

ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XVI международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 23-24 апреля 2021 года

Часть 2

Йошкар-Ола
ПГТУ
2021

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. Унженкина, специалист по учебно-методической работе ЦФО

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XVI
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 23-24 апреля
2021 г.): в 3 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2021. –
Ч. 2. – 256 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», «Биология и рациональное природопользование», «Лесовосстановление и лесоразведение», «Лесоуправление и лесоустройство», «Технология и оборудование лесопромышленных и деревообрабатывающих производств».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

ISSN 2415-7996

© Поволжский государственный
технологический университет, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Темпы внедрения научных исследований в хозяйственную деятельность требуют подготовки в системе образования специалистов, способных воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять в промышленное производство. Поэтому при организации учебного процесса для формирования у студентов нестандартного мышления и инновационной культуры необходимо переносить акцент на самостоятельную творческую работу. Разумное сочетание между учебной и самостоятельной работой позволит сформировать у обучающихся определенный набор профессиональных компетенций для дальнейшей практической деятельности.

Эффективной формой 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.

XVI Международная молодежная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам, которая прошла 23-24 апреля 2021 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, и была направлена на привлечение молодежи к научным исследованиям, формированию у нее инновационной культуры, творческих компетенций, использованию их интеллектуального 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 работе конференции, которая была организована в 20 секциях. Названия секций соответствовали приоритетным направлениям деятельности научных школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России.

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 представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 3 частях. В данной части представлены секции: «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий», «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии», «Биология и рациональное природопользование», «Лесовосстановление и лесоразведение», «Лесоправление и лесостроительство», «Технология и оборудование лесопромышленных и деревообрабатывающих производств».

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

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

Проведение XVII конференции по традиционной тематике аналогично планируется на апрель 2022 года. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

УДК 669-1

Градобаев Р. А.

Научный руководитель: Алибекова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ТИТАН КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

***Аннотация.** Рассмотрены механические и технологические свойства титана в сравнении со сталью и алюминием.*

***Ключевые слова:** титан, модуль упругости, механическая прочность, технологические свойства.*

Титан – это серебристо-белый металл, легкий, плотностью $\rho=4,51 \text{ г/см}^3$, с высокой температурой плавления (1668°C).

По удельным механическим характеристикам, благодаря низкой плотности, титан и его сплавы уступают только сталям.

Титан и его сплавы активно замещают традиционные конструкционные материалы, поскольку они более коррозионностойкие, хорошо сопротивляются усталостным нагрузкам и имеют высокие показатели трещиностойкости.

В отличие от сплавов железа на поверхности титана образуется защитная оксидная пленка, защищающая металл в атмосфере, в пресной и морской воде. Например, корпус атомных субмарин выполняют из титана. Стойкий, прочный титан заменил нержавеющую хромоникелевую сталь.

Титан активно замещает в конструкциях алюминий и его сплавы, например, в современных авиалайнерах имеется значительная доля композиционных материалов, с которыми алюминий может подвергаться контактной коррозии, в то время как оксидная пленка титана лучше защищает металл от таких нежелательных разрушительных контактов. Основные направления использования титана в авиастроении:

1. для изготовления изделий сложной пространственной формы:
 - окантовка люков и дверей, где возможно скопление влаги (используется высокая коррозионная стойкость титана);

- обшивка, на которую действует струя продуктов сгорания двигателя, противопожарные перегородки (используется высокая температура плавления);

- тонкостенные трубопроводы воздушной системы (титан меньше всех других металлов расширяется под воздействием температуры);

- настил пола грузовой кабины (используется высокая прочность и твердость).

2. для изготовления узлов и агрегатов, испытывающих сильные нагрузки:

- стойки шасси;

- силовые элементы (кронштейны) крыла;

- гидроцилиндры.

3. изготовление частей двигателя:

- диски и лопатки для вентиляторов и компрессоров;

- корпуса двигателей [1].

Модуль упругости титана – 112...120 ГПа, у железа – 165...180 ГПа, у сталей, даже низкоуглеродистых, значение модуля упругости более 200 ГПа. Невысокие значения модулей упругости титана, а это одно из основных свойств, определяющих механическую жесткость и габариты элементов конструкции, приводит к необходимости использовать большие сечения, чем следует из расчетов на прочность [2].

Необходимо отметить, что титан в три-пять раз дороже традиционной стали.

Технологические свойства титана значительно хуже, чем у стали, так значительно сложнее проведение операций формообразования, резки и сварки; плохие антифрикционные свойства, обусловленные налипанием титана при работе в паре с титаном или другим металлом.

Титан обладает низкой теплопроводностью, что при работе при повышенных температурах может привести к локальному перегреву отдельных участков изделия. При повышении температуры до 250 °С прочность чистого титана снижается почти в 2 раза. При высоких температурах титан взаимодействует со многими газами, входящими в атмосферу. При взаимодействии с водородом в металле развивается водородное охрупчивание. При технологических и эксплуатационных нагревах, особенно выше 550-600 °С, необходимо принимать меры для защиты титана от окисления и газонасыщения.

Для повышения механических и технологических свойств широко используют легирование. Наиболее распространенные легирующие элементы в таких материалах: алюминий, ванадий, молибден, марганец,

хром, кремний, олово, цирконий, железо. Например, жаропрочные титановые сплавы по удельной прочности в интервале температур 300-600 °С не имеют себе равных [3].

Таким образом, свойства титана обусловили его применение в различных областях промышленности, где требуются высокие удельные характеристики прочности, а надежность и долговечность.

Литература

1. <http://titanchik.ru/about/42-sfery-primeneniya-titana.html> (дата обращения 06.04.2021).
2. <https://mineralproru.turbopages.org/mineralpro.ru/s/minerals/titan/> (дата обращения 06.04.2021).
3. <https://www.metotech.ru/titan-opisanie.htm> (дата обращения 06.04.2021).

УДК 669.018

Губин Н. А., Крашенинникова Н. Г.

Поволжский государственный технологический университет

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СТЕКЛА: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены свойства, методы получения и перспективы использования металлических стекол.

Ключевые слова: металлические стекла, аморфные металлы, свойства, применение, методы получения, ленты, проволока, порошки.

Аморфные металлы (металлические стекла) получают сверхбыстрым (со скоростью не менее 10^6 град/с) охлаждением расплава. При такой скорости охлаждения не успевают пройти процессы кристаллизации и застывший материал характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении частиц, т. е. по структуре он подобен жидкости.

Быстрый отвод тепла достигается, если хотя бы один из размеров образца достаточно мал, поэтому аморфные сплавы получают обычно в виде лент, проволоки или порошка.

Среди способов промышленного производства аморфных сплавов наиболее широко применяемым является закалка из жидкого состояния: охлаждение струи жидкого металла на внешней или внутренней поверхностях вращающихся барабанов, прокатка расплава между холодными

валками, изготовленными из материала с высокой теплопроводностью, например, из меди. Порошки получают распылением струи расплава газом или жидкостью, проволоку – различными методами вытягивания волокон из расплава.

Состав металлических стекол чаще всего выражается формулой $M_{80}X_{20}$, где М – переходные (Fe, Co, Ni, Cr, Mn и др.) или благородные металлы, а Х – неметаллы (B, C, N, Si, P, Ge и др.), являющиеся стеклообразующими элементами.

Отсутствие кристаллической структуры и характерных для нее дефектов строения, прежде всего дислокаций, обуславливает уникальные свойства материалов этой группы. Металлические стекла отличаются высокой прочностью, в два раза превосходя по этому параметру соответствующие кристаллические сплавы, а также высокой твердостью, износостойкостью [1].

Отсутствие обычного для металлических сплавов дислокационного механизма пластической деформации является причиной невысокой пластичности аморфных сплавов, хотя они все же не такие хрупкие, как силикатное стекло, занимая по пластичности промежуточное положение между керамикой и традиционными металлическими сплавами.

Существенным преимуществом металлических стекол является также их коррозионная стойкость, обусловленная однородной однофазной структурой и отсутствием дефектов, присущих кристаллическим сплавам. Например, сплав $Fe_{45}Cr_{25}Mo_{10}P_{13}C_7$ по коррозионной стойкости превосходит даже тантал [2].

Помимо этого, металлические стекла на основе железа и кобальта являются великолепными магнитомягкими материалами, сочетающими высокие магнитную проницаемость и индукцию насыщения с рекордно низкой величиной коэрцитивной силы.

Вследствие аморфной структуры металлические стекла имеют гораздо более высокое электросопротивление по сравнению с обычными кристаллическими сплавами.

Обладая уникальными свойствами, аморфные сплавы могут успешно использоваться в самых разных областях. Высокие механические свойства предопределяют возможность их применения в качестве компонентов высокоточных механических систем, армирующих компонентов композитных материалов, для армирования бетона. Прочные ленты могут быть использованы для упрочнения сосудов высокого давления. Высокая твердость позволяет использовать металлические стекла, например, для изготовления бритвенных лезвий.

Превосходные магнитные свойства дают возможность их применения для изготовления сердечников силовых трансформаторов, магнитных

экранов, магнитных головок аудио- и видеоманитофонов, носителей информации. На сегодняшний день около 80 % аморфных сплавов производятся именно ради их магнитных свойств [2, 3].

Благодаря специфическим электрическим свойствам аморфные сплавы могут использоваться для изготовления термометров сопротивления, прецизионных резисторов с нулевым температурным коэффициентом сопротивления.

Высокая коррозионная стойкость делает металлические стекла весьма перспективным материалом для биомедицины, хирургии, изготовления имплантов, медицинского инструмента, а также для нанесения защитных и износостойких покрытий.

Таким образом, рассмотренные материалы весьма перспективны для использования как в качестве высокопрочных конструкционных материалов, так и в качестве материалов с особыми физическими свойствами, хотя их широкое применение сдерживается относительно высокой стоимостью и технологическими сложностями.

Литература

1. Лузгин, Д. В. Свойства объемных металлических стекол / Д. В. Лузгин, В. И. Полькин // Изв. вузов. Цвет. металлургия. – 2016. – №6. – С. 71-85.
2. Рябов, А. В. Новые металлические материалы и способы их производства: учебное пособие / А. В. Рябов, К. Ю. Окишев. – Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2007. – 64 с.
3. https://revolution.allbest.ru/manufacture/00649229_0.html.
4. Глезер, А. М. Аморфно-нанокристаллические сплавы: монография / А. М. Глезер, Н. А. Шурьгина. – М.: Физматлит, 2013. – 450 с.

УДК 621.785.01

Губин Н. А., Разинская О. И.

Поволжский государственный технологический университет

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТИТАНА И ЕГО СПЛАВОВ

Аннотация. Рассмотрены применение, виды и способы термической обработки титана и его сплавов.

Ключевые слова: титан, отжиг, обработка, старение, двойной отжиг, дегадирование.

Согласно двойным диаграммам состояния, титан – легирующий элемент, титановые сплавы, в зависимости от их состава и назначения, можно подвергать всем основным видам термической обработки, а также химико-термической обработке [1].

Титан и титановый сплав имеют отличное соотношение прочности и веса, хорошую ударную вязкость и коррозионную стойкость. В основном, титановый сплав используется для изготовления деталей компрессоров авиационных двигателей и конструктивных элементов ракетных и высокоскоростных самолетов. В наше время годовая производственная мощность титановых сплавов в мире достигла более 40000 тонн и почти 30 сортов титанового сплава. При обработке титана примеси, такие как водород, кислород, азот и углерод, легко абсорбируются. Из-за плохой обрабатываемости трудно и сложно вырезать и перерабатывать Ti и его сплавы.

В зависимости от строения титановые сплавы разделяют на три группы: сплавы со структурой α -твердого раствора; сплавы со смешанной структурой $(\alpha+\beta)$ -твердого раствора и сплавы со структурой β -твердого раствора. Термической обработкой упрочняются $(\alpha+\beta)$ и β -сплавы, а α -сплавы не упрочняются. Титановые сплавы подвергают рекристаллизационному отжигу и отжигу с фазовой перекристаллизацией, закалке и старению. Для повышения износостойкости и задиростойкости титановые сплавы подвергают азотированию, цементации или окислению [2].

Отжиг

Отжиг титана и титановых сплавов служит для повышения вязкости, пластичности при комнатной температуре, размерной и термической стабильности и сопротивления ползучести. Обычно сплавы β и $\alpha + \beta$ полностью отжигаются и используются в качестве окончательной термообработки.

Полный отжиг α (альфа) титанового сплава, в основном, представляет собой рекристаллизацию. Температуру отжига обычно выбирают в зоне альфа-фазы и температуре перехода $(\alpha + \beta)$ / β -фазы в диапазоне от 120 до 200 °С. Если температура слишком низкая, это вызовет неполную перекристаллизацию или окисление, и крупные зерна, если она будет слишком высокой.

Температура полного отжига почти расширенного титанового сплава и зверинового титанового сплава была выбрана с точки зрения первой фазы и ниже точки зрения второго фазового перехода первой фазы. В процессе отжига происходит не только рекристаллизация ткани, но и изменения в составе, количестве и форме α - и β -фаз.

β (бета) Отжиг. Бета-отжиг проводят при температурах выше β -транса отжигаемого сплава. Чтобы предотвратить чрезмерный рост зерна, температура для β -отжига должна быть лишь немного выше, чем β -транс.

Время отжига зависит от толщины разреза и должно быть достаточным для полной трансформации. В связи с тем, что сплав малтитана может быть усилен путем термообработки, а его прочность улучшается после отжига, на самом деле это своего рода обработка твердым раствором [3].

Обработка и старение раствора

Для повышения прочности титановый сплав с α - и стабильной β -фазами нельзя подвергать интенсивной термической обработке. Твердый раствор и обработка старением должны быстро охладиться из высокотемпературной области, чтобы получить более высокое содержание β -фазы. Это разделение фаз поддерживается за счет закалки; при последующем старении происходит разложение нестабильной β -фазы, что обеспечивает высокую прочность для упрочнения сплава [3].

Двойной отжиг

Двойной отжиг улучшает пластичность и ударную вязкость двухфазного сплава и стабилизирует микроструктуру. Температура первого отжига выше или близка к температуре рекристаллизации, так что процесс рекристаллизации полностью выполняется, а затем происходит охлаждение на воздухе. Поскольку титан недостаточно стабилен после отжига, необходим второй отжиг, который затем нагревают до более низкой температуры и выдерживают в течение длительного времени, чтобы оптическая фаза полностью разложилась и агрегировалась, что гарантирует стабильность ткани. Двойной отжиг также может быть использован для титанового сплава Gr5 [4].

Процесс дегидрирования

Процесс дегидрирования направлен на устранение водородной хрупкости. Дегидрирование проводится в вакуумной печи, где тепло вызывает выделение водорода из сплава Ti, также известное как вакуумный отжиг. Температура отжига составляет 540 ~ 760 °C, время выдержки 2 ~ 4 часа после охлаждения на воздухе, степень вакуума в вакуумной печи не превышает 1.33 Па [4].

Характер термообработки можно выбирать по своему усмотрению, однако продолжительность операции и температура будут в этом случае определяться составом сплава. Термообработке не поддаются только нелегированный титан и его двойные сплавы с алюминием.

Литература

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2015. – 327 с.
2. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Машиностроение. 1980. – 493 с.

3. <https://ikalloy.com/ru/a-brief-introduction-of-heat-treatment-for-titanium-and-titanium-alloy/>

4. Металловедение: учебник: в 2 т. – Т. 2. Термическая обработка. Сплавы / И. И. Новиков и др.; под общ. ред. В. С. Золоторевского. – 2-е изд., испр. – М.: Изд. дом МИСиС, 2014. – 528 с.

УДК 621.9:004

Демченко П. Д.

Научные руководители: Левый Д. В., канд. техн. наук, доцент;

Лакалина Н. Ю., ст. преподаватель

Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрена разработка автоматизированной подсистемы проектирования ременных передач, муфт и подбора электродвигателя для привода главного движения металлообрабатывающего оборудования, построение 3D-модели типовых конструкций ременных передач, муфт и электродвигателя, их 3D-сборки, а также ассоциативных чертежей.

Ключевые слова: автоматизированная подсистема, автоматизированное проектирование, привод главного движения, 3D-модели, 3D-сборки, ассоциативные чертежи.

Данное программное обеспечение теоретически можно использовать как в образовательных целях, так и профессионалам различных предприятий для быстрого расчёта данных муфт, ременных передач и подбора электродвигателя привода главного движения, а ассоциативные чертежи могут помочь обучающимся с визуальным восприятием темы исследования.

Для написания программы используется программное обеспечение Visual Studio 2019, позволяющее создавать и подключать сторонние дополнения (плагины) для расширения функциональности практически на каждом уровне. Разработка приложения проходила в Visual Studio версии 2019 года, а наиболее подходящим решением стала работа в языке C#, поскольку этот язык сам по себе несколько проще, а, начиная с версии 2012 года, работа с оконными приложениями в C++ стала затруднена.

В основу программы лёг расчёт различных геометрических и силовых значений, таких как выходные параметры электродвигателей для токарных, сверлильных, фрезерных станков, параметры плоскоремённой и клиноремённой передач, а также муфт (фланцевой, упругой). Расчёты производились на основе введенных входных данных, известных заранее.

Работа была разделена на пять составляющих: анализ методик подбора искомых комплектующих, разработка алгоритма работы программы подбора комплектующих, разработка и параметризация 3D-моделей типовых конструкций, а также два раздела, включающих в себя вопросы охраны труда и других норм, а также экономические расчёты.

При анализе существующих методик и программ подбора двигателя привода главного движения для станков выяснилось, что эти решения либо сильно устарели и имеют малую базу электродвигателей, либо имеют закрытый исходный код, либо всё вместе. Один из проектов частично соответствует требованиям, но имеет коммерческую основу, из-за чего для использования в образовательных целях не подходит.

Во вторую очередь был разработан алгоритм работы программы, для чего в код были внесены формулы расчёта параметров ременных передач, муфт, а также приводов и электродвигателей для различных типов станков.

Интерфейс представляет собой диалоговые окна для постепенного снабжения программы входными данными. На основе проведённых расчётов программа предложит подходящий по силовым характеристикам электродвигатель [1, 2], как показано на рис. 1.

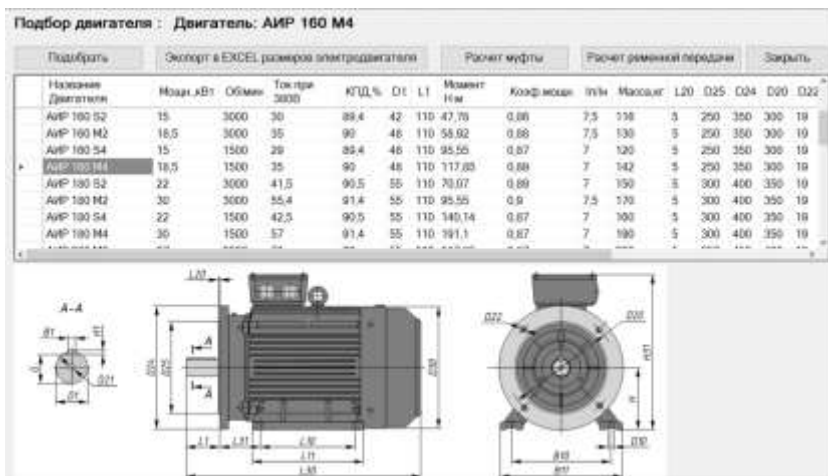


Рис. 1. Пример выбранного электродвигателя для токарного станка

После проведения цепочки расчетов на экран выводится таблица с доступными двигателями, которые соответствуют результатам расчетов, а также их изображения. Пользователь может экспортировать в EXCEL размеры электродвигателя для дальнейшего использования в КОМПАС-3D.

Далее пользователь решает, что ему необходимо установить на двигатель: муфту или ременную передачу. Выбрав муфту, пользователь также выбирает её тип и исполнение и переходит к проверочным расчетам. Также можно экспортировать размеры муфты или её сборки с электродвигателем в EXCEL для дальнейшей работы в КОМПАС-3D.

После следуют диалоговые окна проверочных расчётов муфт, чтобы убедиться в правильности выбора. Такой же принцип действует и при выборе ременной передачи. Для всех возможных вариаций сборок создаются ассоциативные сборочные чертежи, из которых вручную вставляются стандартные виды в новый чертёж. Размеры проставляются вручную (рис. 2).

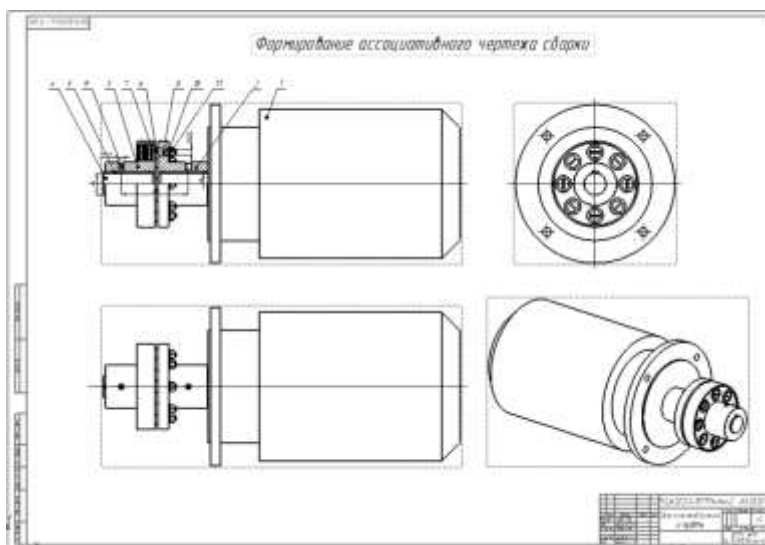


Рис. 2. Пример параметризованного сборочного чертежа

Литература

1. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева, С. И. Юран и др. – М.: КолосС, 2013. – 351 с.
2. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / В. П. Шеховцов. – М.: Форум, 2010. – 352 с.

Демченко П. Д.
 Научный руководитель: Захаров Л. А., канд. техн. наук
 Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГОЛОВНОЙ ТРУБЫ ВЕЛОСИПЕДА И КОНСТРУКЦИЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ – РАЗГРУЗКИ ЗАГОТОВОК

Аннотация: Представлены результаты работы по выполнению кейса от предприятия ООО «Жуковский веломотозавод» в рамках платформы «Проф-стажировки 2.0». Согласно заданию кейса необходимо разработать специальный станок для обработки головной трубы велосипеда (т.н. «рулевой стакан») отдельно от рамы.

