициентами передачи по мощности, которые должны быть возможно большими. Поскольку обычно $Ш_{урч} < Ш_{пч}$, а $K_{pурч} \gg 1$ включение УРЧ в УТ позволяет существенно снизить результирующий коэффициент шума приемника. Чаще всего $K_{pпч} \ll 1$, поэтому в отсутствие УРЧ, когда первым каскадом приемника является ПЧ, заметную роль наряду с его шумами начинают играть шумы УПЧ, к уровню которых в этом случае предъявляются повышенные требования.

Для оценки шумовых свойств малошумящих четырехполосников, у которых коэффициенты шума близки к единице, удобнее использовать эквивалентную шумовую температуру

$$T_{ш} = (Ш - 1)T_0, \quad (3)$$

показывающую, насколько должна быть повышена абсолютная температура сопротивления источника сигнала $R_{г-}$, подключенного ко входу идентичного, но нешумящего четырехполосника, чтобы мощность шумов на его выходе равнялась мощности шумов на выходе реального четырехполосника. Из (3) следует, что $Ш = 1 + T_{ш}/T_0$, а с учетом (2) эквивалентная шумовая температура супергетеродинного приемника с малошумящим УРЧ (МШУ) на входе при согласовании между его каскадами может оцениваться по соотношению

$$T_{ш пр} = \left(\frac{1}{K_{pвц ном}} - 1 \right) T_0 + \frac{T_{ш мшв}}{K_{pвц ном}} + \frac{T_{ш пч}}{K_{pвц ном} K_{pмшв ном}} + \\ + \frac{T_{ш упч}}{K_{pвц ном} K_{pмшв ном} K_{pпч ном}}.$$

Вывод. Шумовая температура четырехполюсника в отличие от коэффициента шума не зависит от шумовой температуры источника сигнала. В этом заключается ее преимущество как меры шумовых свойств.

Литература

1. Фомин, Н. Н. Радиоприемные устройства / Н. Н. Фомин, Н. Н. Буга, О. В. Головин; под ред. Н. Н. Фомина. – 2-е изд. – М.: Радио и связь, 2003. – 520 с.
2. Цыбаев, Б. Г. Антенны-усилители / Б. Г. Цыбаев. – М.: Советское радио, 1980. – 240 с.

УДК 621.396.946:519

Трушкова О. А.

Научный руководитель: Зуев А. В., канд. техн. наук, доцент;

Кислицын А. А., ст. преподаватель

Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА С УЧЕТОМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ УСТОЙЧИВОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Аннотация. *Рассматривается задача измерения полного электронного содержания ионосферы с целью дальнейшей оценки параметров дисперсии в трансionoсферном канале. Представлены результаты исследования влияния параметров частотной дисперсии на широкополосные сигналы, распространяющиеся в трансionoсферном радиоканале, на основе значений полного электронного содержания.*

Ключевые слова: *спутниковая связь, трансionoсферный радиоканал, дисперсионная характеристика, частотная дисперсия, полоса когерентности.*

В современных спутниковых системах связи актуальным является решение задачи определения оптимальной полосы частот, которая наталкивается на проблему дисперсионных искажений распространяющегося в среде сигнала, негативно влияющих на эффективность работы систем. Преодоление данной проблемы невозможно без комплексного исследования эффекта частотной дисперсии среды распространения – ионосферы.

Для определения полосы частот устойчивой спутниковой связи с учетом геофизического фактора необходимо осуществить мониторинг изменений полного электронного содержания (ПЭС). Это позволит провести анализ пространственного распределения интенсивности вариаций ПЭС.

Целью работы является исследование влияния геофизических и географических факторов на параметры трансионосферного канала связи.

Решение задачи распределения полной электронной концентрации ионосферы в настоящее время возможно благодаря применению спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Согласно методикам получения ПЭС, описанных в работах [Иванов В. А., 2013, Иванов Д. В., 2013, Ясюкевич Ю. В., 2013], проведены экспериментальные измерения значений полного электронного содержания для г. Йошкар-Олы. Значение ПЭС определяется на основе параметров широты и долготы точки измерения, высоты над поверхностью Земли, потока излучения, а также даты и времени измерения.