Ключевые слова: специальный станок, компоновка, устройство базирования, устройство загрузки-разгрузки заготовок, кейс.

Проектируемый станок должен выполнять технологическую операцию развёртывания с применением специального металлорежущего инструмента – комбинированной развёртки. По заданию заказчика, обработка детали должна выполняться с двух сторон одновременно. Эскиз обрабатываемой детали представлен на рис. 1.

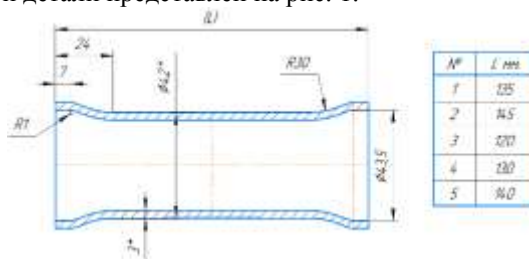


Рис. 1. Эскиз головной трубы велосипеда (отдельно от рамы)

Перед разработкой проекта было проанализировано используемое и существующее оборудование, а также изучены запатентованные решения для двусторонней обработки заготовок. На основе полученной информации и требований заказчика было разработано техническое задание на проектирование специального станка.

Основная идея разработки заключается в значительном повышении производительности оборудования за счёт применения бункерного устройства для непрерывной подачи заранее ориентированных заготовок в рабочую зону, а также использования автоматических устройств загрузки – разгрузки заготовок, их базирования и закрепления. Конструктивная схема спроектированных устройств представлена на рис. 2.

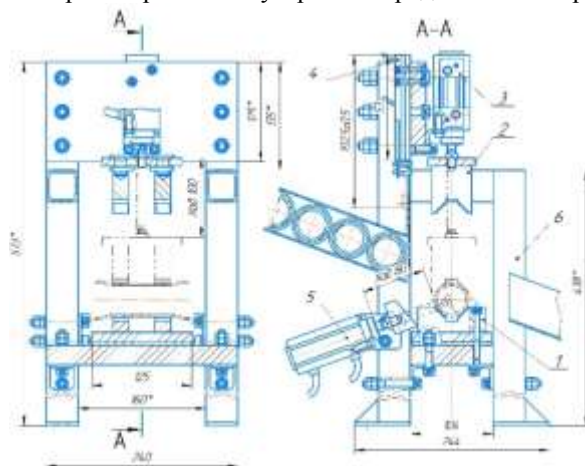


Рис. 2. Конструктивная схема устройств загрузки-разгрузки заготовок, их базирования и закрепления: 1 – устройство базирования заготовки (неподвижные призмы); 2 – устройство закрепления заготовки (подвижные призмы); 3 – пневмоцилиндр подвижных призм; 4 – пневмоцилиндр отсекателя заготовок; 5 – пневмоцилиндр устройства выброса заготовок; 6 – несущая система устройств

Пневматические узлы (3, 4, 5) представлены сепаратором и пневмоцилиндрами компании «Festo». Несущая система (6) выполнена в виде пространственной рамы из стандартного профиля 40×40×3 мм.

Отдельными работами представлена разработка узлов приводов главного движения и приводов подач проектируемого станка, с учетом которых были определены габаритные размеры и сформировано окончательное компоновочное решение станка. Все узлы станка размещаются на специально спроектированной раме, выполненной в виде сварной конструкции из стандартных профилей и верхней плиты, имеющей габаритные размеры 1500×500×20 мм. Разработанная компоновка специального станка представлена на общем виде, рис. 3.

Высота рамы обусловлена требованиями эргономики. Под защитными кожухами внутри рамы можно расположить разгрузочный лоток и электрические узлы станка.

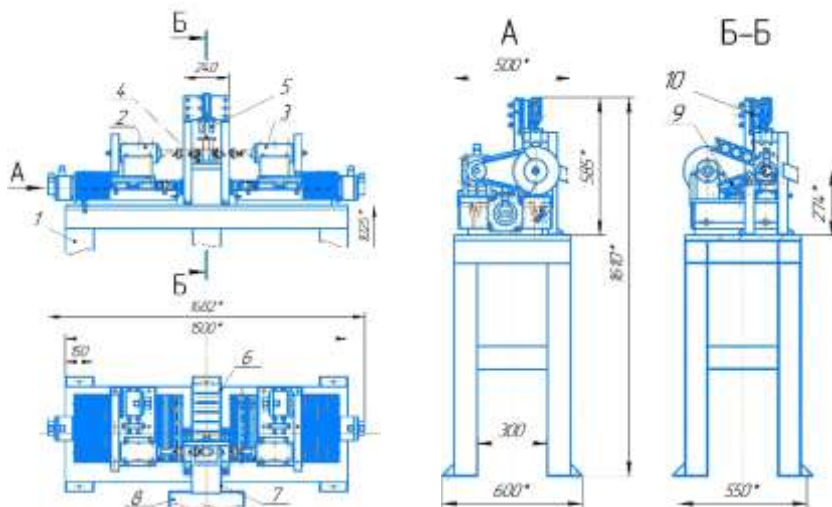


Рис. 3. Вид общий спроектированного станка (без защитных кожухов):

- 1 – рама; 2 – привод главного движения и привод подачи левые;
- 3 – привод главного движения и привод подачи правые; 4 – устройство базирования заготовки; 5 – устройство закрепления заготовки; 6 – лоток загрузочный;
- 7 – лоток разгрузочный; 8 – контейнер для готовых деталей;
- 9 – устройство выброса обработанных деталей; 10 – отсекаТЕЛЬ заготовок

Цикл работы станка имеет следующую последовательность: с началом работы заготовки подаются из бункера (условно не показан) по загрузочному лотку (6) в рабочую зону и при помощи отсекателя (10) поштучно загружаются в базирующие призмы приспособления (4). С помощью устройства закрепления (5) заготовка фиксируется подвижными призмами, после чего начинается двусторонняя обработка. По окончании обработки заготовка отжимается и выбрасывается пневмоцилиндром (9) в контейнер через разгрузочный лоток (7). В станке предусмотрена возможность настройки на обработку деталей разной длины согласно требованиям заказчика (рис. 1).

Управление станком возможно в автоматическом и полуавтоматическом режимах от программируемого логического контроллера.

Результатом работы явилась спроектированная конструкция специального станка с целью повышения уровня автоматизации и производительности процесса обработки детали «Труба головная» применительно к требованиям предприятия ООО «Жуковский веломотозавод».

Казекина О. Н.

Научный руководитель: Шобанов Л. Н., доцент

Поволжский государственный технологический университет

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ НЕИНВАЗИВНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ

***Аннотация.** Представлено рассуждение о разных видах респираторной поддержки и аппаратах ИВЛ.*

***Ключевые слова:** искусственная вентиляция легких (ИВЛ).*

Целесообразность применения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) при выраженных расстройствах дыхания различного происхождения, сопровождаемых дыхательной недостаточностью, не вызывает сомнений. Существует ряд клинических симптомов для определения степени дыхательной недостаточности, и, тем не менее, нередко решается трудный вопрос: нужно ли начинать столь радикальное лечение, включая в его комплекс применение ИВЛ, или «можно еще подождать»? Решению о своевременном применении принудительной ИВЛ (CMV англ.) по, казалось бы, достаточным или, возможно, более расширенным показаниям, мешают ее побочные отрицательные эффекты: необходимость интубации трахеи или трахеостомии, с опасностью инфицирования и развития воспалительно-дегенеративных изменений слизистой оболочки дыхательных путей, и т. д., а для персонала – трудности ухода и обслуживания пациента.

Проблему своевременного и адекватного начала респираторной поддержки решает применение вспомогательной неинвазивной вентиляции легких (ВНВЛ) (ACNIV): вспомогательной потому, что она осуществляется при сохраненном дыхании больного, а неинвазивной – потому, что при этом исключаются травмирующие («invasion» – лат. «вторжение») способы подсоединения дыхательного контура респиратора к дыхательным путям пациента, такие, как интубация или трахеостомия, а синхронизация работы аппарата и больного достигается при полном исключении медикаментозного подавления собственного дыхания больного, что также является признаком неинвазивности процедуры.

Впервые в нашей стране этот метод был применен в конце шестидесятых годов прошлого века при лечении больных с бронхолегочными

заболеваниями, сопровождаемыми хронической легочной и дыхательной недостаточностью (В. М. Юревич с сотр., авт. свид. № 237347, 03, XII, 1968 г.).

Разумеется, технология выполнения метода ВНВЛ в то далекое время существенно отличалась от современной: для соединения респиратора с дыхательными путями применяли силиконовый мундштук-загубник, фланец которого располагается между губами и передними зубами больного. Для проведения ВНВЛ поначалу использовали отечественные аппараты группы РО («Респираторы объемные» РО-5, РО-6Р, РО-6Н).

Разумеется, сегодняшняя технология проведения ВНВЛ несравнима с описанной выше: для контакта аппарата с пациентом используются лицевые или носовые маски специальной конструкции, и даже полностью герметичные вентиляционные шлемы «NIV», обеспечивающие пациенту особый комфорт. Технологический прогресс аппаратуры ИВЛ предоставляет широкую возможность выбора режимов как вспомогательной, так и принудительной (в ситуации АПНОЭ) вентиляции, развернутый мониторинг работы аппарата и состояния пациента, сигнализацию тревоги в случае АПНОЭ и при появлении утечек вдыхаемого газа с немедленным включением автоматической компенсации, способной перекрыть как временные, так и постоянные утечки, восстанавливая вентиляцию до необходимого уровня минутного объема.

Вентиляция, в случае АПНОЭ, – это резервная вентиляция (Arpnea Ventilation, Back-up Ventilation-анг.), возможность которой следует предусматривать при проведении ВНВЛ. Немедленно после сигнала тревоги аппарат переключается на принудительную вентиляцию с управлением по объему и фиксированными параметрами. Указанная ситуация подтверждает справедливость замечания проф. К. М. Лебединского (2008 г.) о том, что неинвазивная вентиляция является не самостоятельным режимом респираторной поддержки, а только способом выполнения различных методов ИВЛ, как вспомогательных, так и принудительных.

Отойдя от терминологических вопросов, следует признать, что вспомогательная неинвазивная вентиляция легких, как особый режим ИВЛ, является сегодня общепризнанным, рациональным и доступным методом профилактики и лечения дыхательных расстройств у больных. Следовательно, проектирование портативных аппаратов ИВЛ с минимальным набором функций является целесообразным и необходимым.

Киселев Н. В.

Научный руководитель: Кудрявцев И. А., с. н. с.

Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЗЛОВ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ВЕЛОСИПЕДНОГО ТИПА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

***Аннотация.** В статье рассматривается исследование основных узлов и алгоритмов управления силомоментных приводов реабилитационного устройства велосипедного типа для лиц с ограниченными возможностями.*

***Ключевые слова:** реабилитация, велосипедные системы, электропривод с обратной связью, алгоритмы управления.*

На сегодняшний день безопасность и комфорт являются приоритетными задачами повышения эффективности реабилитации пациентов. Это можно обеспечить методом внедрения обратной связи системы «пациент – реабилитационное устройство», создавая алгоритмы управления, направленные на безопасность и комфорт реабилитации.

Цель работы:

1. анализ приводных узлов устройства, исследование электропривода в требуемых режимах.
2. исследование алгоритмов управления электроприводов с биологической обратной связью.

Решаемые задачи:

1. обеспечение оптимальной работы устройства в требуемых режимах работы приводов;
2. безопасность реабилитации пациента за счет обратной связи и алгоритмов управления реабилитационным процессом.

Техника решения (описание)

Наиболее важным в реабилитационном устройстве нижних конечностей будут является приводные узлы – педальный узел пациента с силомоментным приводом и узел рулевой колонки с силомоментными приводом. Приводные узлы должны обеспечивать высокоточную обратную связь системы «реабилитационное устройство – пациент». Привод педального узла должен точно отслеживать усилия, прилагаемые пациентом на педали и нагружать привод таким образом, чтобы сумма усилий

пациента и привода была равна 100% от необходимых усилий для поддержания текущей скорости передвижения реабилитационного устройства. Поворотный узел рулевой колонки ассистента жестко связан с узлом рулевой колонки пациента, это обеспечивает синхронное повторение вращений руля между пациентом и ассистентом. Ведущим является ассистент, при попытках пациента изменить траекторию движения ассистенту подается сигнал на привод рулевой колонки ассистента, который дает понять ассистенту, в каком направлении хочет изменить траекторию движения ассистент.

Режимы работы электропривода заключается в имитации пациентом движений ассистента. При настройке, например, 50%, педали пациента вращаются в 2 раза медленнее. Также при настройке, например, 50%, вращение руля происходит в 2 раза медленнее. Это поможет пациенту на начальном этапе легче погрузиться в реабилитационный процесс, без резких движений и без высокой частоты вращения узлов пациента. При возникновении сопротивления приводных узлов пациента у ассистента появляется предупреждение с помощью вибраций и звуковых эффектов. Для защиты от перегрузок пациента устанавливаются максимальная и минимальная скорости вращения и моменты силы электроприводов. Также перегрузки отслеживаются с помощью датчиков пульса, давления и ЭМГ. Биомеханика является доминирующим объектом анализа в общей биомеханике велосипедного реабилитационного устройства, к функциональным механическим характеристикам следует отнести характеристики длины и массы, условия работы устройства. Важным фактором в практике повседневной жизни является обеспечение устойчивости (точки опоры).

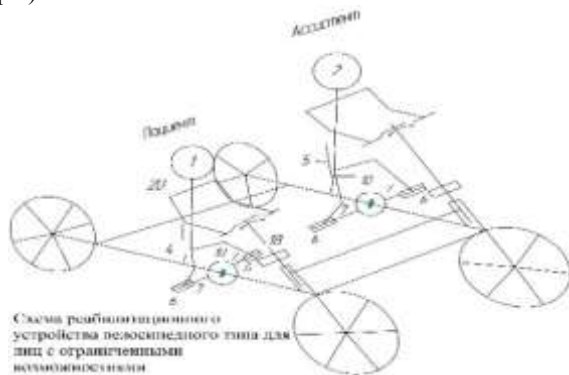


Схема реабилитационного устройства велосипедного типа для лиц с ограниченными возможностями

На схеме представлены конструкция и взаимное размещение на велосипедном устройстве пациента 1 и ассистента 2 «бок-о-бок». Оба они находятся в размещенных на одной общей раме 3 креслах: пациент в регулируемом кресле 4 с возможностью пристегивания ремнем безопасности, а ассистент – в кресле 5. Пациент 1 и ассистент 2 ногами вращают педали 6 с кривошипами 7, оснащенными датчиками скорости вращения 8 и положения 9.

Каждый из кривошипов 7 вращает ось генераторов 10 электроэнергии, которые подзаряжают аккумулятор 11, служащий для электропитания устройства электростимуляции 12, контроллера 13, монитора 14 и для размещенного в передней вилке велосипедного устройства мотор – колеса 15 для движения по местности. На ногах пациента 1 и ассистента 2 размещены электроды для стимуляции мышц 16 и датчики состояния мышц 17 пациента 1 и ассистента 2. Монитор 14 для управления электростимуляцией и отображения процедуры электростимуляции размещен в пределах прямого доступа рук и перед глазами ассистента 2. Руль 18 управления направлением движения велосипедного устройства также находится в руках ассистента 2.

Выводы

При разработке устройства нужно уделить особое внимание безопасности и комфорту реабилитации пациента. Это можно обеспечить оптимальной работой силомоментных приводов и алгоритмами управления устройства, защищающими безопасность и комфорт реабилитации. В качестве ассистента может выступать один из родителей для обеспечения положительного психоэмоционального состояния пациента, что повысит эффективность реабилитации.

Литература

1. Егоров, И. Н. Управление робототехническими системами с силомоментным очувствлением: учебное пособие / И. Н. Егоров, А. А. Кобзев. – Владимир: издательство Владимирского государственного университета, 2005. – 276 с.
2. Елифанов, В. А. Реабилитация в травматологии и ортопедии / В. А. Елифанов, А. В. Елифанов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – №3. – С. 60-61.

Кобылина Е. В., Зверева О. С., Довыденков В. А.
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКСИДНОЙ ФАЗЫ НА ПРОЦЕСС ИНФИЛЬТРАЦИИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. В работе дается описание технологии производства стальных деталей конструкционного назначения методом литьевого формования смесей порошков железа и его оксида со связующим, вакуумного восстановления оксидов нанодисперсным продуктом пиролиза связующего, последующего спекания и инфильтрации.

Ключевые слова: композиции, порошки железа, связующее, инфильтрация, псевдосплав, структура.

Псевдосплавы на основе железа и меди, полученные с применением инфильтрации, находят все большее применение в промышленности, благодаря сочетанию необходимых эксплуатационных характеристик, недостижимых в традиционных материалах, а также высокой рентабельности их использования. Вместе с тем в существующих технологиях имеют место существенные ограничения по конфигурации изделий. Этих ограничений можно избежать, если при изготовлении заготовок использовать новые технологии порошковой металлургии, основанные на процессах литьевого формования изделий сложной формы из композиций, состоящих из тонких порошков (менее 30 мкм) и связующего. Однако высокодисперсные порошки железа для литьевых композиций существенно дороже порошков средней дисперсности. Применение оксидов в качестве компонентов литьевых композиций существенно уменьшает стоимость сырья и позволяет получать материалы с высокими физико-механическими свойствами.

В качестве исходных компонентов использовали: порошок железный А100S, порошок железа (II, III) окись ElectrOxide 20. Насыпную плотность определяли по ГОСТ 19440-94. В качестве связующего использовали фенолформальдегидную смолу (ФФС) (ГОСТ 20907-75).

Из данных компонентов были изготовлены полуфабрикаты путем смешивания исходных компонентов, сушкой, валкованием и дроблением, с последующим формованием литьевым методом. Композиции формовали прямым пресс-литьем в бруски размерами 10х10х55 мм при

давлении до 20 МПа при температурах от 120 до 130 °С с выдержкой от 4 до 6 минут. Далее заготовки подвергали термической обработке с целью удаления связующего и восстановления оксидов. Термическую обработку проводили в 3 стадии: 1-ая стадия: в контейнере с плавким затвором; 2-ая стадия: в форвакууме, на 3-ей стадии образцы спекались в среде эндогаза. Далее образцы подвергали инфильтрации латунью марки Л63 при температуре 950 °С в течение 30 секунд. На образцах после каждой операции определяли плотность, размеры и структуру.

Для исследования процесса инфильтрации использовались несколько составов композиций, отличающихся содержанием компонентов. Основным был выбран состав (об. %): Fe (порошок железный А100S) – 52,1%; Fe₃O₄ (порошок оксида железа (II, III) ElectrOxide 20) – 20,9%; ФФС – 27,0%, соотношение компонентов обеспечивает формуемость заготовок литьевым методом при максимальном содержании порошка железа средней дисперсности. Для исследования степени влияния высокодисперсного железа на характер процесса инфильтрации были изготовлены образцы с пониженным содержанием частиц железа средней дисперсности (Fe – 40 об. % и 30 об. %). Структура заготовок для инфильтрации, полученных из основного состава, состоит из зерен феррита размерами 30-150 мкм с небольшими включениями перлита (около 10%), вокруг которых распределены участки с мелкозернистой и высокопористой структурой, состоящие примерно 80% из феррита и 20% из перлита с размером зерен 3-5 мкм. Мелкозернистые участки феррито-перлитной структуры – восстановленное продуктами пирролиза ФФС железо. Размер пор составляет от 0,1 до 3 мкм.

В качестве материала инфильтрата использовали латунь марки Л63. Далее были проведены исследования по инфильтрации материалов при температуре 950 °С с изотермической выдержкой 15, 30, 60, 600 секунд. Заполнение пор заканчивается в течение 15 секунд, при этом латунь растворяет высокодисперсное железо, находящееся между частицами железа средней дисперсности, в результате чего области, заполненные медным сплавом, увеличиваются. Одновременно протекают процессы поверхностного растворения частиц железа средней дисперсности в меди. Также происходит растворение меди в железе. При этом в структуре остается нерастворенное высокодисперсное железо в виде частиц неправильной формы и агломератов. При последующем охлаждении системы из пересыщенного раствора выпадает фаза на основе железа в

виде сферических частиц. Микроструктура образцов после инфильтрации представляет собой участки легированного и пересыщенного по границам феррита (30-150 мкм), пространство вокруг которых заполнено медной фазой и участками легированного феррита (1-8 мкм).

Полученные выше закономерности потребовали более глубоких исследований, касающихся кинетики и механизма процесса инфильтрации, рассматриваемых материалов.

Согласно проведенным исследованиям, процесс инфильтрации достаточно точно описывается уравнением Уошберна, которое применяется для материалов, имеющих поры постоянного диаметра:

$$l^2 = \frac{\sigma \cos \Theta r \tau}{2\eta},$$

где σ – поверхностное натяжение расплава инфильтрата, мДж/м²,

Θ – краевой угол смачивания, °,

r – радиус пор, м,

τ – время пропитки, с,

η – кинематическая вязкость расплава инфильтрата, м²/с.

С другой стороны, из-за разницы между поверхностной энергией высокодисперсного железа и энергией межфазных границ железо-инфильтрат возникает тепловой эффект, способствующий локальному повышению температуры.

Требуемый уровень физико-механических свойств композиционных порошковых инфильтрированных материалов на основе железа можно получить варьированием параметров состава исходной смеси, количественного содержания материала инфильтрата, температуры и времени изотермической выдержки, различными режимами термической обработки.

Выводы

1. Увеличение количества оксидной фазы в составе смеси позволяет повысить скорость протекания процесса инфильтрации и повысить твердость получаемого материала.
2. Применение оксида железа в составе смеси позволяет получать детали сложной формы аналогично МИМ-технологии.
3. Разработанная технология существенно расширяет возможности порошковой металлургии при производстве деталей машин.

Лаптев С. Н.

Научный руководитель: Крысь Н. А., доцент
Поволжский государственный технологический университет

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТЕРМОБЛОКОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

***Аннотация.** В данной статье описываются проблемы при проектировании термоблоков для лабораторных измерительных установок и ограничивающие факторы.*

***Ключевые слова:** термоблок, элемент Пельтье, нагрев, охлаждение, конденсат.*

Стоит задача – спроектировать группу термоблоков для лабораторной установки, определяющей химический состав вещества методом ядерного магнитного резонанса.

Лабораторные термоблоки служат для нагрева или охлаждения проб веществ до заданной температуры, поддержания данной температуры в ампулах (или других емкостях) для проведения широкого круга исследований, в том числе методом ядерного магнитного резонанса.

Температурный режим работы термоблоков у существующих промышленных образцов (продукции компаний Inhesco, OHAUS и др.) находится в интервале от +5°C до +80°C.

Проектируемая лабораторная установка предполагает наличие группы термоблоков, каждый из которых будет поддерживать заданную температуру в интервале от 0°C до +60°C. Термоблок должен быть универсальным, то есть блок одной и той же конструкции можно использовать для нагрева и охлаждения образцов. Этот фактор требует тщательного подбора материалов при проектировании универсального термоблока, так как из-за большого диапазона рабочих температур материал пластиковых или иных кожухов и разделителей может деформироваться и разрушаться.

Таким образом, при проектировании корпусов блоков, в которые будут помещаться ампулы с исследуемым веществом, следует выбрать оптимальный материал. Одними из лучших вариантов материала корпусов являются алюминиевые сплавы, так как алюминий обладает хорошей теплопроводностью и относительно низкой стоимостью.

Также при проектировании корпуса блока следует учитывать требования ГОСТ 31757-2012, в котором приведены рекомендации по расположению и глубине отверстий, их диаметру ($\varnothing 10,35 \pm 0,10$ мм) и т. д. [1].

При охлаждении исследуемых образцов до минимальных температур на ампулах будет образовываться конденсат. Для недопущения этого следует предусмотреть отверстия в корпусах блоков для обеспечения самовентиляции или другие способы пассивного или активного отвода конденсата. Для лучшего эффекта стоит подвести к этим отверстиям осушенный воздух.

Нагрев термоблоков может осуществляться с помощью водяных бань или электричества. В описываемом случае был сделан выбор в пользу электрического нагрева, так как конструкция блока будет более компактной и простой. Электрический нагрев происходит посредством элементов Пельтье, которые устанавливаются под основание корпуса блока.

Принцип работы данного термоэлектрического преобразователя основан на эффекте Пельтье, при котором возникает разность температур на противоположных сторонах соответствующего элемента при протекании в нем электрического тока. Таким образом, одна сторона элемента Пельтье будет нагреваться, а другая – охлаждаться. За счет этого будет происходить нагрев или охлаждение исследуемого образца. Контроль температуры нагрева/охлаждения в данном случае осуществляется с помощью преобразователя тока и контролируется с помощью соответствующего температурного контроллера.

С проблемой водяного конденсата можно также столкнуться при значительном нагреве корпуса блока, в котором установлены ампулы с исследуемыми образцами. Так как температура требуемого нагрева образцов будет высокой ($+60 \div +80^\circ\text{C}$), то и разность температур на элементе Пельтье должна быть большой, что влечет образование конденсата на охлаждающей его стороне, а также образование на ней кристалликов льда. Для недопущения появления вышеуказанного конденсата необходимо предусмотреть подвод осушенного воздуха непосредственно в термоблок.

Так как проектируемые термоблоки должны быть универсальными и могут эксплуатироваться при высоких и низких рабочих температурах, то следует установить корпуса данных блоков с элементами Пельтье на соответствующие радиаторы. При охлаждении блоков нагревающаяся сторона элемента Пельтье будет значительно нагреваться, что требует отвода тепла, для этого подходят алюминиевые радиаторы с принудительной вентиляцией.

Таким образом, при проектировании универсальных термоблоков для лабораторных установок следует учитывать выбор радиаторов, выбор материалов корпусов и кожухов. Стоит обратить внимание на возможность образование конденсата на частях термоблока и на способы его устранения. Также требуется следовать рекомендациям ГОСТ 31757-2012 при проектировании корпуса термоблока.

Литература

1. ГОСТ 31757-2012 Масла растительные, жиры животные и продукты их переработки. Определение содержания твердого жира методом импульсного ядерно-магнитного резонанс. – М.: Стандартинформ, 2014.

УДК 62-1/-9

Лаптев С. Н.

Научный руководитель: Крысь Н. А., доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ ТРИГЛИЦЕРИДОВ

***Аннотация.** В данной статье описываются проблемы при проектировании и оптимизации лабораторных установок для определения содержания твердых жиров в исследуемых образцах методом ЯМР.*

***Ключевые слова:** ЯМР-анализатор, термоблок, кристаллизованные триглицериды, лабораторная установка, ядерный магнитный резонанс.*

ЯМР-анализаторы – это устройства, принцип работы которых основан на явлении ядерного магнитного резонанса. Данный принцип состоит в том, что при импульсном воздействии определенных высокочастотных колебаний на систему ядерных спинов исследуемого вещества, находящихся в постоянном магнитном поле, происходит поглощение энергии. По окончании радиоимпульса высвобождаемая образцом энергия создает в катушке датчика переменное электромагнитное поле, характер и длительность процесса высвобождения энергии определяется внутренней структурой исследуемого вещества, что после регистрации сигнала ЯМР дает возможность узнать о физико-химическом составе. Поэтому данный анализатор становится важной частью технологического оборудования

многих производств пищевой промышленности, таких как: хлебопечение, кондитерское производство, молочное производство и др. Также ЯМР-анализ активно используется при производстве полимеров, нефтегазовой промышленности и других областях, где требуется высокоточное определение химического состава образцов.

Лабораторная установка для определения содержания кристаллизованных триглицеридов (или твердого жира) состоит из следующих компонентов: ЯМР-анализатора с магнитной системой; темперирующих устройств для пробоподготовки; электронных блоков управления и измерения.

Представленные на рынке темперирующие устройства в большинстве случаев имеют недостатки: значительные габариты всей лабораторной установки из-за большого числа термоблоков, потребность в обслуживающем персонале для работы с установкой, большое энергопотребление и необходимость расходных материалов и т. д.

Таким образом, стоит задача проектирования и оптимизации лабораторной установки для проведения исследований образцов твердого жира методом ЯМР. Для уменьшения влияния вышеуказанных недостатков необходимо подобрать ЯМР-анализатор, который был бы прост в использовании, имел небольшую стоимость относительно конкурентов и необходимое количество термоблоков для проведения исследований, а также был оснащен роботизированным устройством автоматической подачи образцов для ускорения и автоматизации процесса работы.

ЯМР-анализатор российского производства «Спин Трэк», разработанный фирмой ООО «Резонансные системы», который имеет широкий диапазон применения, отлично подходит для проведения исследований образцов твердого жира в пищевых продуктах [1].

Согласно ГОСТ 31757-2012 и требованиям по исследованию образцов твердого жира установлено, что наличие всего четырех термоблоков с температурами: 0°C, 20°C, 40°C, 60°C, – будет достаточным для проведения анализа. Проектирование термоблоков будет проводиться с учетом опытных испытаний и требованиям ГОСТ 31757-2012 [2]. К предполагаемым проблемам при конструировании термоблока можно отнести: выбор материал корпуса термоблока, способы нагрева и охлаждения, поддержание и регулировании заданной температуры, конденсация влаги ввиду разности температур внутри и снаружи термоблока.

Следующим этапом станет проектирование обслуживающего робота. К проблемам при проектировании данного робота относятся нижеследующие: выбор его конструкции, точность перемещения подвижных устройств, выбор захватного устройства, компоновка и расположение его

подвижных элементов, наличие датчиков машинного зрения, трудоемкость написания программы для управления данным роботом.

Таким образом, для создания лабораторной установки, предназначенной для определения содержания твердого жира с помощью ЯМР-анализатора, требуется решить ряд проблем, касающихся конструирования термоблоков, робота-манипулятора и т. д. Также следует провести ряд опытов, результаты которых помогли бы подтвердить способность установки выдавать высокоточные воспроизводимые результаты.

Литература

1. ООО «Резонансные системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nmr-design.com/ru>.

2. ГОСТ 31757-2012 Масла растительные, жиры животные и продукты их переработки. Определение содержания твердого жира методом импульсного ядерно-магнитного резонанс. – М.: Стандартинформ, 2014.

УДК 621.791.3

Лежнин Р. А., Алибеков С. Я.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРИПОЕВ ДЛЯ ПАЙКИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

***Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема повышения качества пайки. Особое внимание уделено припоям и флюсам, применяемым в процессе пайки. Рассмотрена паяльная паста, ее виды и их применимость. Также приведено сравнение некоторых видов припоев. Дана оценка перспектив разработки припоев на примере перспективного композиционного припоя в виде фольги.*

***Ключевые слова:** пайка, припой, флюс, паяльная паста, фольгообразный припой.*

Припои играют важную роль в процессе пайки. К ним предъявляются довольно жесткие требования, такие как высокая механическая прочность в любых температурных интервалах, хорошая тепло- и электропроводность, жидкотекучесть при температуре пайки, хорошее смачивание спаиваемых металлов и хорошая адгезия припоя в материалы. Различают

легкоплавкие, мягкие и твердые припои в зависимости от температуры плавления. Также существуют специальные припои. Применяются они достаточно редко, в основном для пайки алюминия и других материалов, не поддающихся традиционной пайке. К **мягким** припоям относятся: оловянно-свинцовые, малооловянистые и безоловянистые, легкоплавкие. **Твердые** припои наиболее применимы к пайке твердосплавного инструмента, так как имеют высокую температуру плавления. К твердым припоям относятся: медные (t° пл. 1083°C), медно-цинковые (t° пл. $845-900^{\circ}\text{C}$), медно-фосфористые (t° пл. $700-830^{\circ}\text{C}$), серебряные (t° пл. $635-870^{\circ}\text{C}$). Серебряный припой является наилучшим выбором. Во-первых, серебро обладает очень хорошей диффузией в спаиваемые поверхности. Во-вторых, серебряные припои являются наилучшими ввиду низкой температуры плавления. Они позволяют не перегревать спаиваемые поверхности.

В последнее время набирают популярность **паяльные пасты**. Паста для пайки – это тягучая смесь, в состав которой входит припой, флюс, растворители и связующие компоненты. Паяльные пасты варьируются по своему составу, поэтому техника пайки и применимость также различаются. Как известно, для обеспечения качественного паяного соединения используются материалы, температура плавления которых намного ниже, чем у спаиваемых материалов. В качестве базовых материалов подбирают сплавы со свинцом, а также оловом либо серебром, однако наибольшую популярность получила бессвинцовая паяльная паста. Флюс выполняет функции обезжиривателя. Еще один полезный компонент в паяльной пасте – клейкий агент, который призван удерживать на месте спаиваемые материалы, предотвратить их смещение. Таким образом, правильно подобранная паяльная паста может эффективно заменить традиционный припой, повысить качество соединения и производительность работы. К основным преимуществам материала относят удобство нанесения, а также чистоту паяемых материалов, которая достигается благодаря точно дозированному нанесению состава. Единственный минус таких паст – это недолгий срок годности, в среднем он не превышает полугода. После этого консистенция пасты начинает разделяться на фазы, и средство становится непригодным для эксплуатации.

Для пайки твердосплавного инструмента все еще активно применяются традиционные припои. Производимые пасты не отвечают требованиям, предъявляемым к качеству и надежности твердосплавного инструмента. Авторами данной статьи предложены два метода повышения надежности паяных соединений.

Первый метод заключается в использовании композиционного фольгообразного припоя. В его состав будет входить цинк, медь, олово, бура и различные активаторы по аналогии с паяльными пастами. Содержание цинка будет фиксировано и составлять не менее 70% от общего состава. Это необходимо для обеспечения протекания электромагнитной индукции при ТВЧ пайке. Припой будет получаться методом порошковой металлургии. Спеченный материал будет выпускаться в виде фольги. Такой вид припоя позволит добиться лучшего распределения по спаиваемым поверхностям, будут исключены зоны, в которых отсутствует припой. Таким образом, качество паяного соединения в твердосплавных инструментах выйдет на новый уровень. Также возрастет производительность труда при производстве инструмента по причине снижения времени сборки инструмента под пайку. Форма выпускаемого припоя будет соответствовать конкретному типоразмеру инструмента.

Второй метод – выпуск специальной паяльной пасты для пайки твердосплавного инструмента. Будет взята форма пасты и проведена работа над ее составом. Будет разработан индивидуальный состав для пайки, отвечающий требованиям к качеству твердосплавного инструмента. По аналогии с предложенным припоем из фольги основу данной пасты будет составлять цинк, а также флюс, клейкий агент. Будет разработана особая упаковка, которая решит проблемы паяльных паст. Во-первых, будет достигнут больший срок годности неиспользуемой пасты. Во-вторых, будет настроена дозировка, в том числе и регулируемая, под определенный размер инструмента и посадочного места под твердосплавную пластину.

Таким образом, предложенные авторами статьи методы модернизации припоев для пайки твердосплавного инструмента позволят поднять производительность при производстве инструмента, а также повысить качество паяного соединения и, как следствие, надежность и долговечность твердосплавного инструмента. Результаты этого исследования предполагают дальнейшие исследования по этому вопросу. Работа может быть интересна тем, кто занимается в области машиностроения, материаловедения и металлургии.

Литература

1. Ключко, Н. А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента / Н. А. Ключко. – М.: Металлургия, 1981. – 200 с.
2. Рекомендации по пайке и термообработке металлорежущего инструмента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kzts.ru/articles/15>.
3. Падерин, В. Пайка твердосплавного дереворежущего инструмента / В. Падерин // ЛесПромИнформ. – 2015. – №5(111).

Лобанов Н. А., Петухова Д. В.

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

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЛОПАСТЕЙ ИНДУКТОРА НА АНТИКАВИТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВНЕШНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

***Аннотация.** В статье рассмотрены возможности влияния количества лопастей индуктора на антикавитационные характеристики и внешние характеристики центробежного насоса.*

***Ключевые слова:** центробежный насос, антикавитационные характеристики, количество лопастей.*

Центробежные насосы имеют широкое применение в нефтехимической и аэрокосмической промышленности, электроэнергетике и других отраслях промышленности. В некоторых случаях эти отрасли промышленности требуют, чтобы центробежные насосы работали на высоких скоростях. Однако эта высокая частота может привести к кавитации и износу насоса. В настоящее время установка индуктора перед главным рабочим колесом рассматривается как эффективный подход к улучшению антикавитационных характеристик насоса. В этом случае количество лопастей индуктора может быть существенно важным фактором в улучшении антикавитационных характеристик центробежного насоса.

В настоящее время тремя наиболее часто используемыми методами расчета двухфазного потока являются метод объема жидкости (VOF), модель смеси и Эйлера модель. Метод VOF обычно используется для расчета движения больших пузырьков в жидкости, струйного течения и переходного переноса между паровой и жидкой фазами. Эйлера модель содержит больше переменных, что затрудняет достижение решения. Она обычно используется для моделирования потока пузырьковой колонны, потока взвешенных частиц и так далее. Модель смеси представляет собой упрощенную многофазную модель, и она может легче применяться. Модель смеси широко применяется для моделирования вращательных машин. Для настоящего исследования мы использовали модель смеси для моделирования кавитационного течения, а расчет проводился на полном прохождении в установившемся режиме. Мы установили две фазы: вода-

жидкость и водяной пар. Уравнение непрерывности массы и уравнение импульса из модели смеси приведены в уравнениях (1) и (2).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \times (\rho u) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u) + \nabla \times (\rho u) = -\nabla P + \nabla \times [(\mu + \mu_t) \nabla u] + \frac{1}{3} \nabla [(\mu + \mu_t) \nabla u]. \quad (2)$$

В которых,

$$\rho = \alpha_w \rho_w + \alpha_v \rho_v, \quad (3)$$

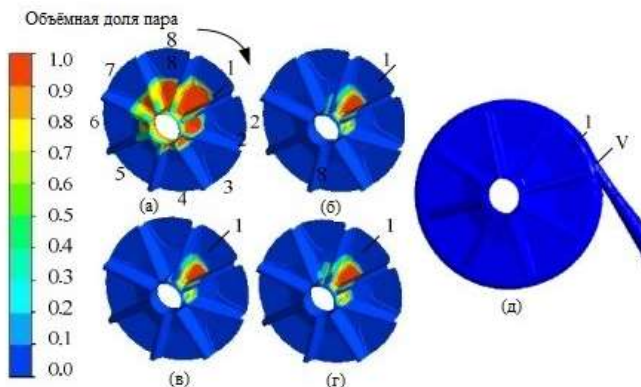
$$u = \frac{\alpha_w \rho_w u_w + \alpha_v \rho_v u_v}{\rho}. \quad (4)$$

Уравнение Рэлея-Плессета приведено в уравнении (5).

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \frac{P_B - p}{\rho t} - \frac{2\sigma}{\rho t R} - 4 \frac{\mu_t}{R} \frac{dR}{dt}. \quad (5)$$

Моделировался вращательный кавитационный поток насоса с использованием 2-, 3- и 4-лопастных индукторов соответственно. Получены распределения объемной доли пара в насосе.

На рис. а показано, что распределение объемной доли пара на рабочем колесе очень концентрированное и большое в случае насоса без индуктора. В каждом проходе много пузырьков, и эти пузырьки покрывают три четверти площади рабочего колеса. То есть наблюдаемая кавитация, показанная на рис. а, чрезвычайно сильна. Рис. б-г показывают, что объемная доля пара явно уменьшается, когда насос соединен с индуктором. Пузырьки в основном распределяются по одному из восьми проходов на рис. д, и на всасывающей поверхности имеется больше пузырьков, чем на напорной поверхности лопасти. Когда проход 1 поворачивается в положение V (как показано на рис. д), статическое давление ниже давления насыщения. В этом случае возникает кавитация. По мере того как вращение происходит, проход 1 перемещается в прежнее положение прохода 2. Статическое давление в этом случае увеличивается, и это приводит к уменьшению объемной доли пара. Когда канал 1 вращается дальше в положение канала 3, статическое давление выше давления насыщения. В этом случае кавитации нет. Рис. б-г показывают, что кавитационные зоны на рабочем колесе с 2-, 3- и 4-лопастным индуктором равны 328, 295 и 357 мм², соответственно. Поэтому антикавитационные характеристики высокоскоростного центробежного насоса без индуктора очень плохи, но они будут значительно улучшены путем оснащения его индуктором вверх по течению от крыльчатки. Согласно сравнениям между рис. б-г, индуктор с тремя лопастями имеет наименьшую объемную долю пара.



Распределение объемной доли пара на рабочем колесе:

- а) без индуктора; б) с 2-лопастным индуктором; в) с 3-лопастным индуктором;
г) с 4-лопастным индуктором; д) положение прохода 1

Литература

1. Ломакин, А. А. Центробежные и осевые насосы / А. А. Ломакин. – М.-Л.: Машиностроение, 1966. – 364 с.
2. Справочник; под общ. ред. В. А. Зимницкого и В. А. Умова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 334 с.
3. Еникеев, Г. Г. Проектирование лопастных насосов: учебное пособие / Г. Г. Еникеев. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 97 с.

УДК 539.376

Мочалова Д. А.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г., д-т с учен. степ. канд. наук; уч. ст.: канд. физ.-мат. наук

Поволжский государственный технологический университет

МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Представлены основные характеристики магниевых сплавов и перспективы использования магния в автомобилестроении.

Ключевые слова: автомобильная промышленность, магниевые сплавы, преимущества, недостатки.

Насущной задачей современной автомобильной промышленности является повышение эффективности автомобилей, снижение потребления энергии и загрязнения окружающей среды. Одним из возможных путей решения проблемы представляется более широкое использование в автомобилях деталей из магниевых сплавов.

На сегодняшний день магниевые сплавы в автомобилестроении применяются очень ограниченно: диски колес, некоторые детали двигателя. Между тем они имеют существенные преимущества по сравнению с алюминиевыми сплавами или сталью.

Прежде всего, магниевые сплавы являются одними из самых легких конструкционных сплавов. Плотность магния составляет $1,74 \text{ г/см}^3$, в то время как плотность алюминия – $2,7$, а стали – $7,8 \text{ г/см}^3$, поэтому замена стальных или алюминиевых деталей магниевыми позволит существенно снизить массу автомобиля, а, значит, и расход топлива: известно, что снижение веса на 10% обеспечивает уменьшение расхода топлива на $5,5 \%$.

Магниевые сплавы отличаются высокой удельной прочностью, хорошими демпфирующими свойствами, способностью воспринимать ударные нагрузки, хорошо сопротивляются усталости.

Сплавы на основе магния прекрасно обрабатываются резанием, имеют хорошие литейные свойства. Немаловажно и то, что магний является довольно распространенным металлом. Он занимает 8-е место по распространенности в земной коре среди химических элементов (6-е место среди металлов). Все это обеспечивает хорошие перспективы по увеличению использования магния в разных областях техники, в том числе в автомобилестроении.

В то же время существуют факторы, сдерживающие этот процесс. Прежде всего, надо отметить высокую химическую активность и, как следствие, низкую коррозионную стойкость магниевых сплавов. Особенно быстро разрушаются детали из магниевых сплавов в зимний период, в условиях резких перепадов температур, повышенной влажности воздуха, присутствия соли и различных реагентов на дорогах. Эту проблему можно решить, например, нанесением на поверхность магниевых изделий различных защитных покрытий.

Химическая активность магния осложняет и процесс литья, который чаще всего используется сегодня для производства автомобильных деталей из магниевых сплавов. Магниевые сплавы склонны к газонасыщению, окислению, самовоспламенению, поэтому их плавку и разливку приходится вести под специальными флюсами.

Преимуществом литья является значительная экономия металла, однако из-за грубозернистой структуры литейные сплавы имеют пониженные механические свойства, особенно пластичность. Эта проблема может решаться путем легирования. Хорошим сочетанием литейных и механических свойств обладают сплавы МЛ5, МЛ6, легированные алюминием. Дополнительному увеличению свойств способствует введение небольших добавок цинка, циркония, кадмия, редкоземельных металлов. Повышение свойств может достигаться также модифицированием сплавов. Задача дальнейшего совершенствования процесса литья, повышения физико-механических свойств магниевых сплавов, разработки новых их составов остается по-прежнему актуальной.

Сдерживает широкое использование магния и его относительно высокая стоимость: он приблизительно в 8 раз дороже железа, на 30-35 % дороже алюминия.