На рис. 1 представлен пример построения суточных ходов ПЭС для различных регионов.

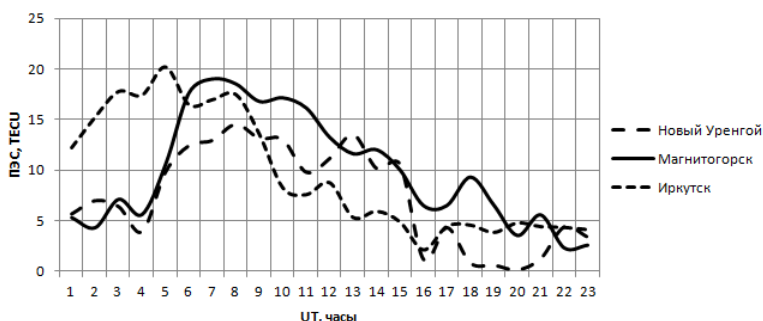


Рис. 1. Суточный ход ПЭС для городов с различным местоположением

Степень искажений сигналов, обусловленных частотной дисперсией в широкополосных радиоканалах, может быть оценена с помощью исследования дисперсионных характеристик (ДХ) каналов. Фазочастотная характеристика тракта может быть восстановлена с помощью математической модели, где зависимость фазы от частоты представляется в виде разложения в ряд Тейлора. Далее выражаются параметры дисперсии первого, второго и третьего порядка — дисперсия групповой задержки, наклон кривой, выпуклость или вогнутость кривой соответственно.

Пример построения ДХ при различных геофизических условиях для различных сезонов в 2015 году представлен на рис. 2:

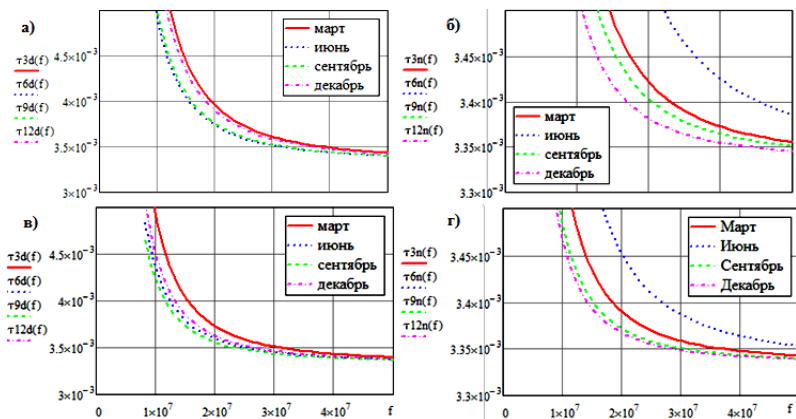


Рис. 2. Дисперсионная характеристика для: а) ночной ионосферы при максимальной солнечной активности; б) ночной ионосферы при минимальной солнечной активности; в) дневной ионосферы при максимальной солнечной активности; г) дневной ионосферы при минимальной солнечной активности

Заключение. В соответствии с теорией образования ионосферы, исследование показало, что зависимость величины максимума и амплитуды суточных вариации ПЭС от солнечной активности вблизи экваториальных широт выражена сильнее, чем в более высоких. Из построенных зависимостей дисперсионных характеристик установлено, что для исследуемых систем при дневной и ночной ионосфере наибольшее значение групповой задержки наблюдается в весенний и летний период соответственно, наименьшее – в зимний. Результаты построения дисперсионных характеристик необходимы для дальнейшего обеспечения необходимого частотного ресурса в системах космической связи при различных геофизических условиях.

Литература

1. Экспериментальное определение полного электронного содержания в ионосфере над Йошкар-Олой с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова и др. // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: материалы IV Всероссийской научной конференции. – Муром: Изд. полиграфический центр МИ ВлГУ, 2013. – С. 101-105.
2. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2(18). – С. 5-15.

3. Петренко, П. Б. Моделирование и оценка ионосферных искажений широкополосных радиосигналов в локации и связи / П. Б. Петренко, А. М. Бонч-Бруевич // Вопросы защиты информации. – 2007. – № 3. – С. 24-29.

УДК 621.396.67

Хангельдиев Б. Б.

Научный руководитель: Зуев А. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

НЕРЕГУЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ (СРНС)

***Аннотация.** Статья посвящена нерегулярным явлениям в ионосфере, обзору основных видов данного явления, а также влиянию этих явлений на качество связи, в том числе и на качество работы СРНС (спутниковые радионавигационные системы).*

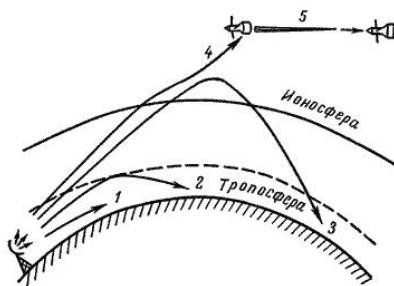
***Ключевые слова:** ионосфера, связь, атмосфера, радиоволны, спутниковые радионавигационные системы.*

Под действием различных внешних факторов иногда наблюдается возмущение состояния ионосферы, это заметно влияет на распространение радиоволн. Также в последнее время значительно сказываются на изменениях ионосферы антропогенные воздействия. Состояние и строение ионосферы непостоянно. Оно меняется в зависимости от воздействия различных факторов. Поэтому изучение ионосферы, влияние нерегулярных явлений на качество связи продолжается до настоящего времени [1-3].

В данной статье рассмотрим основные нерегулярные явления в ионосфере, дадим определение данному явлению, опишем причины появления нерегулярных явлений и их влияние на качество работы СРНС.

Ионосфера – область атмосферы на высоте 60-10000 км над земной поверхностью. На этих высотах плотность воздуха весьма мала и воздух ионизирован, т. е. имеется большое число свободных электронов. Присутствие свободных электронов существенно влияет на электрические свойства ионосферы и обуславливает возможность отражения от ионосферы радиоволн длиннее 10 м. При однократном отражении радиоволны могут перекрывать расстояние по поверхности Земли до 4000 км. В результате многократного отражения от ионосферы и поверхности

Земли радиоволны могут распространяться на любые расстояния по земной поверхности. Радиоволны, распространяющиеся путем отражения от ионосферы или рассеяния в ней, называют ионосферными волнами. [2,4]



Пути распространения радиоволн

Нерегулярные явления – это явления, носящие случайный характер. Под действием различных внешних факторов иногда наблюдается возмущение состояния ионосферы. Это заметно влияет на распространение радиоволн (в основном коротковолнового частотного диапазона). Возмущение ионосферы проявляется в следующих явлениях:

- явления, связанные с магнитными бурями – хромосферные вспышки большой интенсивности являются причиной ионосферно-магнитосферных возмущений. Наиболее сильные магнитные бури наблюдаются в полярных широтах и иногда на экваторе. Они наступают с небольшим запозданием почти одновременно на большом участке Земли. Анализ отдельных бурь показывает, что характер их протекания зависит от времени начала магнитного возмущения.
- перемещающиеся ионосферные возмущения и внезапные возмущения ПЭС (полное электронное содержание). Одна из основных причин появления нерегулярных изменений в ионосфере являются акустико-гравитационные волны (АГВ), природа которых обусловлена сжимаемостью среды и силой тяжести. В верхней атмосфере они имеют широкий спектр длин волн (от сотен метров до 1000 км). Источниками АГВ в атмосфере являются погодные явления, струйные течения, обтекание гор потоком воздуха, землетрясения, цунами, молниевые разряды, наземные и подземные взрывы и т. п. Во время солнечных затмений также могут возникать АГВ. [2].