Таким образом, магниевые сплавы имеют большой потенциал использования в автомобилестроении, но в то же время и ряд проблем, требующих дальнейших исследований в части совершенствования процессов формования магниевых сплавов, создания новых составов с повышенным уровнем эксплуатационных характеристик, коррозионной стойкости. Они также должны включать решение вопроса высокоскоростной обработки, повышения качества литья, снижения стоимости магниевых сплавов.

Решение этих вопросов будет способствовать увеличению доли сплавов на основе магния в конструкции автомобиля и позволит автомобильной промышленности производить более легкие, экологически чистые и дешевые автомобили.

Литература

1. Беляев, А. И. Металлургия легких металлов / А. И. Беляев. – М.: Металлургия, 1970. – 367 с.
2. Липницкий, А. М. Технология цветного литья / А. М. Липницкий, И. В. Морозов. – Л.: Машгиз, 1986. – 224 с.
3. Стефанюк, С. Л. Металлургия магния и других легких металлов / С. Л. Стефанюк. – М.: Металлургия, 1985. – 200 с.

Патерюхин И. С.

Научный руководитель: Крысь Н. А., доцент, PhD;

Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПОКРЫТИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Аннотация. Данная публикация посвящена методике нанесения покрытий из различных материалов на твердосплавные режущие инструменты методом электроискрового легирования, также рассмотрен опыт применения данного метода на практике. Изучено формирование поверхностного слоя, его структура, проведены испытания резанием. Установлено, что покрытия из никеля и алюминия более стойкие по сравнению с покрытиями из меди и цинка.

Ключевые слова: покрытия, твердый сплав, режущие инструменты, износ, электроискровое легирование.

Методика и материалы

В качестве основы для нанесения покрытий использовались твердые сплавы аналог Т9К7(WC – TiC – Co) в виде сменных многогранных пластин для токарных резцов.

В качестве материалов легирующих электродов использовались медь (М0Б), никель (Ni), цинк (Zn), алюминий (Al).

Покрытия наносились на установке «Элитрон 14», применялись электрические режимы низкой мощности для обработки каждого материала покрытия. Режимы подобраны исходя из условий стабильности процесса переноса материала и минимального теплового воздействия на основу, также данные режимы способствуют получению более твердых покрытий с минимальной высотой неровностей профиля.

Площадь сечения электрода выбиралась в зависимости от применяемого электрического режима. Для данных режимов использовались электроды сечением 3-8 мм².

Удельное время обработки выбиралось из условия получения покрытия без пропусков, т. е. участков поверхности с исходным рельефом, и с требуемыми качественными характеристиками [1].

Визуальный анализ нанесенного покрытия производился с помощью цифрового микроскопа Микрон-500.

Испытания работы пластин с покрытием производились на станке с ЧПУ HAAS ST-10, обрабатывалась нержавеющая сталь AISI 304, производилось наружное точение. В ходе испытаний фиксировались нагрузка на инструмент и мощность резания для каждого образца.

Результаты и обсуждение

Для всех образцов удалось нанести сплошное покрытие с высокой степенью адгезии к основе.

Покрyтия представляют собой шероховатую поверхность в виде кратеров и бугорков (рисунок). В дальнейшем целесообразно использовать методы последующей обработки с целью выравнивания поверхности, например, оплавление, шлифовка, обкатка, выравнивание [2].



Поверхность пластин с покрытием

Испытания резанием показали примерно идентичные значения нагрузки на инструмент и мощности как для пластин с покрытиями, так и для пластин без ЭИЛ.

Пластина с медным покрытием довольно быстро вышла из строя, вероятно, из-за нарушения методики нанесения покрытия, а именно чрезмерного воздействия на острие режущей кромки, что способствовало ее притуплению и, как следствие, образованию проточин.

После испытаний резанием пластины были исследованы под микроскопом, покрытие из меди и цинка в зоне резания, а именно в зоне трения стружки о пластину, практически отсутствует, но виден диффузионный слой.

Покрытия из никеля и алюминия сохранились в большей степени, что говорит о их большей износостойкости.

Для обеспечения несущей способности РИ и стойкости к ударным нагрузкам необходимо применять покрытия с определённой слоистой градиентной или матричной структурой, путём чередования твёрдой и мягкой составляющих [4]. Это говорит о необходимости сочетания покрытий из различных материалов для обеспечения функциональной структуры поверхностных слоев.

Выводы

Покрытия, выполненные методом электроискрового легирования, довольно просты в применении, на основу они наносятся с высокой степенью адгезии и возможностью нанесения сплошных поверхностей без разрывов.

Для снижения шероховатости целесообразно применять методы последующей доводки поверхностей.

Особое внимание при создании покрытий необходимо уделить на сохранение остроты режущей кромки пластин.

На основании испытаний наиболее лучшим образом показали себя покрытия из никеля и алюминия. В дальнейшем наиболее перспективным направлением является применение сочетания нескольких слоев покрытий из разных материалов.

Литература

1. Паспорт АИИЗ.299.282 ПС УСТАНОВКА ЭЛИТРОН-22А.
2. Иванов, В. И. Об электроискровом способе нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности / В. И. Иванов, Ф. Х. Бурумкулов // Электронная обработка материалов. – 2014. – № 5. – С. 7-12.
3. Астапов, И. А. Формирование поверхностного слоя при электроискровом легировании вольфрамсодержащих твердых сплавов: автореферат дисс... / И. А. Астапов. – Хабаровск, 2009. – 15 с.
4. Электроискровое упрочнение твёрдосплавного режущего инструмента алюминием и композиционной керамикой на основе ZrB₂ / А. Д. Верхотуров, Л. А. Коневцов, И. А. Подчерняева и др. // Перспективные материалы. – 2007. – №3. – С. 72-80.

Петухова Д. В., Алексанов С. О., Виноградов Д. В.
Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

***Аннотация.** В статье рассмотрена проблема качества продукции, способы повышения точности измерений.*

***Ключевые слова:** статическая обработка, метрологическое обеспечение, средства измерений, виды погрешностей.*

Проведя анализ деятельности современных предприятий, можно говорить о том, что деятельность метрологической службы в них практически не развита или полностью отсутствует.

Как правило, по мнению руководства предприятия, метрологическая служба не всегда гарант качества выпускаемой предприятием продукции. В связи с этим, наиболее актуальным вопросом в настоящее время является усовершенствование метрологических средств измерений и внедрение их в промышленность для увеличения конкурентоспособности продукции.

Для совершенствования обеспечения предприятия метрологическими средствами измерений, необходимыми для производства той или иной продукции, необходимо активно развивать область мониторинга и анализа измерительных потребностей и возможностей.

Именно точность измерений, а также достоверность научных результатов имеет большое значение как в инженерной, так и научной деятельности.

На практике существует несколько способов повышения точности измерений: увеличение точности средств измерения, совершенствование методов измерений, и, если это возможно, увеличение числа повторных измерений.

Для оценки точности измерений используют понятие погрешности, вычисляемое как разность измеренного значения величины и величины, полученной экспериментальным способом.

После исключения результатов с грубыми погрешностями и внесения поправок на систематическую погрешность проводят математико-статистическую обработку исправленных результатов измерений.

Для расчета среднеквадратичного отклонения среднего арифметического значения может быть так же использована формула Питерса (1).

$$S_{\bar{x}} = \frac{5}{4} \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n(n-1)^{1/2}}, \quad (1)$$

где Δx_i – отклонения отдельных, полученных при измерениях значений от среднего арифметического.

При $n < 4$ для оценки $S_{\bar{x}}$ используют приближенную формулу (2).

$$S_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i|. \quad (2)$$

Если количество измерений достаточно большое (не менее 40-50), то требуется систематизация исходных данных и разделение вариационного ряда на интервалы.

$$S^* = \sqrt{\sum_{i=1}^k p_i (\bar{x}_{io} - \bar{X}_{ц.р.})^2},$$

где p_i – статическая вероятность попадания i -го результата в данный интервал, $\bar{x}_{io}$ – значение измеряемой величины в середине k -ого интервала.

Литература

1. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений: учебное пособие / Л. Н. Третьяк. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

УДК 669-1

Пидалин С. А., Градобаев Р. А.

Научный руководитель: Алибекова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СТАЛИ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются свойства стали под действием термической и механической обработки.

Ключевые слова: литье, прокатка, ковка, волокнистая структура, анизотропия, дислокация.

Цель работы: изучить свойства стали под действием температурной и механической обработки.

Основные способы производства компактных металлических деталей – это литье, прокатка и штамповка (ковка).

Свойства металлов (сплавов) могут изменяться под воздействием термической, термомеханической или химико-термической обработки.

В процессековки металл подвергается механической, а также температурной обработке, за счет чего снимаются внутренние напряжения, получается более однородная равномерная структура. Чем крупнее отливка, тем выше ликвация, поэтому степень деформации должна быть наибольшей. При поковке, меняя направление воздействия сил, можно добиться высокой степени деформации без существенного уменьшения поперечного сечения.

При обработке давлением изменяется форма первичных кристаллитов. Зёрна вытягиваются вдоль направления деформационного воздействия: прокатки,ковки, волочения и др. видов обработки, формируя характерную текстуру – волокнистое строение. Необходимо учитывать, что анизотропия свойств деформированного металла после термообработки сохраняется.

В холоднодеформированном металле подобная волокнистая структура сохраняется естественным образом.

После горячего деформирования зёрна металла в ходе рекристаллизации приобретают равноосную форму, однако волокнистая текстура стали, обусловленная предшествующей деформацией, всё равно выявляется после травления.

Причиной возникновения «стальных волокон» в горячем прокате являются неметаллические включения: сульфиды и фосфиды железа и марганца. Неметаллические включения кристаллизуются в последнюю очередь, поэтому они располагаются по границам металлических зёрен. Если металлургическое качество соответствует высококачественной (особовысококачественной) стали, то травлением волокнистое строение не проявляется.

Для деформированной стали независимо от условий деформирования (прокат, поковка) анизотропия свойств проявляется в том, что прочность стали вдоль проката существенно выше, чем поперёк. Значит, если неметаллические включения, играющие роль острых концентраторов напряжений, будут ориентированы по отношению к растягивающим напряжениям под некоторым поперечным углом, то прочность такой заготовки будет низкая. Концентрация напряжений будет минимальная, а прочность будет максимальной, при условии, что растягивающие нагрузки преимущественно будут ориентированы вдоль волокнистой текстуры [1].

Если эпюра действующих напряжений более сложная, то используя свободную ковку необходимо добиться такого расположения волокон, чтобы взаимная ориентация волокон и напряжений совпадала.

Большое число деталей делается ковкой и штамповкой, например, детали кривошипно-шатунного механизма, валы, оси, колеса и др.

Современные литейные детали в ряде случаев не уступают по качеству термомеханической обработанной стали. Их используют как после термообработки, так и без нее. Существует большая группа металлов, специально разработанных для изготовления литых деталей, например, стали Гадфильда, литейные стали, силумины и другие сплавы.

Как говорил Чернов Д. К., прокат и ковку будут использовать до тех пор, пока не будет найден способ литья без усадки. Воздействие давлением необходимо, главным образом, для устранения усадочной пористости. Измельчить зерна в стали и провести гомогенизацию её структуры можно, не прибегая к горячей деформации.

Однако только при высокотемпературной термомеханической обработке происходит более интенсивное измельчение зерна, поскольку процессы рекристаллизации и перекристаллизации происходят одновременно многочисленное число раз.

Вопрос, как влияет обработка давлением на прочностные показатели металла, поднимался еще Д. К. Черновым (1839-1921), признанным основателем металлографии и автором знаменитой диаграммы «Железо-углерод», на основе которой развивалось металловедение и промышленное производство металлов и сплавов.

В 1868 году Д. К. Чернов выступил на заседании «Императорского Русского технического общества» с положениями, что ковка только изменяет форму куска стали, и многократно прокованный кусок стали не будет плотнее (прочнее), поскольку следующий нагрев полностью уничтожает действие предыдущейковки. Он утверждал, что ковка улучшает структуру, стали не более, чем фрезер, т. е. ковка только меняет форму. Более того, ковка может разрушать сталь. Структуру стали может улучшить только термообработка. Согласно Чернову Д. К., молот, токарный и фрезерный станок служат только для придания формы, а термообработка – для придания нужной структуры.

Таким образом, за 150 лет было доказано, что обработка металлов давлением приводит не только к формообразованию, но и служит увеличению прочностных свойств. В настоящее время появился механизм для оценки взаимосвязи разномасштабных структур. Изменяя совершенство кристаллической решетки, создают именно дефекты (главным образом дислокации). Поэтому и существует значительная разница в прочностных свойствах горячего и холодного проката [2].

Литература

1. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений / Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
2. Гуляев, А. П. Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

УДК 621.9

Прохоренко В. Л.

Научный руководитель: Захаров Л. А., канд. техн. наук
Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА ПОДАЧИ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНКА

***Аннотация.** Представлены результаты работы по проектированию приводов подачи специального станка согласно заданию кейса от предприятия ООО «Жуковский веломотозавод».*

***Ключевые слова:** разработка конструкции, привод подачи, специальный станок, анализ, обоснование, проектирование, комплектующие.*

На предприятии ООО «Жуковский веломотозавод» изготавливают велосипеды различных конструкций и исполнений. У всех велосипедов имеется рулевой механизм, который является достаточно ответственным узлом. К его конструкции предъявляют ряд требований по обеспечению точности, плавности и легкости вращения, устойчивости к нагрузкам и долговечности. Составной частью рулевого механизма является головная труба. Соединение головной трубы с рамой обеспечивается с помощью сварки.

В настоящее время на заводе после сваривания с рамой производится обработка внутренних поверхностей головной трубы на специальном китайском станке. Установка и закрепления сварной рамы происходит вручную, что не позволяет автоматизировать производство, а в случае брака на утилизацию идёт вся рама.

Согласно заданию кейса, представленном на платформе «Профстажировки 2.0», необходимо спроектировать станок для обработки головной трубы отдельно от рамы. Это позволит автоматизировать процесс и повысить производительность, а также снизить трудоемкость и затраты на производимую продукцию.

Для обеспечения движения подачи при формообразовании на станке необходимо использовать привод подачи. Одним из требований заказчика является обеспечение одновременной двухсторонней обработки детали. Исходя из этого, на станке необходимо иметь два привода продольной подачи. Приводы должны быть одинаковы по конструкции, но отличаться местом их расположения в станке относительно заготовки, один – с левой стороны от заготовки (привод подачи левый), а другой – с правой стороны (привод подачи правый).

Целью работы является разработка конструкций приводов подач специального станка для развертывания головной трубы велосипеда отделив от рамы согласно требованиям заказчика.

Предварительно был проведен анализ обрабатываемого изделия, исходного оборудования и существующих аналогов. Это позволило наметить пути решения поставленной цели.

Выполнено обоснование и определены основные скоростные и силовые характеристики проектируемых приводов подач для обработки заготовок из разных материалов. Так, для стали 10 необходимо обеспечить скорость рабочей подачи $V_S=154$ мм/мин, а для алюминиевого сплава – $V_S=334$ мм/мин.

С учетом современных тенденций в развитии станочного оборудования, а также функционального назначения станка было принято решение по использованию электромеханического следящего привода со структурой безредукторного типа. Затем разработана кинематическая схема, которая позже была уточнена с учетом рассчитанных параметров и принятых комплектующих, рис. 1. Привод подачи содержит регулируемый серводвигатель (М) со встроенным измерительным преобразователем (ИП), компенсирующую муфту, тяговое устройство и исполнительный орган (ИО) – салазки.

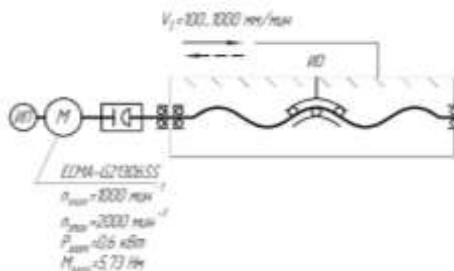


Рис. 1. Кинематическая схема проектируемого привода подачи

На основании выполненных расчетов для проектируемых приводов определены основные размеры элементов и выбраны современные комплектующие. В качестве источника движения принят сервопривод серии ASD-B2 компании «Delta Electronics», содержащий частотно-регулируемый синхронный серводвигатель модели ECMA-G21306SS и сервопреобразователь модели ASD-B2-0721. От компании «HIWIN TECHNOLOGIES» в качестве тягового устройства выбрана шарико-винтовая передача (ШВП) модели 1R16-5B2-PFSW-150-200-0.008-M с созданным предварительным натягом, а также выбраны шариковые направляющие качения рельсового типа модели HGR25R2500H с четырьмя каретками HGH25CAZH+ZZ/E2.

Для проектируемых приводов была разработана конструкторская документация в виде сборочных чертежей. Основные элементы привода подачи левого представлены на конструктивной схеме, рис. 2. От серводвигателя (1) через муфту (2) движение передается на ходовой винт ШВП (3), с гайкой которой соединены салазки (4). Салазки установлены на каретках (5), которые передвигаются по направляющим качения (6). Направляющие закреплены на проставках (7). Весь привод закреплен на опорной плите (поз. 8). Ответственные элементы привода защищены от технических загрязнений гофрозащитой (9). Управление сервоприводами должно выполняться от программируемого логического контроллера.

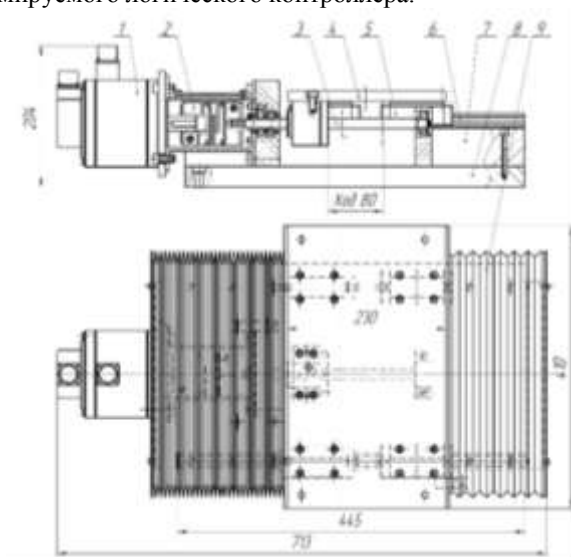


Рис. 2. Конструктивная схема привода подачи левого (на главном виде гофрозащита условно не показана)

Разработанное конструктивное решение позволит обеспечить требуемую точность перемещения исполнительного органа и высокую производительность с возможностью регулирования скорости подачи при обработке изделий из разных материалов, что отвечает требованиям заказчика.

УДК 621.9

Рассадина М. И.

Научный руководитель: Захаров Л. А., канд. техн. наук
Брянский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ГОЛОВНОЙ ТРУБЫ ВЕЛОСИПЕДА

***Аннотация.** Представлены результаты проектно-конструкторской работы по проектированию приводов главного движения специального станка согласно требованиям кейса от предприятия ООО «Жуковский веломотозавод».*

***Ключевые слова:** проектирование, специальный станок, привод главного движения, шпиндель.*

Каждый велосипед включает в свою конструкцию рулевой механизм, являющийся ответственным узлом велосипеда. Составным элементом рулевого узла является головная труба, через которую осуществляют управление движением велосипеда.

В настоящее время на предприятии ООО «Жуковский веломотозавод» производят обработку головной трубы, уже приваренной к раме велосипеда на специальном китайском станке. Загрузка и выгрузка заготовок происходит вручную и требует постоянного участия оператора, что снижает производительность оборудования. В случае возникновения брака утилизировать приходится всю раму вместе с приваренной головной трубой. Кроме того, при работе станка часто возникают неполадки, требующие дополнительных трудовых и материальных затрат на его наладку, обслуживание и ремонт. Это вызывает потери времени и дополнительные материальные затраты, что в конечном итоге ведёт к увеличению себестоимости производимой продукции.

На предприятии предложен новый подход по обработке детали «Труба головная» отдельно от рамы, что может значительно повысить

производительность и снизить затраты на производимую продукцию. Исходя из этого, предприятию необходимо обновить используемое оборудование.

В рамках задания кейса, взятого с платформы «Профстажировки 2.0», необходимо разработать специальный станок для развертывания головной трубы велосипеда. Для разрабатываемого станка проектируемый привод главного движения является наиболее ответственным узлом. В связи с тем, что в станке должна производиться обработка заготовки одновременно с двух сторон, то и приводов главного движения должно быть два. Приводы должны быть аналогичны по структуре, но отличаться местом их расположения в станке относительно заготовки, один – с левой стороны от заготовки (привод левый), а другой – с правой стороны (привод правый).

Целью работы является разработка конструкций приводов главного движения специального станка для развертывания головной трубы велосипеда отдельно от рамы согласно требованиям заказчика.

На первом этапе был проведен анализ обрабатываемого изделия, а также базового и существующего оборудования.

На втором этапе выполнено обоснование, позволившее определить основные скоростные и силовые характеристики проектируемых приводов для обработки изделий из разных материалов (стали 10 и алюминиевых сплавов).

На третьем этапе для проектируемых приводов была разработана кинематическая схема безредукторного типа с горизонтальной осью вращения шпинделя. В структуру привода входят: приводной электродвигатель (М), ременная передача и шпиндель, расположенный в шпиндельной бабке, рис. 1.

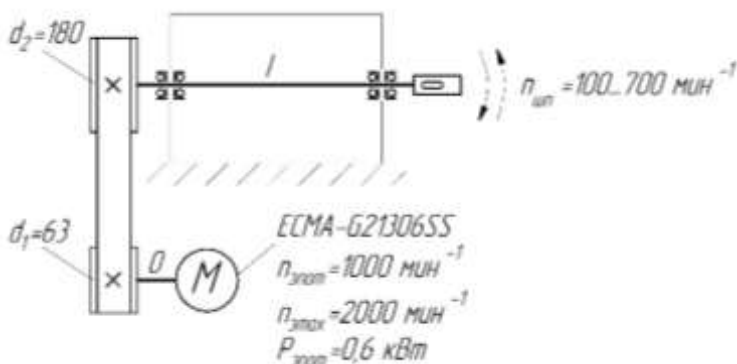


Рис. 1. Кинематическая схема приводов главного движения

На основе выполненных проектировочных и проверочных расчетов были определены основные размеры элементов конструкции приводов и выбраны необходимые комплектующие. Так, по рассчитанным значениям мощности, крутящему моменту и частоте вращения были выбраны два комплектных сервопривода переменного тока серии ASD-B2 компании «Delta Electronics». Сервопривод содержит регулируемый синхронный электродвигатель модели ECMA-G21306SS мощностью 600 Вт и частотный преобразователь ASD-B2-0721.