Рассмотренные явления можно считать наиболее значимыми с точки зрения их влияния на распространение радиосигналов ДМВ-диапазона и, следовательно, на качество работы СРНС.

Дополнительным изменениям при распространении через среду ОКП (околоземное пространство) подвергаются все значимые параметры радиоволны (амплитуда, поляризация, частота и фаза волны). Наиболее значимыми, с точки зрения влияния на качество работы СРНС, являются:

- фазовое и групповое запаздывание.
- флуктуации амплитуды и фазы сигналов НС (навигационный спутник) СРНС [3,1].

Существует несколько причин изменения амплитуды сигнала при распространении: затухание с расстоянием, ионосферное поглощение, а также потери, связанные с неоднородностями электронной концентрации в ионосфере.

Обзор работ по данной теме позволяет сделать вывод о том, что если явления сбоя кодowych и фазовых измерений, амплитудных и фазовых флуктуации сигналов СРНС уже в некоторой степени изучены и проанализированы, то вопрос о характере влияния геомагнитных возмущений на точность и непрерывность позиционирования СРНС остается пока открытым. Также возрастают требования к точности и непрерывности позиционирования современных глобальных спутниковых радионавигационных систем. Основным источником погрешностей для СРНС является нерегулярная составляющая среды распространения радиосигналов – ионосферы, которая проявляется особенно значительно во время геомагнитных возмущений. Единой общепризнанной модели, учитывающей особенности влияния нерегулярной ионосферы на распространение радиосигналов, в настоящее время нет.

Литература

1. Радиозондирование ионосферных каналов ВЧ связи. Методы и оборудование Поволжского государственного технологического университета / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова и др. // Распространение радиоволн (РРВ-24): сборник трудов конференции. – Иркутск: Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 2014. – С. 38-45.
2. Евдокимов, А. О. Комплексирование алгоритмов обработки радионавигационных данных и анализа изображений для корректировки маршрута движения наземного транспортного средства / А. О. Евдокимов, А. В. Зувев, А. А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2 (18). – С. 61-72.

3. Исследование влияния на помехоустойчивость радионавигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS метеоусловий и космической погоды / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Кислицын и др. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 3. – С. 25-35.

УДК 621.391

Холматов У. И

Научный руководитель: Чернышев А. Ю., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ КВАДРАТУРНОЙ МОДУЛЯЦИИ

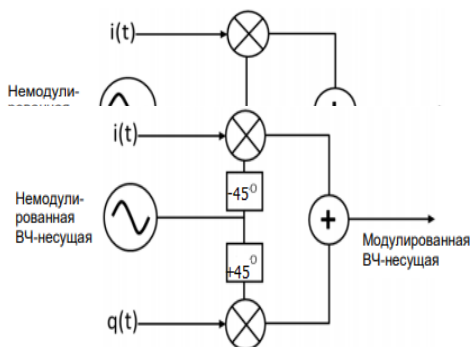
***Аннотация.** Рассмотрен вопрос возможности разработки технологии формирования сигналов с различными видами аналоговой и дискретной модуляции с помощью метода квадратурной модуляции.*

Предложены варианты реализации схем КМ метода.

***Ключевые слова:** квадратурная модуляция, аналоговая и дискретная модуляция.*

В настоящее время современные квадратурные (I/Q) модуляторы изменяют несущий ВЧ сигнал в двух измерениях. Они формируют сигнал модуляции из суммы двух модулирующих сигналов, $i(t)$ и $q(t)$, где $i(t)$ представляет собой синфазную составляющую, а $q(t)$ – квадратурную составляющую. Традиционные методы аналоговой модуляции изменяют высокочастотный сигнал только в одном измерении. При амплитудной модуляции меняется только амплитуда $A(t)$, в то время как при частотной и фазовой модуляции меняются, соответственно, только частота или фаза $\varphi(t)$ несущей. Амплитудная модуляция осуществляется главным образом на этапе вывода ВЧ сигнала, а частотная и фазовая модуляции происходят на этапах его генерации.