Для спроектированного шпинделя принят передний конец в виде конуса Морзе № 3. Для крепления оправки с инструментом необходимо использовать штремель.

На четвертом этапе на основе выполненных расчетов и выбранных комплектующих была разработана конструкторская документация в виде сборочных чертежей. Конструктивная схема одного из спроектированных приводов главного движения (левого) представлена на рис. 2. Движение от приводного электродвигателя 2 через клиноременную передачу 4 передается на шпиндель 5, который размещен в шпиндельной бабке 6.

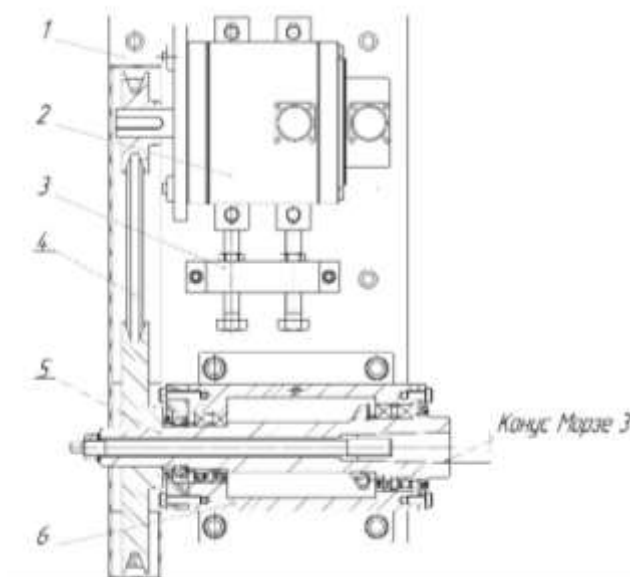


Рис. 2. Конструктивная схема привода главного движения левого (вид сверху):
 1 – опорная плита; 2 – приводной электродвигатель; 3 – устройство натяжения
 ременной передачи; 4 – клиноременная передача; 5 – шпиндель;
 6 – шпиндельная бабка

Спроектированный привод имеет бесступенчатое регулирование скорости, что необходимо для обработки заготовок из разных материалов. Разработанные конструкции приводов главного движения позволят обеспечить ряд технико-экономических показателей, таких как производительность, точность, надежность, эффективность и других, предъявляемых к аналогичным узлам современного автоматизированного технологического оборудования.

УДК 669-1

Светлаков Д. Г., Градобаев Р. А.

Научные руководитель: Алибекова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БЕЛОЙ ЖЕСТИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РУЛОНОВ

***Аннотация.** Данная статья посвящена практическому изучению механических свойств белой жести.*

***Ключевые слова:** белая жесьть, лужение, механические свойства, консервная банка, предел прочности, твердости.*

Цель работы: изучить механические свойства белой жести.

Белая жесьть – это тонколистовая углеродистая сталь, покрытая слоем олова. Олово – серебристо-белый металл, при высокой чистоте является экологически безопасным, химически устойчивым. При производстве белой жести используют горячекатаную или холоднокатаную низкоуглеродистую сталь (например, марок 08 кп, 08Ю, 10), раскисленных алюминием или кремнием, толщиной 0,18-0,36 мм.

Олово наносят горячим или электролитическим *лужением*. На стальной лист горячим *лужением* из расплава наносят слой олова толщиной 1,6-2,5 мкм. В настоящее время применяют в основном метод электролитического *лужения*, как наиболее производительный и экономный способ, позволяющий получить более тонкое прочное и равномерное покрытие, толщиной 0,34–1,56 мкм. Электролитическое оловянное покрытие на *белой жести* всегда пористо, что связано с особенностями проведения гальванических процессов. Чем тоньше слой олова, тем больше при прочих равных условиях пористость покрытия. Поэтому жесьть электролитического лужения для защиты от коррозии обрабатывают безвредными и

химически стойкими полимерными материалами, чаще всего эпоксидными лаками или эмалями в два слоя [1].

Основное количество *белой жести* нашло применение для производства упаковки продукции длительного хранения. *Консервные банки* из жести – это дешевые химически стойкие изделия, содержащие технологичные сталь и олово, имеющие малый вес, приемлемую *прочность* и возможность обеспечения герметичности.

Согласно требованиям ГОСТ 5981-2011, консервная жесьть, применяемая для изготовления банок и крышек к ним, должна обладать физико-механическими свойствами, обеспечивающими устойчивость к воздействию технологических процессов изготовления, консервного производства, транспортирования, хранения и использования.

Целью исследования являлось определение химического состава и механических свойств образцов из трех листов рулонной жести, предназначенных для изготовления консервных банок.

Исследования включали проведение химического анализа, металлографические исследования, определение механических свойств, определение толщины пластин жести.

Химический анализ основного металла – углеродистой стали показал соответствие маркам: сталь 10кп по ГОСТ 1050; сталь 08Ю по ГОСТ 9045; сталь 08кп по ГОСТ 1050; сталь 05кп по ГОСТ 1050. Химический состав марок этих сталей очень близкий и однозначно определить марку по составу не представляется возможным [2].

№ образцов и марок сталей по ГОСТ	Химический состав, %				
	C	Cr	Mn	Si	Al
1	0,080	0,03	0,31	0,01	0,04
2	0,032	0,03	0,23	0,008	0,065
3	0,036	0,03	0,23	0,007	0,06
Сталь 08Ю ГОСТ 9045-93	Не более 0,07 (допускается 0,08)	-	Не более 0,35	Не более 0,03	0,02-0,07
Сталь 08пс ГОСТ 9045-93	Не более 0,09	-	Не более 0,45	Не более 0,04	0,02-0,07
Сталь 08кп ГОСТ 9045-93	Не более 0,10	-	Не более 0,40	Не более 0,03	0,02-0,07
Сталь 05кп ГОСТ 1050-2013	Не более 0,06	Не более 0,1	Не более 0,40	Не более 0,03	Не менее 0,02
Сталь 08кп ГОСТ 1050-2013	0,05-0,12	Не более 0,1	0,25-0,50	Не более 0,03	Не менее 0,02
Сталь 10кп ГОСТ 1050-2013	0,07-0,14	Не более 0,15	0,25-0,50	Не более 0,07	Не менее 0,02

Металлографические исследования, проведенные при 200^x-кратном увеличении, показали, что структура *луженного* покрытия анизотропная, что возможно только при нанесении оловянного покрытия гальваническим путем на непрерывных линиях автоматов. При определении толщины оловянного покрытия видно, что разброс толщины незначительный, что также характерно только для гальванического процесса. На различных листах жести выявленный размер зерен олова различный, с ростом плотности тока при гальваническом осаждении зерно покрытия (осадка) измельчается. Пластины с мелким зерном были получены при повышенной плотности тока, у них ниже прочностные свойства стальной основы, ниже предел прочности и твердость. Пониженная прочность стальной основы может быть также связана с отсутствием дрессировки стального листа, или меньшей степенью деформации листа при прокатке, режимом отжига листовой стали [3].

Механические свойства включали определение предела прочности стали и твердости. На разрывной машине определенный предел прочности стали составил $\sigma_b = 380 - 420$ МПа (38-42 кгс/мм²). Данный предел прочности может быть соотнесен к стали марки 08Ю, однако прочностные свойства листовой стали определяются видом термообработки и могут меняться. Твердость по Супер-Роквеллу HR 30Т с применением алмазного столика составила на всех пластинах 57 ± 3 , что соответствует требованиям степени твердости А2 по ГОСТ 13345-85.

Толщину жести измеряли на ультразвуковом приборе ТТ100. Толщина жести на всех пластинах составила $0,20 \pm 0,01$ мм, что соответствует требованиям ГОСТ 13345-85 «Жесть. Технические условия».

Проведенные исследования показали, что физико-химические свойства жести из трех листов соответствуют требованиям нормативных документов. Различия заключаются в химическом составе низкоуглеродистой стали и режимах получения электролитического олова.

Вывод

Были определены составы и свойства белой жести. Показано, что образцы из всех исследованных рулонов белой жести соответствуют требованиям нормативных документов. Белая жесть прочная и устойчивая, технологичная, и применяется в промышленности, в основном, для изготовления консервных банок.

Литература

1. <https://ru.wikipedia.org>.
2. <https://xlom.ru/spravochnik/belaya-zhest-ili-luzhenaya-stal-primenenie>.
3. <https://docs.cntd.ru/document>.

Смирнова А. А.

Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г., д-т с учен. степ.
канд. наук; уч. ст.: канд. физ.-мат. наук.

Поволжский государственный технологический университет

ГРАФЕН – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО

Аннотация. *Рассматриваются структура, свойства, способы получения и возможные области применения графена.*

Ключевые слова: *графен, атомная плоскость графита, химическое парофазное осаждение.*

Графен – один из многочисленных представителей огромного семейства углеродных материалов, отличающийся уникальным комплексом свойств.

Выбранная тема очень актуальна, так как научный и практический интерес человечества все больше направлен на создание новых технологий, возможностей, обеспечивающих улучшение условий жизни человека в мире электроники и новых материалов. Несомненно, эта тема затронет каждого, поскольку необычные свойства графена открывают перспективы его использования в самых разных областях.

Графен представляет собой отдельную атомную плоскость графита, двумерный кристалл с гексагональной структурой. Несмотря на то, что теоретически уникальные свойства такой модификации углерода были изучены ещё в 30–40 годах прошлого века, практически проблема ее получения была решена только в 2004 году физиками из Манчестерского университета во главе с А Геймом. Двумерные слои получили из монокристалла графита путем механического скалывания.

Известно, что графен обладает уникальным комплексом электрофизических, тепловых, оптических и механических свойств:

- огромной теплопроводностью;
- просто запредельной механической прочностью;
- гибкостью;
- высокой электропроводностью;
- непроницаемостью для большинства жидкостей и газов;
- прозрачностью.

Следует заметить, что углеродная пластина, состоящая из графена, – самый тонкий и прочный из известных материалов, который пропускает электричество (более чем в 300 раз прочнее стали).

На сегодняшний день химики, физики, а также инженеры-электронщики уже заинтересовались уникальными возможностями графена. Графен и его применение потенциально рассматриваются в производстве легковесных спутников и самолетов. Использование графена предполагается для изготовления прозрачного токопроводящего покрытия, необходимого для мониторов, солнечных батарей и более крепких и устойчивых к механическим воздействиям ветряных двигателей.

В 2006 году на основе графена был сконструирован первый полевой транзистор, в котором подвижность электронов на порядок выше, чем в современных кремниевых транзисторах.

Графен постоянно находится в центре внимания исследователей. Это идеальный наноразмерный кристалл для создания микро- и наномеханических систем и не только. Существующие разработки предполагают целый ряд возможных применений графена: от газовых сенсоров, электронных линз, оптоэлектроники до наполнителей пластмасс. Область применения, конечно же, намного шире, чем сейчас об этом известно, однако, не стоит забывать, что графен пока еще рано называть материалом; так как вопрос о том, как сделать из чешуек однослойного графена материал, который не утратит свои физические и химические свойства, остается открытым.

Сложность производства и высокая цена – это главные и, скорее всего, единственные недостатки графена. Основными способами получения графена считаются:

- механическая эксфолиация;
- эпитаксиальный рост в вакууме;
- химическое парофазное осаждение (CVD-процесс).

В качестве наиболее надежного и простого способа массового производства графена рассматривается CVD-процесс.

На сегодняшний день самая масштабная компания, изготавливающая наноматериал, находится в Китае, в основном, графен используют для производства прозрачных плёнок, вставляемых в сенсорные дисплеи.

Таким образом, можно уверенно сказать, что графен – материал будущего т. к. его открытие в корне меняет представление о материалах и об их возможностях. Он рассматривается в качестве материала, который изменит авиационное, технологическое освоение космоса, вооружение и военную технику, а также энергетическую отрасль. Все это – лишь вопрос времени. Адепты технического прогресса обещают нам новый дивный «графеновый» мир, в котором мы окажемся буквально завтра.

Литература

1. Нанотехнологии. Азбука для всех; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Физматлит, 2010. – 368 с.
2. Введение в нанотехнологию / В. И. Марголин и др. – М.: Лань, 2012. – 464 с.

Тимофеева Е. А., Крашенинникова Н. Г.
Поволжский государственный технологический университет

ПОЛИАМИДЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Рассмотрены виды, свойства и области применения полиамидов.

Ключевые слова: *термопластичные полимеры, физико-механические свойства, наполнители, термопластичные эластомеры.*

Полиамиды (ПА) – термопластичные гетероцепные полимеры, для которых характерно наличие в основной цепи макромолекулы регулярно повторяющихся амидных групп $-\text{CO}-\text{NH}-$. Наиболее распространенными полиамидами являются ПА 6 (капрон), ПА 66 (найлон), ПА 610, ПА 12.

По существующим прогнозам, полиамиды в ближайшее время ожидает настоящий бум производства [1], они станут одним из наиболее широко используемых видов пластмасс, что связано с рядом их ценных свойств:

- высокая прочность при ударных нагрузках,
- эластичность (полиамидные волокна и пленки могут растягиваться на 400-600 %),
- низкий коэффициент трения,
- химическая стойкость, хорошая устойчивость к маслам и бензину;
- способность выдерживать циклические нагрузки;
- низкая плотность стабильность свойств в широком диапазоне температур.

По прочности и стойкости к истиранию полиамидные волокна превосходят другие виды синтетических волокон, искусственные и натуральные волокна, хотя в мокром виде их прочность несколько уменьшается.

Полиамиды технологичны, перерабатываются в изделия литьем под давлением, центробежным литьем, прессованием экструзией, легко окрашиваются. Существенно, что полиамиды менее требовательны к соблюдению температурного режима переработки по сравнению с другими группами пластмасс.

К недостаткам полиамидов можно отнести их склонность к водопоглощению и деструкции под действием солнечных лучей и ультрафиолета.

Сегодня полиамиды – одна из самых недорогих и широко используемых пластмасс.

Благодаря хорошим механическим и антифрикционным свойствам они широко используются для изготовления деталей машин и приборов: шестерен зубчатых передач, подшипников скольжения, втулок, поршней, роликов, опор трения, корпусов приборов, успешно заменяя сплавы на основе цветных металлов. Полиамиды применяются также в качестве электроизоляционного материала для деталей электроприборов, розеток, выключателей, рукояток устройств, работающих под напряжением и пр.

Благодаря высокой химической стойкости ПА используются для изготовления тонкостенных трубопроводов, упаковки, для защиты труб и резервуаров. Полиамидные покрытия отличаются механической прочностью и хорошей химической стойкостью.

Одной из основных областей потребления полиамидов является машиностроение, на долю которого приходится около 45 % производимых полиамидов (элементы систем зажигания, термостаты, защитные экраны, корпуса бензиновых и воздушных фильтров, крыльчатки вентиляторов, детали выпускного коллектора, а также различные кнопки и каркасы, ручки дверей, шестерни стеклоподъемников и пр.) [2].

Свойства полиамидов можно повысить за счет введения наполнителей. Для увеличения прочностных характеристик их армируют стекловолокном (армамиды). Наполнители (графит, тальк, дисульфид молибдена, стекловолокно и др.) несколько снижают эластичность материала, но уменьшают водопоглощение, коэффициент трения и термический коэффициент линейного расширения. Изделия из наполненных полиамидов имеют повышенные физико-механические свойства, более стабильные размеры, мало изменяющиеся под воздействием влаги и температуры, что позволяет использовать их для изготовления изделий с жесткими требованиями по размерной точности, предназначенных для работы в широком температурном интервале (от -60 до 120 °C).

Введение графита, талька, дисульфида молибдена улучшает антифрикционные свойства полиамидов: снижает коэффициент трения, повышает износостойкость. Подшипники из полиамидов способны работать без смазки.

Одним из последних достижений является разработка на основе нейлона термопластических эластомерных материалов. Полиамидные эластомеры сочетают усталостную прочность с высокой эластичностью и химической стойкостью. Они хорошо формуются и могут стать прекрасной заменой каучуку.

Дальнейшее улучшение свойств полиамидов может быть связано с созданием на их основе нанокompозитов.

Таким образом, сочетание высокой прочности полиамидов с химической стойкостью, хорошими антифрикционными, электроизоляционными свойствами и технологичностью предопределяет все более широкое их использование в самых разных областях техники.

Литература

1. <https://poliamid.ru/perspektivy--poliamidov.html>.
2. Кацевман, М. Не просто легче – надежнее и прочнее / М. Кацевман // Наука и жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/3342>.

УДК 667.6

Черных Ю. А., Бородина Е. А.

Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. *Лакокрасочные материалы содержат летучие органические соединения (растворители) токсичные и пожароопасные вещества. Исходя из этого, проведен анализ по выявлению наиболее безопасных лакокрасочных материалов.*

Ключевые слова: *лакокрасочные материалы, растворители (летучие органические соединения), лакокрасочные покрытия, безопасность, токсичность, пожароопасность.*

Целью анализа видов лакокрасочных материалов является определение уровня безопасности лакокрасочных материалов по составу. Понятие безопасности лакокрасочных материалов закреплено в ГОСТ 33289-2015 Безопасность лакокрасочных материалов. Безопасность таких материалов должна обеспечиваться на всем жизненном цикле материала: производство, транспортировка, хранение, создание покрытия, эксплуатация, утилизация и ликвидация отходов.

Согласно п. 4.1 ГОСТ 33290-2015 в строительстве применяются следующие материалы: краски, эмали, лаки, шпатлевки и грунтовки. В состав материалов входят связующее вещество, наполнитель, разбавитель или растворитель, пигмент. Все виды лакокрасочных материалов различаются по виду связующего вещества, что и обуславливает специфические свойства.

Основными критериями безопасности приняты: содержание летучего органического соединения (растворителя), содержание вредных веществ, горючесть (температура воспламенения или самовоспламенения).

Основные критерии безопасности

Вид лакокрасочного материала (связующего)	летучее органическое соединение (растворитель)	вредное вещество	горючесть
Краски:			
Краски на основе термореактивных полимеров: эпоксидные, акриловые, полиуретановые	После отвердевания не растворяются ни в каких растворителях, хотя могут набухать в некоторых из них, акриловые разводят водой	Отвердители (изоцианаты, амиды и др.), ускорители и другие агенты отверждения	т. восп.: 260°C до 330°C; т. самовосп. 450°C до 485°C
Вододисперсионные краски	Диметилхлорид, кислота муравьиная, спирт изопропиловый	Винилацетат, пары стирола	т. восп.: 50°C т. самовосп. 594°C
Порошковые краски	Не содержат растворителей	Токсичные наполнители и пигменты	т. восп. 270 до 435°C
Эмали	Толуол, ацетон, бутилацетат, уайт-спирит, скипидар, ксилол, сольвент, керосин	Бензол, пиробензол хлорированные углеводороды, метанол	т. восп.: 261°C т. самовосп. 427°C
Лаки	Толуол, бензол, ацетон, ксилол, бутиловый спирт	Бензол, пиробензол, хлорированные углеводороды, метанол	Лак 44143, т. восп.: 140°C т. самовосп. 306°C
Шпатлевки	Стирол для полиэфирных шпатлевок, смесь из алкидного лака с уайт-спиритом, скипидар, смесь уайт-спирита с сольвентом, толуол, этилцеллозольв	Бензол, пиробензол, хлорированные углеводороды, метанол	Термошпатлёвка т. восп.: 260°C самовосп. 431°C
Грунтовки	Не содержат растворителей	Бензол, пиробензол, хлорированные углеводороды, метанол	т. восп.: не определ. т. самовосп. 440°C

Рассматривая вышеуказанные критерии, можно выделить вододисперсионные и порошковые краски по отсутствию растворителя, вододисперсионные краски, лаки и эмали по более низкой температуре воспламенения.

Для производства лакокрасочных покрытий используют растворители, пары которых опасны для здоровья, а также являются пожаро- и взрывоопасным. К ним относятся: кетоны, простые и сложные эфиры, углеводороды, спирты, галогенсодержащие растворители. Также в работе с лакокрасочными покрытиями для подготовки стен используются шпатлевки, подготовительные покрытия и грунты, для которых содержание растворителей является существенным моментом.

Стоит обратить внимание, на эпоксидные, акриловые и полиуретановые лакокрасочные материалы. Они хороши тем, что обладают наименьшей токсичностью и пожароопасностью.

Преимущества порошковых покрытий перед другими в том, что при их производстве не происходит большого количества выброса летучих веществ. Это указывает на меньшую токсичность и предрасположенность к возгоранию.

Эмали на водной основе менее агрессивны, безопаснее для здоровья человека и окружающей среды. Эмали на основе растворителей требуют более тщательной подготовки поверхности, обладают водонепроницаемостью и могут применяться на открытом пространстве.

Самыми распространенными компонентами растворителей для лака являются ацетон и сложные эфиры. Антикоррозионные покрытия содержат легковоспламеняющиеся лаки и растворители.

В результате увеличения продолжительности измельчения, сокращения содержания растворителя, преобразовании связующего элемента производятся грунтовки и шпатлевки холодной сушки с уменьшенным количеством летучих веществ.

В настоящее время лакокрасочные материалы с минимальным содержанием растворителя являются наиболее перспективным направлением, с точки зрения получения безопасных материалов. По этой причине особо актуальны лакокрасочные материалы на водной основе, порошковые и содержащие минимальное количество органических растворителей. Также очевидна необходимость разработки новых составов лакокрасочных материалов на основе уже существующих. Применение лакокрасочных покрытий требует конкретных решений, направленных на защиту окружающей среды и здоровья людей от воздействия летучих органических соединений и, в частности, замене токсичных растворителей на менее токсичные.

Литература

1. ГОСТ 33289-2015 Безопасность лакокрасочных материалов.
2. ГОСТ 33290-2015 Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве. Общие технические условия.

УДК 621.643

Абдуллин Т. Р.

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

ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАГЛУБЛЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Аннотация.** Рассмотрен вопрос о диагностике заглубленных трубопроводов.*

***Ключевые слова:** вибрационная диагностика, заглубленные трубопроводы.*

Стремительное развитие энергетики России накладывает дополнительные требования к повышению надежности энергетических систем. Одним из важных энергетических объектов является система транспортировки энергоносителей, основным элементом которой являются трубопроводы. Современные технологии позволяют применять трубопроводы, выполненные из различных материалов, но ко всем им предъявляется единое требование – возможность долговременной безотказной эксплуатации.

Известно множество способов технической диагностики трубопроводов, из которых наиболее удобным и достоверным можно назвать вибрационную диагностику – метод диагностики и проверки технического состояния трубопроводов, основанный на анализе параметров вибрации, создаваемой оборудованием во время работы, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной особенностями структуры исследуемого объекта [1].

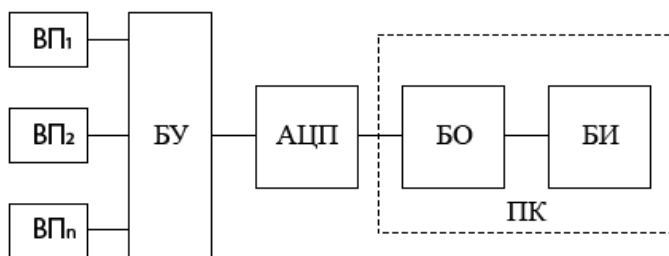
Вибрационная диагностика, как и другие методы диагностики технического оборудования, помогает в поиске неисправностей, оценке состояния оборудования или объекта исследования. Смысл вибрационной диагностики, как правило, в исследовании временного сигнала или спектра вибраций технического оборудования [2].

Под анализом вибрации подразумевается исследование зависимости измеряемых параметров вибрации от частоты, времени и пространственных координат. Анализ временной области, как и спектральный анализ вибрации, является основным инструментом для анализа в вибродиагностике.

Особенности диагностики заглубленных трубопроводов.

На стенках технологических трубопроводов во время эксплуатации со временем образуются отложения, снижающие пропускную способность трубопровода, что повышает давление в системе и повышает аварийность. Для минимизации риска порчи технического оборудования и самих трубопроводов и для локализации проблемных участков проводится техническая диагностика трубопроводов. На данный момент существует множество методов выполнения диагностики без демонтажа и непосредственного вскрытия оборудования.

На рисунке представлена обобщённая структурная схема системы вибродиагностики независимо от методов обработки [3].



Обобщенная структура комплекса вибродиагностического оборудования

В соответствии со схемой, система вибродиагностики может состоять из n -ого количества датчиков – вибропреобразователей (ВП). В структуре датчиков обычно выделяют измерительный преобразователь, непосредственно связанный с измеряемой величиной, т. е. непосредственно воспринимающий энергию измеряемой величины, и называют его первичный измерительный преобразователь или чувствительный элемент.

Чувствительный элемент обеспечивает преобразование измеряемой величины вибрации в информативный сигнал, удобный для последующего использования (передачи, обработки, хранения и т. п.). Чувствительный элемент должен быть инвариантным к неинформативным параметрам и обеспечивать заданную функцию преобразования относительно информативных параметров. Это достигается комбинацией технологических, конструктивных и алгоритмических методов. Чувствительный элемент в значительной степени определяет основные технические характеристики датчика [4].

Сигнал с вибропреобразователей поступает в блок усилителей (БУ), где формируется сигнал достаточной мощности для передачи в аналого-

цифровой преобразователь (АЦП). Далее сигнал поступает в персональный компьютер (ПК), условно разделенный на блок обработки (БО) и блок индикации (БИ). В этой системе наиболее ответственным является блок обработки, в котором заложен алгоритм определения дефекта [5].

Литература

1. Кондратьев, А. Е., Загретдинов, А. Р., Гапоненко, С. О. Способ определения расположения трубопроводов: пат. Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель КГЭУ. – №2482515; опубл. 20.05.2013.
2. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – №2. – С. 55-57.
3. Кондратьев, А. Е., Ваньков, Ю. В., Загретдинов, А. Р. Способ виброакустического контроля изделий и устройство для его осуществления // Патент на изобретение RU 2455636 C1, 10.07.2012. Заявка № 2010147778/28 от 23.11.2010.
4. Загретдинов, А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2597.
5. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев и др. // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38.

УДК 621.311.22

Аверьянова А. А.

Научный руководитель: Абасев Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

***Аннотация.** В статье рассматриваются методы оценки качества и эффективности работы сетевых подогревателей тепловых электрических станций.*

***Ключевые слова:** сетевой подогреватель, температурный напор, недогрев, гидравлическое сопротивление, коэффициент теплопередачи.*

Сетевые подогреватели (СП) предназначены для отпуска тепловой энергии в тепловую сеть для горячего водоснабжения и отопления. Греющей средой в них является отборный пар из турбины, а нагреваемой – обратная сетевая вода от теплового потребителя.

Основной проблемой, которая возникает вследствие неправильной эксплуатации или же из-за недостатков проектирования, является недогрев (температурный напор), превышающий заводские (паспортные) значения. Главными причинами недогрева считают наличие коррозионных отложений на внутренней стороне трубок и наличие воздуха и неконденсирующихся газов в межтрубном пространстве подогревателя. Коррозионные отложения возникают из-за плохого качества сетевой воды, а воздух через неплотности соединений вследствие работы теплообменника с давлением пара ниже атмосферного. Вышеперечисленные проблемы снижают коэффициент теплопередачи от пара к воде, тепловую эффективность СП, экономичность работы турбоустановки и станции в целом. Соответственно, мониторинг качества работы сетевых подогревателей необходим для повышения показателей теплообменника.

Существует несколько методик, по которым можно произвести оценку работы СП. Одна из них прописана в методических указаниях [1]. Для получения фактических значений недогрева, тепловой нагрузки и гидравлического сопротивления проводят тепловые и гидравлические испытания. Далее полученные (фактические) значения сравнивают с расчетными (заводскими). Повышенное значение недогрева и гидравлического сопротивления будут означать наличие отложений (коррозии) на внутренней стороне трубок. А пониженная тепловая нагрузка – о температурном напоре и неудовлетворительной работе системы отсоса неконденсирующихся газов.

В [2] предлагают проводить оценку, базирующуюся на сравнении значений фактического, полученного в результате измерений, и теоретического, полученного расчетным путем для чистой поверхности трубного пучка, температурных напоров. Целью является нахождение степени загрязнения поверхности нагрева, характеризующуюся коэффициентом β . Этот показатель характеризует уменьшение значения фактического коэффициента теплопередачи по сравнению с расчетным для чистой поверхности нагрева и учитывает влияние на фактический коэффициент теплопередачи загрязнения поверхности нагрева отложениями, наличия неконденсирующихся газов в паровом пространстве, несоответствие фактической поверхности нагрева расчетной.

В [3] автор предлагает оценивать качество работы СП по показателю S , равному отношению текущего значения коэффициента теплопередачи и его нормативного значения. Показатель S является универсальным и позволяет сравнивать его значение в данный период и в любой другой момент времени, когда производились измерения параметров.

Таким образом, представленные методы позволяют проводить оценку эффективности работы сетевых подогревателей. Мониторинг качества работы позволит своевременно отреагировать на проблему, тем самым улучшить тепловые показатели СП и, как следствие, повысить экономичность турбоустановки, снизить затраты на собственные нужды.

Литература

1. Методические указания по испытанию сетевых подогревателей. МУ-34-70-001-82. – М.: СПО «Союзтехэнерго», 1982.
2. Методические указания по эксплуатационному контролю за состоянием сетевых подогревателей. МУ-34-70-104-85. – М.: СПО «Союзтехэнерго», 1985.
3. Борисов, Г. М. Диагностика эксплуатационного состояния сетевых подогревателей / Г. М. Борисов // Энергосбережение и водоподготовка. – №4. – 2006. – С. 65-67.

УДК 620.98

Анисимов П. Н.

Поволжский государственный технологический университет

АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ БИОТОПЛИВА

Аннотация. Автономное энергообеспечение объектов лесного комплекса на основе газовых турбин закрытого цикла на древесном топливе способствует полезному использованию порубочных остатков и отходов лесопиления.

Ключевые слова: электроснабжение лесосечных машин, древесные отходы, газовые турбины закрытого цикла, топливная щепка.

Направление энергетических установок малой мощности на биомассе сейчас активно развивается. Основные достижения в данной области имеют страны Европы, Северной Америки и Азии. Основными конкури-

рующими технологиями являются классический цикл Ренкина на водяном паре при сжигании древесного топлива в котле; паровые поршневые и винтовые силовые установки [1]; органический цикл Ренкина со сжиганием древесного топлива в термомасляном котле; установка с паровым котлом и комбинированным циклом Ренкина на водяном паре и органическим циклом Ренкина [2]; термическая газификация биомассы с последующей глубокой очисткой генераторного газа и сжиганием его в поршневом двигателе внутреннего сгорания, либо в камере сгорания газовой турбины малой мощности, а также сжигание горячего генераторного газа в нагревателе двигателя Стирлинга [3].

В области мобильных энергетических установок на древесном топливе для сложных природных условий эксплуатации перспективны также газовые турбины замкнутого цикла с воздухом или инертным газом в качестве рабочего тела и воздушным охлаждением. Использование закрытого цикла позволяет использовать прямое сжигание твердого топлива.

Предлагаемое научное исследование направлено на реализацию концепции автономного энергообеспечения производств в лесной отрасли, начиная с санитарных рубок, рубок ухода, рубок главного пользования, лесопильных производств и заканчивая производством конечного продукта из древесины [4]. Технологические машины и оборудование предлагается оборудовать электрическим приводом, а электрическую энергию для них производить с помощью энергетической установки малой мощности при сжигании древесного топлива [5].

Энергетический потенциал порубочных остатков в России приблизительно 30014 млн кВт*ч/год тепловой энергии (по низшей теплоте сгорания). Для автономного энергообеспечения процессов заготовки древесины производства пиломатериалов и щепы на погрузочном пункте нам потребуется использовать около 9,3% объема порубочных остатков. Оставшиеся 90,7% порубочных остатков могут быть превращены в топливную щепу.

Литература

1. Оптимизационные исследования энергогенерирующих установок на древесной биомассе, реализующих органический цикл Ренкина / А. М. Клер, А. Ю. Маринченко, Ю. М. Потанина и др. // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2019. – № 6. – С. 110-120.
2. Biomass-fired Organic Rankine Cycle combined heat and power systems / Guercio, R. Bini // Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems, Woodhead Publishing. 2017. – P. 527-567.

3. Integrating biomass gasification with a steam-injected micro gas turbine and an Organic Rankine Cycle unit for combined heat and power production / Ramin Moradi, Vera Marcantonio, Luca Cioccolanti, Enrico Bocci // *Energy Conversion and Management*. – 2020. – Vol. 205. – P. 112464.

4. Онучин, Е. М. Математическая модель функционирования измельчающе-транспортной машины для производства топливной щепы на лесосеке с энергообеспечением от газогенераторного двигателя Стирлинга / Е. М. Онучин, П. Н. Анисимов // *Известия СПбГЛТА*. – 2017. – № 221. – С. 258-270.

5. Development of an autonomous energy supply system for harvesting wood resources based on wood fuel / P. N. Anisimov, A. A. Medyakov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2019. – P. 52058.

УДК: 620.953:636

Ахметгалиев И. Ф.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

Аннотация. В статье представлены основные сведения о применении биогазовых технологий в сфере сельского хозяйства, а также способ применения биогаза в автомобильном транспорте.

Ключевые слова: биогаз, система двойного питания, метановое брожение, отходы крупного рогатого скота.

Существует перспективный, экономичный и экологичный способ решить проблемы утилизации органических отходов, успешно зарекомендовавший себя в странах с развитым сельским хозяйством – это применение возобновляемых источников энергии, в частности, биогаза [1].

Биогаз получают как продукт анаэробной ферментации органических отходов в процессе метанового брожения [2]. Процесс разложения проходит в несколько этапов. Сначала кислотообразующие бактерии преобразовывают сложные органические соединения в более простые, в результате чего получаются различные жирные кислоты, а также ряд других неорганических соединений, таких как сероводород и аммиак. Цикл

брожения продолжают метанообразующие бактерии, однако этот тип бактерий очень чувствителен к изменениям в среде обитания, поэтому очень важно поддерживать необходимые условия для эффективного выделения биогаза из разлагающейся биомассы [3].

В зависимости от типа исходного сырья, состав и количество получаемого биогаза может сильно отличаться. Количество получаемого биогаза от разных типов исходного биоматериала приведено в таблице. Основными компонентами биогаза являются: метан (CH_4) – около 60%; углекислый газ (CO_2) – 35%; сероводород (H_2S) – 2%; аммиак (NH_3) – 1%; и др.

В стойловый период (в зависимости от его длительности, типа корма, породы животного и рода подстилки) от одной коровы получают 6-12 т. навоза. Содержание и концентрация различных веществ (углеводородов, сероводорода, азота и т. п.) в свежем коровьем навозе может колебаться от качества кормов [4].

Выход биогаза от разных типов навоза

Тип сырья	Выход газа, м ³ на 1 кг сухого вещества	Выход газа м ³ на 1 тонну при влажности 85%
Навоз КРС	0,25-0,34	38-51,5
Свиной навоз	0,34-0,58	51,5-88
Птичий помет	0,31-0,62	47-94
Конский навоз	0,2-0,3	30,3-45,5
Овечий навоз	0,3-0,62	45,5-94

Применение биогаза в сельхозтехнике позволяет экономить до 70% дизельного топлива. Такая экономия достигается за счет использования систем двойного питания, где основным видом топлива по-прежнему будет являться дизель, но большая часть будет замещаться биометаном. Газ подмешивают к воздуху, попадающему в цилиндр двигателя, но в то же время туда впрыскивается небольшое количество дизельного топлива, необходимого для зажигания топлива в двигателе. В цилиндре происходит горение двух видов топлива, что не оказывает существенного влияния на КПД двигателя, но позволяет значительно уменьшить расход дизельного топлива.

В то же время применение биогаза в двигателе позволит повысить его крутящий момент более чем на 20% в двигателях с турбонаддувом, двигатель становится гораздо тише и эластичнее. Подобные двигатели становятся на порядок экологичнее, чем двигатели, работающие только на

дизеле, потому что замещение дизельного топлива газом позволяет снизить вредные выбросы и продукты горения в выхлопе.

Основным преимуществом такой системы все же является возможность переоборудования обычного дизельного в двухтопливный.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение биогазовых установок представляет экономически целесообразное решение в плане модернизации сельского хозяйства [5]. Экономическая выгода очевидна, биогазовая установка вполне способна обеспечить потребности фермы не только в тепле, но и уменьшить потребность в топливе, позволяя сэкономить значительное количество нефтяных и иных традиционных энергоресурсов. Биогаз можно использовать в бытовых нуждах и автомобильном транспорте. Например, более 50% сельского автопарка Китая работает на биогазе [6].

Литература

1. Макуева, Д. А. Использование биологического топлива при производстве электроэнергии и тепла / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – № 1. – С. 90-91.
2. Кондратьев, А. Е., Павлов, Г. И., Борисов, С. Г., Загретдинов, А. Р. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент RU 2422385, 2011.
3. Ахметгалиев, И. Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 78-80.
4. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Научному прогрессу – творчеству молодых: материалы XII международной молодежной научной конференции по естественным и техническим дисциплинам: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 147-148.
5. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Всероссийская конференция молодых ученых и студентов «Экологическая безопасность в технологическом пространстве». – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 88-90.
6. Мустафина, Г. Р. Организация оптимального процесса переработки органических отходов птицефабрики / Г. Р. Мустафина // Научному прогрессу – творчество молодых матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ 2020. – С. 36-38.

Васина А. Ю., Сафин М. А.

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

СИНТЕЗ САР ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ (ТЭС)

Аннотация. При обеспечении эффективности водоснабжения и сохранения целостности линий передач на тепловых электрических станциях большое значение имеет автоматическое управление уровнем концентрации кислорода в питательной воде.

В работе получена система автоматического управления остаточной концентрацией кислорода и определены показатели качества переходного процесса.

Ключевые слова: водоснабжение, автоматическое управление, кислород, переходный процесс.

При подготовке питательной воды удаляются растворённые в ней агрессивные газы, в первую очередь, кислород, приводящий к коррозии металла теплосиловых установок. Кислородная коррозия наиболее опасна, так как проявляется в виде небольших язвин на отдельных участках поверхности металла и развивается в глубину вплоть до образования сквозных свищей [1, 2].

На предприятиях для предотвращения процесса коррозии металлических составляющих применяется термическая деаэрация. В деаэраторе питательная вода, прошедшая двухступенчатую дегазацию, освобождается от кислородных примесей. Освобожденная от кислорода вода поступает в сборный бак, откуда расходуется для питания котлов.

При обеспечении эффективности установки важную роль играет автоматизированный контроль уровня остаточной концентрации кислорода. При управлении в качестве входных регулирующих параметров приняты расход выпара и температура исходной воды. Регулируемой выходной величиной является концентрация остаточного кислорода.

На основании графика экспериментальной динамической модели с помощью среды Matlab построена кривая переходного процесса и получена передаточная функция объекта [3]:

$$W(p) = \frac{55}{5,5s + 1} e^{-1,2s}.$$

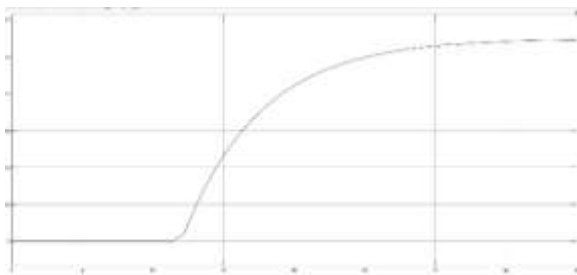


Рис. 1. Кривая остаточной концентрации кислорода в обрабатываемой воде

Далее, методом А. П. Копеловича синтезирована одноконтурная автоматизированная система управления (АСР) для дальнейшего определения оптимальных настроек регулятора с последующим построением кривых разгона по заданию и по нагрузке.

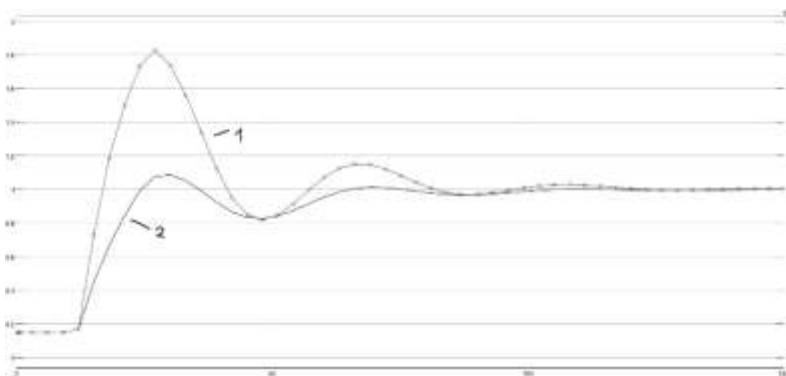


Рис. 2. Переходный процесс в замкнутой АСР при возмущении:
1 – по нагрузке, 2 – по заданию

Переходный процесс оптимизирован в соответствии с оптимальными настройками ПИД-регулятора K_p – коэффициентом передачи регулятора и T_i – времени интегрирования, T_d – времени дифференцирования. Проведены численные эксперименты и определены показатели качества переходного процесса: время переходного процесса $t_{\text{пр}} = 87\text{с}$ со статической ошибкой 5%, величина перерегулирования $\sigma = 49.207$, степень затухания $\psi = 0.36$.

Таким образом, синтезирована система автоматического управления с характеристиками качества переходного процесса при оптимальных параметрах регулятора.

Литература

1. Насыров, И. К. Моделирование информационного канала с использованием хаотических сигналов нелинейных динамических систем / И. К. Насыров, В. В. Андреев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. – № 4. – С. 79-86.
2. Чупова, А. В. Деаэрация как способ защиты теплоэнергетического оборудования от коррозии / А. В. Чупова, В. А. Галковский // Науковедение. – 2017. – Т. 9. – №2.
3. Феткуллов, М. Р. Построение динамических характеристик процесса деаэрации по данным эксперимента / М. Р. Феткуллов, В. И. Шарапов // Вестник УлГТУ. – 2004. – №2. – С. 65-67.

УДК 620.9

Гаирбекова А. Р.

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

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЯРЯЩЕГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Аннотация. В статье рассмотрены основные конструктивные особенности и условия эксплуатации парящего ветрогенератора.

Ключевые слова: ветроэнергетика, преимущества ветроэнергетики, парящий ветрогенератор.

В связи с растущей необходимостью охраны окружающей среды и истощением энергетических ресурсов одной из главных задач человечества в настоящее время становится развитие альтернативной энергетики. Как известно, одной из перспективных областей альтернативной энергетики является ветроэнергетика [1], поскольку она имеет множество преимуществ, например, такие как:

- экономия топливных ресурсов, так как для функционирования ветряных электростанций не требуется топливо;
- высокий показатель экологичности, поскольку при работе ветряных установок не происходит выбросов вредных веществ в атмосферу;
- относительно простое обслуживание и быстрая установка ветряных установок [2].

Однако современные ветряные электрогенераторы работают всего лишь на 20-40% от установленной мощности. Это связано с тем, что ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии, поскольку выработка энергии ветряной электростанцией зависит от силы ветра, отличающимся большим непостоянством [3]. Поэтому производители ветряных генераторов стремятся поместить лопасти турбин как можно выше в атмосферу, где дуют постоянные ветры, делая конструкции ветряных генераторов высокими. Но не все производители считают строительство громадных ветряных генераторов целесообразным, поэтому научно-исследовательской компанией Массачусетского технологического института был разработан парящий ветряной генератор в виде дирижабля, находящийся в постоянном движении и не имеющий опоры на земле. Он способен подниматься на высоту от 300 до 600 метров, что практически в 2 раза больше высоты всех стационарных ветряных генераторов.

В основе конструкции данной модели ветряного генератора лежит специальная мягкая оболочка, заполняемая гелием, в центре которой располагается ветряная турбина с электрогенератором. Его мощность составляет около 30 кВт, что может обеспечить электроэнергией примерно 6 малоэтажных домов, часть электроэнергии возможно использовать для системы теплоснабжения [4]. Однако помимо производства электрической энергии конструкция данного ветряного генератора может также совмещать в себе и коммуникационное оборудование, например, оборудование мобильной связи или Wi-Fi, которое будет питаться энергией, вырабатываемой ветряным генератором. При этом дополнительное оборудование не влияет на основную функцию ветряного генератора и на производительность турбины. Данные генераторы доставляются на место запуска и фиксируются системой тросов-кабелей, по которым полученная электроэнергия поступает в систему накопления (хранения), откуда поступает потребителям.