Модулированный ВЧ сигнал генерируется путем сложения несущей, модулированной синфазной составляющей $i(t)$, и несущей, модулированной квадратурной составляющей $q(t)$ со сдвигом фазы 90° и $-45^\circ + 45^\circ$ (рисунки).



Перенос модулирующих сигналов на высокую частоту
Базовый принцип квадратурного представления сигнала

$$\begin{aligned}
 S(t) &= S_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = \\
 &= S_0 \cdot \cos \varphi_0 \cdot \cos(\omega_0 t) + S_0 \sin \varphi_0 \cdot \sin(\omega_0 t) = \\
 &= I \cdot \cos(\omega_0 t) + Q \cdot \sin(\omega_0 t).
 \end{aligned}$$

Явное решение поставленной задачи следует из сравнительного анализа модулирующих сигналов, их временных и спектральных функций. При наличии определенного подобия имеется возможность применения одних и тех же или, по крайней мере, однотипных функциональных узлов для формирования и обработки различных сигналов. Это решение органично дополняется результатами сравнения полных перечней возможных способов формирования и обработки различных сигналов с КМ [1, 2].

Литература

1. Березовский, В. А. Современная декаметровая радиосвязь: оборудование, системы и комплексы: научное издание / В. А. Березовский, И. В. Дулькейт, О. Н. Савицкий; под ред. В. А. Березовского. – М.: Радиотехника, 2011. – 441 с.
2. Каганов, В. И. Радиопередающие устройства: учебник / В. И. Каганов. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. – 288 с.

Чернядьев А. В.

Научный руководитель: Бастркова М. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ WI-FI И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

***Аннотация.** Выполнен обзор популярных стандартов технологии Wi-Fi 802.11, краткое описание данных стандартов. Описано применение рассмотренных технологий для создания беспроводных сетей с целью подключения к ним цифровых видеокамер для ведения видеонаблюдения.*

***Ключевые слова:** сеть, Wi-Fi, беспроводной, технология, видеонаблюдение, видеокамера, цифровой, связь, передача, данные, система.*

Создав беспроводную Wi-Fi сеть, к ней можно подключить видеокамеру как уже с имеющимся встроенным беспроводным интерфейсом, так и обычную видеокамеру через беспроводной мост с использованием маршрутизатора. Широко известна технология беспроводной локальной сети WLAN, основанная стандартах IEEE 802.11. Рассмотрим наиболее популярные стандарты беспроводной сети Wi-Fi: 802.11a/b/g/n.

Стандарт 802.11a. Этот стандарт работает в частотном диапазоне 5 ГГц с максимальной скоростью 54 Мбит/с. На практике максимально достижимая скорость составляет около 25 Мбит/с. При необходимости скорость уменьшается до 48, 36, 34, 18, 12, 9 и 6 Мбит/с. В стандарте 802.11 а используются 12 неперекрывающихся между собой каналов: из них 8 предназначены для работы внутри помещения, а 4 – для построения двухточечного соединения. Этот стандарт не получил широкого распространения из-за популярности стандарта 802.11b, а также из-за ограниченного радиуса действия, так как в частотном диапазоне 5 ГГц 802.11a не может работать на таком же расстоянии, как 802.11b, при прочих равных условиях, например, мощности передатчика.