Несмотря на весомые преимущества, областью применения данных аппаратов могут быть лишь небольшие поселки, военные базы, удаленные места добычи полезных ископаемых и зоны, в которых нарушено обычное энергоснабжение в результате произошедших техногенных катастроф или стихийных бедствий. Это связано с тем, что летающие ветряные генераторы не предназначены для отдачи вырабатываемой ими энергии в общую энергетическую сеть.

Литература

1. Захарова, В. Е. Перспективы использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом / В. Е. Захарова // Научному прогрессу - творчество

молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 129-130.

2. Федотова, А. О. Анализ эффективности применения ветроэнергетических установок / А. О. Федотова // Научному прогрессу - творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 67-69.

3. Захарова, В. Е. Сравнение технических характеристик разных типов ветряных установок / В. Е. Захарова // Научному прогрессу - творчество молодых: матер. X междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 243.

4. Хайруллина, А. И. Варианты применения ветрогенераторов для систем отопления / А. И. Хайруллина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 70-71.

5. Сарыев, К. А. Определение ветроэнергетических ресурсов в Туркменистане // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. №6. – С. 143-154.

6. Насырова, Е. В. Анализ данных ветромониторинга в Республике Татарстан / Е. В. Насырова, Н. Ф. Тимербаев, О. В. Леухина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21. № 6. – С. 39-50.

УДК 697.92

Галанина А. Е., Исанбаев Р. Х.

Научный руководитель: Звонарева Ю. Н., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ВОДОПОДГОТОВКА В ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

***Аннотация.** На примере г. Набережные Челны описаны меры, необходимые при переходе с закрытой на открытую схему присоединения систем теплоснабжения, изучены изменяемые требования для процесса водоподготовки сетевой воды и требования к качеству горячей воды.*

***Ключевые слова:** водоподготовка систем теплоснабжения, открытые системы теплоснабжения, закрытые системы теплоснабжения.*

С 1 января 2013 года вступили в силу поправки в Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении» [1, 2]. Одна из наиболее значимых – дополнение статьи 29 частью 9: с 1 января 2022 года

использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается.

Предметом исследования является качество водоподготовки в г. Набережные Челны при переходе с закрытой на открытую схему присоединения систем теплоснабжения.

На данный момент в городе осталось перевести систему горячего водоснабжения на закрытую схему водоразбора 177 жилых многоквартирных домов. Всего с начала реализации программы из 1376 жилых домов установка теплообменников ГВС выполнена на 1199 жилых домах или на 87% жилого фонда. Ориентировочные затраты на перевод на закрытую схему системы ГВС указанных 177 жилых многоквартирных домов составляют порядка 204 млн. руб.

Мероприятий по перекладке наружных сетей холодного водоснабжения для обеспечения потребностей системы ГВС по данным ООО «ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» не требуется [3].

Однако остро стоит вопрос качества воды, подаваемой в открытые системы ГВС потребителей. По мере перевода объектов теплопотребления на закрытую схему горячего водоснабжения скорость оборачиваемости воды в тепловых сетях снижается и, как следствие, снижается и ее качество.

Причиной является разница в требованиях к водоподготовке в этих двух системах.

Правила технической эксплуатации (ПТЭ) определяют нормы, требуемые для сетевой и подпиточной воды в теплосетях.

Кроме того, для обеспечения в открытых системах теплоснабжения требуемого качества горячей воды, подаваемой абонентам в соответствии с ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», исходная вода, используемая для приготовления подпиточной воды, должна иметь низкую окисляемость (не более 4 мг/л). Если окисляемость сетевой воды в застойных зонах системы повышена, то возникают сульфидные загрязнения, сообщающие воде неприятный запах и цветность.

Для удовлетворения норм ПТЭ вода, используемая для подпитки тепловых сетей и систем централизованного теплоснабжения, предварительно обрабатывается. Обработка подпиточной воды включает в себя удаление из нее растворенных газов, главным образом, кислорода O_2 и диоксида углерода CO_2 – основных коррозионных агентов, и создание таких условий, при которых соли временной жесткости, если таковые в воде имеются, не распадались бы в системе и не вызывали образования

накипи и шлама. Помимо этого, также производится умягчение воды и деаэрация.

Таким образом в открытой системе цена за водоподготовку выше, вода может иметь неприятный запах и оранжевый оттенок из-за ржавчины.

В закрытой системе теплоснабжения используется вода из поверхностных источников, прошедшая предварительную обработку, а также воды из подземных источников, прошедшие при необходимости обезжелезивание, или при использовании воды хозяйственно-питьевого водопровода для закрытых и открытых систем теплоснабжения. Требования к системе: для закрытых систем теплоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды 5 мг-экв/л и менее; при этом, если предусматривается работа водогрейных котлов параллельно с пароводяными подогревателями, имеющими латунные трубки, карбонатная жесткость исходной воды не должна превышать 3,5 мг-экв/л; водород-катионирование с «голодной» регенерацией фильтров – для закрытых систем теплоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды более 5 мг-экв/л. Для подпитки закрытых систем теплоснабжения может применяться вода из поверхностных источников, обработанная методом известкования или содоизвесткования с коагуляцией и последующим фильтрованием без дополнительного умягчения другими методами.

Таким образом, водоподготовка воды в закрытой системе теплоснабжения проще и дешевле. Вода, в свою очередь, без запаха соответствует качеству питьевой воды [4,5].

По данным филиала АО «Татэнерго» – Набережночелнинские тепловые сети, показатели качества теплосетевой воды находятся на грани допустимых пределов. Таким образом, перевод на закрытую схему горячего водоснабжения оставшихся объектов теплоснабжения необходимо выполнять одновременно в течение одного межотопительного периода, иначе качество теплосетевой воды по мере перевода объектов на закрытый водоразбор будет продолжать снижаться и перестанет соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [2].

В 2021 году планируется завершение перевода потребителей тепловой энергии с открытого водоразбора на закрытый и, как следствие, улучшение качества сетевой воды у всех потребителей.

Литература

1. Федеральный закон от 27.07.2010: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-27072010-n-190-fz-o/>.

2. Снижение тепловых потерь / Ю. В. Ваньков, И. Н. Запольская, Е. В. Измайлова и др. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-teplovyyh-poter-energосnabzhayuschey-organizatsii-modernizatsiy-sistem-goryachego-vodosnabzheniya/viewer>.
3. Проект схемы теплоснабжения города Набережные Челны: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1876>.
4. Система водоподготовки для тепловых сетей: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Системы водоподготовки для тепловых сетей — РосТепло Энциклопедия теплоснабжения (rosteplo.ru).
5. Водоподготовка и водно-химический режим: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazportal.ru/info/docs/snip_ii-35-76/vodopodgotovka/.

УДК 681.518.54:621.644

Гапоненко С. О.

Казанский государственный энергетический университет

МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

***Аннотация.** Предложен метод контроля технического состояния трубопроводов на основе цифрового анализа вибродиагностических сигналов. Наиболее оптимальный метод цифрового анализа для контроля технического состояния трубопроводов основан на анализе энтропии Шеннона. Проведенные исследования позволили выявить зависимости изменения энтропийных показателей параметров колебаний трубопроводов от наличия различных факторов: типа дефекта и его размера.*

***Ключевые слова:** диагностика, трубопровод, контроль технического состояния, энтропия Шеннона, цифровой анализ, вибродиагностический сигнал.*

Одним из важнейших направлений безопасности является повышение энергоэффективности и надежной эксплуатации различных коммуникаций, которое обеспечивается разработкой и внедрением новых более современных способов и приборов контроля их технического состояния. Трубопроводы относятся к категории промышленных объектов, отказы которых сопряжены со значительными и экологическими ущербами [1-5].

Методы технического диагностирования обеспечивают надежность функционирования технических систем. Возможность обнаружения из-

менений технического состояния агрегата на ранней стадии их возникновения обусловлена достаточной параметрической избыточностью и медленно протекающими процессами снижения работоспособности [1,2].

В настоящее время оценка технического состояния трубопроводов ограничивается лишь обработкой сигналов спектральным анализом колебательных процессов. Методы логико-вычислительной обработки энтропийных показателей позволяют получать дополнительную полезную информацию о свойствах объекта исследования.

Практическая часть работы заключается в разработке и изготовлении программно-аппаратного комплекса для контроля технического состояния трубопроводов при проведении экспериментальных исследований. Для работы программно-аппаратного комплекса в среде LabVIEW разработано и создано программно-техническое обеспечение с оригинальным пакетом прикладных программ, которое позволит выполнить обработку и анализ сигналов с применением нескольких энтропийных показателей [2].

Проведенные экспериментальные исследования позволяют выявить зависимости изменения энтропийных показателей параметров колебаний трубопроводов от наличия различных факторов: типа дефекта (внутренние разрывы, расслоения, растрескивания (трещины), коррозия, отложения и т. д.) и его размера, а также наличие напряженно-деформированного состояния вследствие разрушения опор.

Существует большое количество энтропийных характеристик. К ним можно отнести энтропии Колмогорова, Шеннона, Гиббса и т. д., каждая из которых обладает своими особенностями. Правильная комбинация этих характеристик позволит определить наиболее подходящие для решения задачи вибродиагностики трубопроводов.

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что наиболее оптимальный метод энтропийной параметризации для контроля технического состояния трубопроводов основан на анализе энтропии Шеннона.

Энтропия Шеннона определяется как функция состояния системы, а степень изменчивости процесса – как количественно оцененная неопределенность значений параметров, характеризующих систему. По увеличению ее значения можно судить о влиянии на исследуемый сигнал дефекта. Для вычисления информационной энтропии (H_{sh}) К. Шенноном была предложена следующая формула (1):

$$H_{sh} = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность попадания значения из выборки в i -ый уровень, n – количество уровней.

Дополнительные экспериментальные исследования позволят выявить зависимости изменения энтропийных показателей параметров колебаний трубопроводов от наличия различных факторов: типа дефекта (внутренние разрывы, расслоения, растрескивания (трещины), коррозия, отложения и т. д.) и его размера.

Изменение состояния системы ведет к смене распределения его параметров, что и приводит к изменению величины энтропии. В сигнале наблюдается увеличение глубины модуляции при развитии дефекта, а в спектре наблюдается рост боковых гармоник относительно несущей частоты f_n . Обращает на себя внимание изменение показателя энтропии при отклонении агрегата от исправного состояния. Энтропийные показатели реагируют на наличие дефекта, причем энтропия Шеннона возрастает пропорционально величине дефекта [6,7].

Литература

1. Гапоненко, С. О. Разработка комплексной методики контроля технического состояния инженерных коммуникаций на основе математического моделирования и экспериментальных исследований / С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественно-науч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 17-20.
2. Гапоненко, С. О. Программно-аппаратный комплекс на основе теоретического моделирования и экспериментального исследования зависимости энтропийных виброакустических параметров линейно-протяженных энергетических объектов от их технического состояния / С. О. Гапоненко // Тинчуринские чтения. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 3-6.
3. Шакурова, Р. З. Совершенствование методики контроля технического состояния оборудования энергетических систем и комплексов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых). – Казань: КНИТУ-КАИ, 2019. – С. 644-648.
4. Шакурова, Р. З. Повышение надёжности работы энергетических систем путем определения технического состояния трубопроводов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко // «Тинчуринские чтения»: материалы XIV Международной молодежной научной конференции: в 3 т. – Т. 2. – Ч. 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 184-187.
5. Шакурова, Р. З. Повышение эффективности энергетических систем и систем транспортировки энергоносителя с использованием методов математического моделирования / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых). – Казань: КНИТУ-КАИ, 2019. – С. 641-644.
6. Гапоненко, С. О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук / С. О. Гапоненко. – Казань: Казан. гос. энергет. ун-т, 2017. – 22 с.

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

ВИДЫ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТАЛЛОВ И БОРЬБА С НИМИ

***Аннотация.** Коррозионные повреждения – физико-химическое взаимодействие металла со средой, ведущее к разрушению металла, которые съедают до 10% производимого в стране металла, и их предотвращение является важнейшей задачей во многих отраслях промышленности. Раннее диагностирование и применение различных способов борьбы с такими повреждениями помогает предотвращать разрушение металлов и снижать его интенсивность.*

***Ключевые слова:** коррозионные повреждения, неразрушающий контроль, метод свободных колебаний.*

Металлы и их сплавы являются наиболее важными современными конструкционными материалами. Коррозионный процесс протекает на границе двух фаз металл-окружающая среда, т. е. является гетерогенным процессом взаимодействия жидкой или газообразной среды с металлом.

Различают следующие виды коррозионных повреждений [1]:

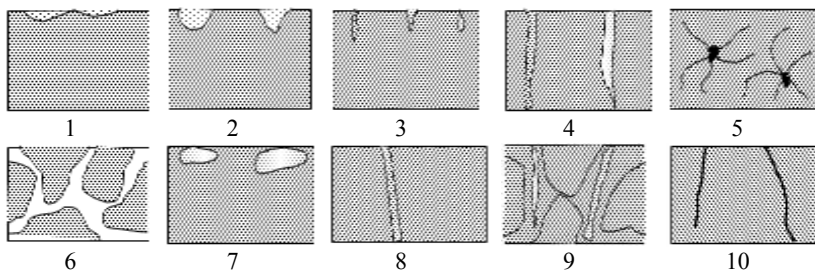
- по механизму протекания – химическая и электрохимическая;
- по условиям протекания – газовая, атмосферная, коррозия в неэлектролитах, электролитах, коррозия в естественных природных условиях, внешним током, коррозия под напряжением, радиохимическая, биокоррозия, фреттинг-коррозия, коррозия при кавитации, контактная, щелевая, коррозия при трении;
- по характеру коррозионного разрушения – сплошную или общую, местную.

Местная коррозия подразделяется на следующие виды (рисунок).

Применение неразрушающих методов контроля позволяет контролировать состояние металлов и конструкций, обнаруживать повреждения и дефекты разного класса опасности, включая только зарождающиеся, проводить мониторинг их степени поражения [2].

Выявленные и идентифицированные источники повреждений разделяют на четыре класса: I (пассивный), II (активный), III (критически ак-

тивный), IV (катастрофически активный). В зависимости от класса опасности оператору необходимо принимать решение о предпринимаемых мерах по устранению.



Виды местной коррозии, где:

- 1 – пятнами, 2 – язвами, 3 – точечная (питтинг), 4 – сквозная, 5 – нитевидная, 6 – межкристаллитная, 7 – подповерхностная, 8 – ножевая, 9 – коррозионное растрескивание, 10 – коррозионная хрупкость

К неразрушающим методам контроля относятся акустические, в том числе метод свободных колебаний, сущность которого заключается в возбуждении в диагностируемом объекте упругих колебаний путем нормированного кратковременного механического воздействия; регистрации собственных колебаний после снятия возбуждающей силы; сравнении полученных колебаний различными способами с колебаниями эталонного бездефектного объекта; принятии решения о наличии или отсутствии дефекта или повреждения, т. к. они приводят к изменению распространения колебательной энергии по основным методам собственных колебаний, к изменению соотношения амплитуд на собственных частотах в различных точках изделия [3].

После выявления источников повреждений необходимо снизить нагрузку на конструкцию, устранить повреждение, также принять меры для снижения вероятности возникновения подобных ситуаций. Существуют различные способы борьбы с коррозионными повреждениями: конструкционный, активный, пассивный [4].

Конструкционный – включает в себя использование сплавов металлов, резиновых прокладок и др.

Активные – направлены на изменение структуры двойного электрического слоя. Применяется наложение постоянного электрического поля с помощью источника постоянного тока, напряжение выбирается с целью

повышения электродного потенциала защищаемого металла, или использование жертвенного анода, более активного материала, который будет разрушаться, предохраняя защищаемое изделие.

Пассивные – применение эмалей, лаков, оцинковки и т. п. Покрытие металлов эмалями и лаками направлено на изоляцию металлов от окружающей среды: воздуха, воды, кислот и пр. Оцинковка (как и другие виды напыления), кроме физической изоляции от внешней среды, даже в случае повреждения ее слоя, не даст развиваться коррозии металла, т. к. цинк корродирует быстрее железа.

Своевременная борьба с коррозионными повреждениями снижает косвенные потери от простоев и снижения производительности оборудования, от нарушения нормального хода технологических процессов, от аварий, обусловленных снижением прочности металлических конструкций.

Диагностирование объектов позволяет выявлять коррозионные повреждения металлов на ранних стадиях, используя МСК [5] – в условиях эксплуатации, без предварительной подготовки поверхности контроля, тем самым предотвратить их распространение на большие участки, также снизить затраты и трудоемкость при замене.

Литература

1. Шлугер, М. А. Коррозия и защита металлов / М. А. Шлугер, Ф. Ф. Ажогин, Е. А. Ефимов. – М.: Металлургия, 1981. – 215 с.
2. Зиганшин, Ш. Г. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова. – Казань: издательство Казанского университета, 2015. – 160 с.
3. Изучение влияния коррозионных дефектов на параметры колебаний трубопроводов на ранней стадии зарождения / Ю. В. Ваньков, В. В. Серов, Ш. Г. Зиганшин и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2011. – № 11-12. – С. 141-149.
4. Гарнышова, Е. В. Контроль толщины отложений теплообменного оборудования и способы его очистки / Е. В. Гарнышова, Е. В. Измайлова // XIV Международная научно-техническая конференция «ЭНЕРГИЯ-2019»: сб. тез. докл. – Иваново: Иванов. гос. энерг. ун-т, 2019. – Т. 1. – С. 71.
5. Чикунова, Е. В. Метод свободных колебаний для определения коррозии в трубопроводных системах / Е. В. Чикунова, Е. В. Измайлова // Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2020: Энергетика и цифровая трансформация»: сб. тез. докл. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – Т. 2. – С. 156-159.

Гатауллина И. М.

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

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены принципы действия теплового насоса, их преимущества, достоинства построения систем с помощью теплового насоса. Источником тепла предлагается использование теплоты сточных вод.*

***Ключевые слова:** тепловой насос, утилизация, сточные воды.*

В настоящее время по данным Министерства энергетики 68% тепловых сетей имеют стопроцентный физический износ. В связи с такими проблемами вырос интерес к нетрадиционным (альтернативным) источникам теплоснабжения, к которым относятся геотермальная, солнечная и ветряная энергии. Одним из таких источников является тепловой насос [1].

Тепловой насос представляет собой устройство, позволяющее передать теплоту от более холодного тела к более нагретому за счет использования дополнительной энергии (чаще всего – механической). Он способствует 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 теплоты [2].

Одним из перспективных источников теплоты для тепловых насосов являются стоки промышленных предприятий и городские сточные воды, прошедшие обработку на очистных сооружениях. Как правило, температура стоков колеблется в пределах 12-20°C и даже зимой не опускается ниже 10°C. Исходя из этого, сточные воды являются идеальным источником тепла для работы теплового насоса.

Высокая температура стоков в коллекторе в сочетании с низкотемпературными системами отопления (например, панельное отопление пола) обеспечивает высокий КПД тепловых насосов. Потребляемая мощность составляет только 20-25% от общей производительности системы. Таким

образом, система позволяет экономить на ценных первичных источниках энергии. В связи с достаточно низкой температурой сточных вод летом 20-25°C, их энергию можно также использовать на охлаждение и кондиционирование зданий и сооружений. Утилизация тепловой энергии сточных вод или использование сточных вод как поглотителей тепла для систем охлаждения является экономически и экологически рациональной альтернативой традиционным системам отопления и охлаждения [3]. По сравнению с ископаемым топливом, сточные воды – неиссякаемый источник энергии, доступный постоянно и в большом объеме и не причиняющий вреда окружающей среде.

Использование теплового насоса – это сохранение невозобновляемых энергетических источников и защита окружающей среды, включающий и метод сокращения выбросов CO₂ в атмосферу, а также возможная экономия до 70% традиционных энергетических ресурсов [4]. Применение теплового насоса существенно совершенствует условия теплоснабжения: возможно в два раза снижение расходов на первичной энергии (органического топлива); система теплоснабжения становится децентрализованной, которая не требует новых протяженных тепловых сетей, достаточно точно определить трассировку существующих [5]; производство электроэнергии, результатом которого является выброс продуктов сгорания органического топлива, можно вынести за пределы жилых территорий.

Литература

1. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых матер. XI междунар. молодежн. научн. конф. по естественнауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 256-258.
2. Акбуляков, А. Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома / А. Т. Акбуляков // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 5-6.
3. Гатауллина, И. М. Применение снегоплавильной установки с тепловым насосом / И. М. Гатауллина // VI Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – Ч. 1. – С. 29-31.
4. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: матер. XIII Международной молодежной научной конференции. – 2018. – Т. 2. – С. 160-162.
5. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2014. – № 7-8. – С. 123-129.

Гатауллина И. М.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается теплоснабжение жилого здания с помощью утилизации тепла сточных вод тепловым насосом.

Ключевые слова: тепловой насос, сточные воды, утилизация, температура, теплоснабжение.

В последние десятилетия расширяется использование автономных систем теплоснабжения, обслуживающих одно здание или небольшое их количество. При этом для приготовления теплоносителя возможно использование как электроэнергии, так и непосредственное сжигание топлива, жидкого и газообразного. Современные котлы, коэффициент полезного действия которых 92-95%, незначительные потери в тепловых сетях, возможности автоматического регулирования СО обеспечивают более высокую экономическую эффективность таких систем. Однако в суровых климатических условиях не всегда представляется возможным подвод жидкого или газообразного топлива к абонентам, расположенным в частном секторе [1]. В таких случаях перспективно применять системы отопления и горячего водоснабжения на основе тепловых насосов (ТН), обладающих высокими экологическими показателями по сравнению с котлами на твердом топливе [2]. Неоспоримым преимуществом ТН является отсутствие камеры сгорания. Другими словами, для производства теплоты не требуется сжигание ископаемого топлива. Тепловой насос, как правило, использует низкопотенциальные источники энергии для производства теплоты [3].

Температура сточных вод ниже температуры наружного воздуха в летнее время и выше – в зимнее. Это делает их идеальным источником низкопотенциального тепла для использования в тепловых насосах. По некоторым оценкам, в городские коммуникации вместе со сточными водами сбрасывается около 40% использованного тепла [4].