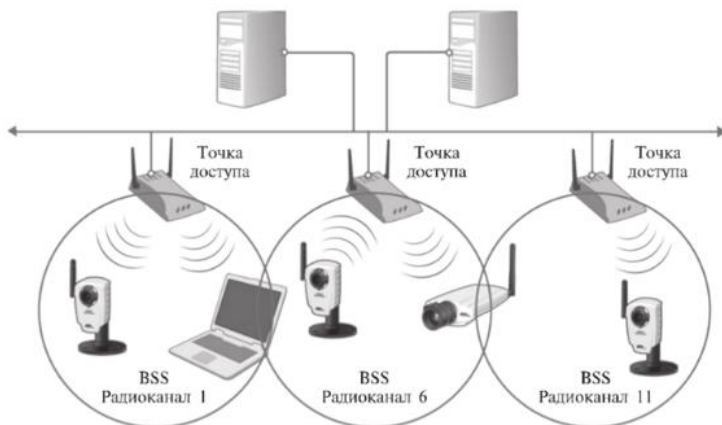
Стандарт 802. 11b. Дальность действия стандарта составляет около 50 метров при использовании антенн с круговой диаграммой направленности и с малым усилением, которые обычно применяются в устройствах 802.11b. Максимальная пропускная способность — 11 Мбит/с. Однако значительная часть пропускной способности расходуется на непроизводительные затраты, а максимальная пропускная способность на практике

составляет около 5.5 Мбит/с. Металл, вода и толстые стены способны поглощать сигналы 802.11b и существенно уменьшают дальность действия. Стандарт работает на полосе частот 2.4 ГГц и использует в качестве метода доступа к среде передачи множественный доступ с контролем несущей и предотвращением конфликтов CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Стандарт 802.11g. Данный стандарт, как и 802.11b, работает в частотном диапазоне 2.4 ГГц, но со скоростью 54 Мбит/с, что на практике дает примерно 24.7 Мбит/с, как и в стандарте 802.11a. 802.11g полностью обратно совместим с 802.11b, используя те же самые частоты. Процесс принятия стандарта затянулся в основном из-за необходимости сделать 802.11g совместимым с 802.11b. Впрочем, присутствие оборудования 802.11b автоматически снижает скорость передачи сети 802.11g до скорости стандарта 802.11b.

Стандарт 802.11n. Реальная скорость стандарта составляет 100 Мбит/с (до 250 Мбит/с на физическом уровне), что в 4-5 раз быстрее, чем у 802.11g и, может быть, в 50 раз быстрее, чем у 802.11b. В 802.11n увеличена дальность действия по сравнению с другими существующими стандартами. Однако популярность данного стандарта невелика, потому что он несовместим с предыдущими стандартами.

С помощью технологий, вложенных в описанные выше стандарты, можно построить любую беспроводную сеть, в том числе и систему видеонаблюдения, состоящую из множества сетевых камер, установленных на большой территории. Самая простейшая беспроводная сеть имеет два узла с сетевым интерфейсом, каждый из которых образует беспроводную ячейку – базовый набор сервисов BSS (Basic Service Set), в которой могут быть и другие узлы. Все ячейки BSS объединяет одна сеть Ethernet с помощью точек доступа, роутеров, которые располагают так, чтобы обеспечить небольшое перекрытие соседних ячеек, работающих на разных каналах (рисунок).



Беспроводная сеть на основе ячеек BSS

При построении системы видеонаблюдения нужны маршрутизаторы (роутеры), главная задача которых – уменьшить число необходимых для связи с центральными узлами инфраструктуры линий трансляции данных. Работа системы цифрового видеонаблюдения с маршрутизаторами возможна в двух режимах: при включенных службах динамической адресации в роутере – есть возможность установки большого количества IP-камер без выделения для них отдельных IP-адресов в пределах пула локальной вычислительной сети и в режиме без активной службы DHCP. Можно сказать, что маршрутизатор выполняет роль концентратора нескольких потоков, что уменьшает расходов на подключения камер к высокоскоростным оптическим линиям.

Литература

1. Дамьяновски, В. CCTV Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / В. Дамьяновски. – М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006. – 480 с.
2. Беспроводные сети Wi-Fi / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Р. А. Федотов и др. – 2-е изд. – М.: НОУ «Интуит», 2016. – 284 с.
3. Росс, Д. Wi-Fi беспроводная сеть / Д. Росс. – М.: «ИТ Пресс», 2017. – 66 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алимкулова С. Р., II, 57

Анисимов П. Н., II, 59

Базукова Э. Р., II, 62, 119

Васенева Н. А., II, 5

Васильев Н. А., II, 173

Васильев Р. В., II, 64

Васильева Д. Е., II, 7

Волина Е. В., II, 9

Волкова Е. Г., II, 12

Гайнуллин А. Р., II, 66

Гапоненко С. О., II, 68, 83

Гатауллина И. М., II, 71

Геворкян А. А., II, 15

Гуляева Г. И., II, 176

Гумеров И. Р., II, 74

Гурьянов М. В., II, 76

Дарбеков А. Н., II, 25

Денисенко А. Е., II, 78

Егоров А. В., II, 17

Емельянов К. С., II, 178

Ефимов А. Ю., II, 20

Жураева У. Б., II, 181

Забродина Н. А., II, 22

Загретдинова А. Р., II, 81

Ибадов А. А., II, 68, 83, 112

Иванов В. В., II, 85

Иванов С. С., II, 25

Измайлова Е. В., II, 86

Ильин Д. В., II, 89

Казакова Г. Д., II, 91

Калинина М. В., II, 93

Капленко В. В., II, 184

Карпов А. А., II, 28

Каширов А. В., II, 187

Каюмов Р. Ф., II, 95

Ким О. А., II, 190

Кондратьев А. Е., II, 68

Кошаева Е. П., II, 192

Кременецкий Л. Л., II, 31

Кудрявцев А. А., II, 34

Курицына К. С., II, 98, 171

Кутонова Е. В., II, 37

Кушназаров А. А., II, 190

Лаптев С. Н., II, 39

Лаптева О. С., II, 100

Лукианов К. И., II, 195

Максимов М. А., II, 196

Мамышев В. Л., II, 102

Михайлов А. Г., II, 17

Михеев С. С., II, 41

Музюкова Д. С., II, 104

Мукатдаров А. А., II, 105

Мурзаева М. А., II, 107

Нгуен Тиен, II, 109

Нигматулина А. Ф., II, 83, 112

Нигматуллина А. Г., II, 114

Носов А. П., II, 199

Озеев С. В., II, 15

Петухова Е. В., II, 116

Политова Т. О., II, 62, 119

Романова А. В., II, 201

Рыбакова А. П., II, 121

Сабирова Л. Р., II, 124

Самигуллин А. И., II, 126

Сапаков Н. Д., II, 127, 129

Сафонова Е. М., II, 132

Секида Д. С., II, 44

Сердюков Н. Д., II, 31

Сидорова А. А., II, 134

Соловьев Д. В., II, 86, 135

Соловьева М. Д., II, 47

Стеблецкая А. В., II, 50

Стручков Д. В., II, 53

Суворов И. А., II, 195

Султанова Г. Ф., II, 138

Суханова К. В., II, 140

Терентьев Е. А., II, 17

Трушкова О. А., II, 204

Ухлин В. Е., II, 143

Фазуллин Д. Р., II, 145

Фаритова А. А., II, 147

Федоров М. А., II, 149

Хангельдиев Б. Б., II, 207

Халилুলлина А. Р., II, 151

Харисов Э. Ш., II, 154

Холматов У. И., II, 210

Храмова Е. В., II, 157

Чернядьев А. В., II, 212

Шакурова Р. З., II, 159

Шарипов А. А., II, 161

Шишокин М. В., II, 55

Шугин А. А., II, 164

Юсупов И. Ф., II, 166

Яковлев А. В., II, 168

Яндукова П. А., II, 98, 171

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Материаловедение и технология машиностроения»	5
Секция «Энергообеспечение предприятий»	57
Секция «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии	173
<i>Авторский указатель</i>	215

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XIII Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

В 4 частях

Часть 2

Компьютерная верстка Э. В. Унжениной

Подписано в печать 18.07.18. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 12,79. Тираж 150 экз. Заказ №3345

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Вертола»

424004, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола,
ул. Льва Толстого, д. 45