1. Количество теплоты, $Q_{\text{ТН}}$, получаемое от теплового насоса в год = 365 дней, в течение которых будет вырабатываться тепло, необходимое

для отопления дома и необходимое для нагрева воды, идущей на ГВС к потребителю:

$$Q_{\text{ти}} = 4,18 \times 24 \times 351 = 3523759,2 \frac{\text{кВт} \times \text{ч}}{\text{год}},$$

где 351 – число дней работы теплового насоса;

418,3 кВт – количества тепла в час, получаемое от теплового насоса, при условии, что количество сточных вод равен 120 м³/ч, а температура стоков не ниже 16 °С [3].

2. Удельная себестоимость производства единицы тепловой энергии:

$$c = \frac{И}{Q_{\text{ти}}} = \frac{2290314}{3523759,2} = 0,65 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \times \text{ч}}.$$

3. Действительный коэффициент преобразования теплового насоса составит:

$$K_{\text{действ}} = \frac{Q_{\kappa}}{N},$$

где $Q_{\kappa} = Q_x \times P_c = 245,94 + 68,52 = 314,46 \text{ кВт}$;

N – максимальное количество энергии, потребляемое установкой.

$$K_{\text{действ}} = \frac{314,46}{68,87} = 4,56.$$

То есть на 1кВт затраченной электроэнергии получаем полезный съем тепла в конденсаторе, равный 4,56 кВт [5].

4. Количество теплоты, вырабатываемое тепловым насосом в год, Гкал:

$$Q_{\text{ти}} = \frac{Q_m \times 24 \times 351}{\frac{1}{859,845}},$$

где 1/859,845 – переводной коэффициент;

$Q_{\text{т}} = 418300 \text{ Вт/ч}$ – количество тепла, получаемое с ТНУ в час.

$$Q_{\text{ти}} = \frac{418300 \times 24 \times 351}{\frac{1}{859,845}} = 3029,9 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Литература

1. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2014. – № 7-8. – С. 123-129.

2. Акбуляков, А. Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома / А. Т. Акбуляков // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 5-6.

3. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатауллина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 71-74.

4. Гатауллина, И. М. Применение снегоплавильной установки с тепловым насосом / И. М. Гатауллина // VI Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – Ч. 1. – С. 29-31.

5. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых матер. XI междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 256-258.

УДК 620.95(470.41)

Гаязова З. И.

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

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения биогазовых технологий для утилизации органических отходов. Определены особенности применения биогазовых установок в России и Республике Татарстан.

Ключевые слова: биогаз, биомасса, органические отходы, экологическая безопасность, тепловая энергия.

С каждым годом все сильнее и сильнее обостряются экологические проблемы и растут цены на традиционные энергоресурсы в связи с их истощением. Вместе с этим необходимость бесперебойного и дешевого энергоснабжения вынуждает людей развивать альтернативные источники энергии. Одной из наиболее распространенных мировых отраслей альтернативной энергетики является биоэнергетика, которая основана

на получении топлива и энергии из биомассы [1]. Биомасса, в свою очередь, представляет собой вещества растительного и животного происхождения, органические отходы, а также продукты жизнедеятельности организмов. Существует множество видов биотоплива, где одним из основных является биогаз, который получается путем анаэробного брожения органических отходов в специальной биогазовой установке [2]. Данный газ обладает большим спектром преимуществ, таких как:

- получение тепло- и электроэнергии, а также топлива для тепловых двигателей;
- безотходное производство;
- возобновляемость исходного сырья;
- биогазовые установки можно располагать в любых регионах страны, так как не требуют огромных затрат на строительство. Важным аспектом является только наличие вблизи сельскохозяйственных или животноводческих предприятий, которые могли бы обеспечить достаточные объемы сырья.
- предотвращение загрязнения воздушного и водного бассейнов, почвы.

Помимо этого, существенным недостатком биогаза является большая стоимость на его очистку от примесей для использования в различных сферах жизнедеятельности. А содержание метана в нем варьируется в диапазоне 45-75% [3].

На данный момент Россия не является лидирующей страной по получению биогаза, но продолжает развиваться в этом направлении. Сейчас в стране насчитывается более пяти биогазовых станций, и республика Татарстан не стала исключением. Биогазовая станция «Актюба» мощностью 0,5 МВт расположена в поселке Актюба Азнакаевского района. Данная станция применяет новейшее оборудование для получения биотоплива. К ним относятся специальные хранилища для биомассы, биореакторы, системы очистки газа, когенерационный блок, где происходит непосредственное преобразование газа в электрическую и тепловую энергию, транспортируемую по трубопроводам, к надежности которых предъявляют высокие требования [4]. В качестве сырья используются отходы животноводства, трава, испорченное зерно, водоросли, птичий помет, опилки и т. д. [5]. Процесс брожения биомассы происходит в реакторе, в котором устанавливается и поддерживается необходимая температура и влажность. Для повышения эффективности процессов отходы животного производства смешиваются в определенной пропорции с растительными компонентами (травой).

Дигестат, который остается после завершения брожения, используется в качестве органического удобрения.

Биогаз является экологически безопасным и дешевым видом энергоносителя. Помимо того, что биогаз может использоваться для технологических целей, выработки электроэнергии и обогрева, с помощью биогазовых технологий можно решить проблему переработки биоотходов и получить высокоэффективные удобрения, которые сократят применение химических [6]. В будущем, при должной поддержке государства данной отрасли, Россия, а в частности Татарстан, сможет достичь таких же успехов, что и страны Европы.

Литература

1. Макуева, Д. А. Использование биологического топлива при производстве электроэнергии и тепла / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – № 1. – С. 90-91.
2. Кондратьев, А. Е., Павлов, Г. И., Борисов, С. Г., Загретдинов, А. Р. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент RU 2422385, 2011.
3. Ахметгалиев, И. Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза / И. Ф. Ахметгалиев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 78-80.
4. Гапоненко, С. О. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.
5. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Всероссийская конференция молодых ученых и студентов «Экологическая безопасность в техносферном пространстве». – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 88-90.
6. Мустафина, Г. Р. Организация оптимального процесса переработки органических отходов птицефабрики / Г. Р. Мустафина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 36-38.

Гилязетдинов Н. Р., Кариева Л. И.
Научный руководитель: Кондратьев А. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОБИТАЕМОЙ МАРСИАНСКОЙ БАЗЫ

***Аннотация.** Рассмотрены проблемы обеспечения теплового режима обитаемой марсианской базы. Предлагается построение заглубленных жилых и производственных помещений.*

***Ключевые слова:** ближний космос, обитаемая станция, теплоснабжение, солнечная радиация, тепловая изоляция.*

В настоящее время при исследованиях ближнего космоса наибольшее внимание уделяется возможности освоения Марса. Вероятно, именно эта планета поможет ответить на вопросы о происхождении и эволюции жизни и поспособствует в поисках места заселения будущих поколений [1].

Марс является небольшой, но уникальной планетой. Ученые выяснили, что в далеком прошлом ее поверхность была покрыта водой, имела магнитное поле и уровень кислорода составлял 15-20%, что схоже с Земной концентрацией. Но, к сожалению, солнечные ветры в совокупности с множеством мелких факторов изменили ее до неузнаваемости.

Атмосфера Красной планеты разрежена и состоит в основном из углекислого газа – в пределах 95%, примерно 3% азота и 1,6% аргона. Всего кислорода на планету приходится 0,14%. Частицы от Солнца врезаются в молекулы атмосферы, создавая ионы, которые легко уносятся в космос при помощи солнечного ветра. Благодаря исследованиям MAVEN, ученым удалось смоделировать воздействие ветров на Марс, в результате они пришли к выводу, что атмосфера Марса на 65% развеялась в космосе.

Температурный режим на поверхности Красной планеты сильно изменяется в зависимости от времени года и времени суток. Здесь, как и на Земле, наблюдается смена времен года, но сезоны отличаются продолжительностью вследствие эксцентрисичности орбиты и небольшой разницы в угле наклона к плоскости эклиптики [2].

Поскольку Марс расположен от Солнца дальше, то он получает всего лишь 43% от той энергии, которая, например, достигает Земли. При наиболее благоприятных условиях в средних широтах температура составляет в летний период до +20 °С, в зимний сезон – около -55 °С. В северной полярной области соответственно поддерживается -63 °С и

-133°C, а на южном – в среднем 40°C и -138 °C. На экваторе воздух прогревается до +28 °C [3].

Существуют множество целей колонизации Марса, среди которых основными являются создание базы для научных исследований планеты и ее спутников; добыча ценных и полезных ископаемых; проблема перенаселения Земли и тому подобное. Но в настоящий момент и на ближайшее будущее актуальна только первая цель. Для ее достижения необходимо первоначально найти место колонизации. Большинство проектов предусматривает строительство на поверхности планеты, так как это технологически проще. Но этот вариант не подходит по особым причинам. Во-первых, сильные колебания температуры между полушариями вызывают огромные пылевые бури, скорость которых достигает до 100 м/с, или пылевые смерчи, до 30 м/с. Во-вторых, необходимо учесть очень сильное воздействие солнечной радиации [4]. Также немаловажной проблемой являются астероиды; здесь они не успевают сгореть в атмосфере и, долетая до планеты, оставляют глубокие кратеры.

Но есть и другое, более безопасное решение. Ученые благодаря съемкам с космических аппаратов открыли пещеры. Темные объекты, более похожие на круглые отверстия, были найдены возле экватора. Они были исследованы при помощи инфракрасной съемки. Выяснилось, что температура на глубине 30 см поддерживается до -60°C, и она постоянна в любое время марсианских суток. Учитывая постоянство температур под марсианским грунтом, целесообразно размещать обитаемые станции на глубине, достаточной для надежной защиты, как от перепада температур, так и от воздействия солнечной радиации. Постоянная температура позволит применять известные земные технологии для создания комфортных жилых помещений будущих марсианских станций [5].

Таким образом, организация теплоснабжения заглубленной обитаемой марсианской станции, к надежности элементов которой предъявляются высокие требования [6], не так сложна. Применение известных теплоизолирующих материалов и земных систем теплоснабжения значительно облегчит процесс колонизации Марса.

Литература

1. Сергеева, Д. В. Особенности обеспечения жизнедеятельности на лунной станции / Д. В. Сергеева, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С 169.
2. Сергеева, Д. В. Обеспечение теплового режима обитаемой лунной станции / Д. В. Сергеева // Теплоэнергетика. Пятнадцатая всероссийская (седьмая

международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2020. – С. 118.

3. Якупова, И. Д. Тепловая изоляция в ближнем космосе / И. Д. Якупова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 83-85.

4. Якупова, И. Д. Защита от солнечной радиации в ближнем космосе / И. Д. Якупова // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – № 5. – С. 191-193.

5. Сергеева, Д. В. Тепловая конструкция для обеспечения базы под реголитом / Д. В. Сергеева, А. Е. Кондратьев // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXVI международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов (12-13 марта 2020 г., Москва): Тез. докл. – М.: ООО Центр полиграфических услуг «Радуга», 2020. – С. 1131.

6. 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.

УДК 621.57

Даутов Р. Р.

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

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Рассматриваются сведения о работе тепловых насосов для систем теплоснабжения, их конструктивные особенности, приведены сравнительные характеристики парокompрессионных и абсорбционных тепловых насосов.

Ключевые слова: тепловой насос, система теплоснабжения, низкопотенциальный источник, отопление, горячее водоснабжение.

В настоящее время применение возобновляемых источников тепловой энергии становится все более актуальным. Причинами этого являются истощение природных запасов топлива, вред экологии, а также невозможность использования традиционных источников, в частности природного газа. Последнее обусловлено труднодоступностью некоторых районов. Альтернативой традиционному газовому или электрическому

отоплению частных домов может послужить тепловой насос, использующий теплоту низкопотенциальных источников.

Тепловым насосом называется устройство, позволяющее преобразовать теплоту с низким температурным уровнем в теплоту более высокого уровня. Для применения данной установки необходимо наличие источника теплоты низкого потенциала. В качестве таких источников могут выступать грунтовая вода, грунт, окружающий воздух, сточные воды, вентиляционные выбросы и т. д. [1].

По конструкции тепловые насосы подразделяются на два основных типа: парокомпрессионные тепловые насосы (ПТН), которые используют электрическую энергию в качестве источника высокого потенциала, и абсорбционные (АТН), в которых высокопотенциальными теплоносителями являются горячая вода, пар и продукты сгорания.

АТН, в свою очередь, делятся на солевые и водоаммиачные. В водоаммиачных тепловых насосах абсорбентом является вода, а хладагентом – аммиак. В солевых абсорбент – водный раствор соли, а хладагент – вода. Наиболее широкое распространение получили водоаммиачные абсорбционные тепловые насосы.

Принцип работы АТН основывается на поглощении пара более низкой температуры абсорбентом, при этом одновременно происходит выделение теплоты. Источником энергии в данной теплонасосной установке могут выступать пар, горячие технические жидкости, газы, горячая вода. За счет тепла от низкопотенциального источника хладагент вскипает под вакуумом. Далее абсорбент выкачивается в генератор, в котором выпаривается ранее поглощенный водяной пар. После этого солевой концентрат возвращается в абсорбер, а конденсат паров хладагента в испаритель. В результате в АТН генерируется тепло [2].

Достоинствами абсорбционных тепловых насосов перед парокомпрессионными являются: использование избытков выработанного для других нужд тепла; довольно низкие эксплуатационные расходы; широкая сфера применения; нагрев подогреваемой среды до +50-90 градусов; более длительный срок эксплуатации; отсутствие движущихся частей, вибрации и шумов при работе. АТН также имеют явное преимущество перед ПТН с точки зрения воздействия на окружающую среду и безопасность – они не используют хладоны [3].

Суть работы ПТН состоит в следующем. Хладагент выходит в виде пара из компрессора с высокой температурой и давлением. Затем он попадает в конденсатор, где отдает свою теплоту воде, циркулирующей в системе отопления здания. Пар конденсируется, при этом теряя тепло. После этого горячий хладагент сбрасывает давление в дроссельном клапане. Рабочая жидкость частично превращается в пар. Образуется парожидкостная смесь, которая в испарителе получает тепло от окружающей

среды и преобразуется в холодный пар низкого давления. Далее компрессор снова сжимает пар, и цикл повторяется.

Классифицируются ПТН по низкопотенциальному источнику теплоты и нагреваемой среде ПТН на типы: «воздух-вода», «вода-вода», «грунт-вода», «воздух-воздух», «вода-воздух»; по типу используемого компрессора – на поршневые, винтовые, спиральные и турбокомпрессорные [4].

При оценке эффективности работы используют коэффициент трансформации COP, который численно равен отношению производимой и потребляемой энергии. Исходя из мировой практики, самым высоким COP для абсорбционных тепловых насосов является 1,7. Для ПТН коэффициент трансформации может достигать до 5. То есть, из каждых 5 кВт электроэнергии, затрачиваемых на отопление, на это приходится только 1 кВт.

Грунтовые парокомпрессионные тепловые насосы массово используют благодаря их высокой энергетической эффективности: на каждую затраченную единицу электрической энергии на помещение приходится 3-5 единиц тепловой энергии. Это объясняется тем, что температура грунтовой воды постоянно и практически не зависит от времени года. Тепло отбирается с помощью земляных вертикальных или горизонтальных коллекторов. В случае с вертикальными скважинами большим плюсом является возможность непосредственного водоснабжения частного дома помимо обеспечения его теплом [5].

Литература

1. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // Тинчуринские чтения: тезисы докладов XIII молодежной научной конференции: в 3-х т.; под общей редакцией Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2018. – С. 160-162.
2. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепловых насосов / И. М. Гатауллина // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2019. – Ч. 1 – С. 38-41.
3. Иванова, Е. А. Исследование работы теплового насоса: учебное пособие / Е. А. Иванова, А. Н. Козлобродов. – Томск: изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. – 64 с.
4. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 71-74.
5. Даутов, Р. Р. Перспективы применения тепловых насосов / Р. Р. Даутов // VI Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – №5 – С. 107-108.

Емельяненко П. А., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

ОПТИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается регенеративный отбор подогревателей паротурбинной установки, а также преимущества и недостатки регенеративных подогревателей.

Ключевые слова: регенерация, регенеративный подогреватель, теплопередача, температура питательной воды, паротурбинная установка.

Цель: ознакомиться с регенеративным подогревом питательной воды и определить оптимальное количество регенеративных подогревателей.

Под регенерацией в тепловых циклах понимают использование теплоты рабочего тела, совершившего механическую работу, на другом участке цикла. Наиболее подходящим для осуществления регенерации является участок нагрева питательной воды.

Регенеративный подогреватель предназначен для подогрева до заданной температуры питательной воды котлов теплом пара, который отбирается из промежуточных ступеней турбины.

Температура питательной воды – это температура воды, которую необходимо обеспечить перед входом в устройство теплообмена, где уходящие газы из котла обогревают питательную воду перед подачей в котельное оборудование.

Существуют два типа регенеративных подогревателей: поверхностного и смешивающего типов (рис. 1). Применение смешивающих подогревателей может дать экономию топлива до 0,3 %.

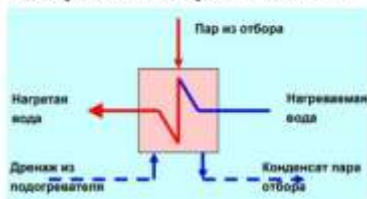
Преимущества смешивающих подогревателей:

- более простая конструкция;
- меньше капитальные затраты (в 1,4 – 1,8 раза по отношению к поверхностным);
- высокая надежность;
- более просты в эксплуатации и ремонте;
- более экономичны.

Недостатки смешивающих подогревателей:

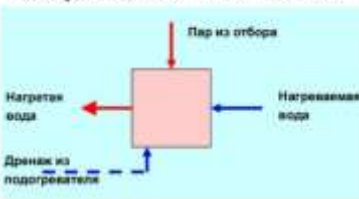
- для перекачки конденсата необходимы дополнительные насосы;
- при высоком давлении в отборе трудно обеспечить защиту от переполнения.

Подогреватели поверхностного типа



Теплопередача – через поверхность

Подогреватели смешивающего типа



Теплопередача – путем смешивания потоков

Рис. 1. Типы регенеративных подогревателей

Преимущества поверхностных подогревателей:

- независимость давления воды и пара;
- возможность использования одного насоса.

На рис. 2 представлена зависимость относительного повышения КПД установки $\Delta\eta_i$ от температуры питательной воды $t_{п.к}$ при разном числе ступеней подогрева (z).

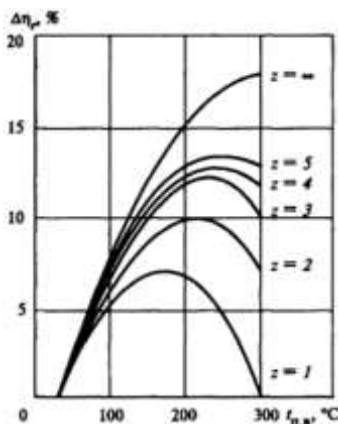


Рис. 2. Зависимость относительного повышения КПД установки

Из графика следует:

1. чем больше число отборов и подогревателей (z), тем выше КПД цикла;
2. максимум КПД достигается при оптимальном значении температуры питательной воды для установки с заданным z ;
3. с увеличением числа ступеней РППВ оптимальная температура питательной воды увеличивается;

4. с увеличением числа z прирост термического КПД замедляется. Каждый последующий отбор оказывает все меньшее влияние на повышение КПД.

Таким образом, на практике в энергетических ПТУ применяют 7–8 ступеней регенеративного подогрева питательной воды. Это позволяет повысить термический КПД ПТУ на 15–17 % (относительных).

Литература

1. Бродов, Ю. М. Теплообменники энергетических установок / Ю. М. Бродов, К. Э. Аронсов, С. Н. Блинков. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 964 с.
2. Бродов, Ю. М. Теплообменные аппараты в системах регенеративного подогрева питательной воды паротурбинных установок / Ю. М. Бродов, М. А. Ниренштейн, С. Н. Блинков. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1998. – 192 с.

УДК 620.179.1

Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О.

Казанский государственный энергетический университет

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ S-МЕТОДА АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

Аннотация. *Статья посвящена исследованию возможности применения S-метода анализа сигналов (метода средней крутизны ранжированной функции) для решения задачи виброакустического контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры. Проведены экспериментальные исследования, представлены основные результаты.*

Ключевые слова: *виброакустический контроль, трубопроводная арматура, течь, S-метод.*

В качестве экспресс-метода контроля герметичности затвора арматуры широко применяется акустический метод течеискания [1, 2]. Он основан на индикации акустических колебаний, возбуждаемых в объекте при вытекании жидкости или газа через неплотность.

При истечении газовых сред возбуждаются колебания звукового и ультразвукового диапазонов частот. Для контроля герметичности газовой арматуры часто используются датчики акустической эмиссии. Увеличение пропуска рабочей среды обнаруживается, как правило, по росту амплитуды диагностического сигнала. Однако амплитуда сигнала при

малых расходах утечки может оставаться практически неизменной, а при значительной утечке вновь упасть [2]. Это существенно снижает достоверность контроля герметичности затвора арматуры.

В связи с этим является актуальным применение для контроля герметичности трубопроводной арматуры новых методов, реагирующих не на увеличение амплитуды, а на изменение структуры сигнала.

Профессором Ю. Н. Кликушиным разработан S-метод (метод средней крутизны ранжированной функции). Этот метод используется для анализа одномерных временных рядов данных, выявляя их статистические стационарные свойства. Под стационарностью, в данном случае, понимается постоянство закона распределения.

Целью представленной работы является экспериментальное исследование возможности применения S-метода для контроля герметичности трубопроводной арматуры.

S-метод заключается в следующем. Исследуемый сигнал, представленный в виде выборочного ряда наблюдений, ранжируется по возрастанию. Из ранжированного ряда путем равномерной дискретизации выбирается 9 значений $\{c_1, c_2, \dots, c_9\}$, так что c_1 – первое, а c_9 – последнее значение ранжированного ряда. Затем вычисляется параметр S [3]:

$$S = \frac{c_8 - c_2}{c_9 - c_1} \cdot 100.$$

Идентификационная шкала, созданная на основе данного метода, представлена в виде таблицы для случайных сигналов с различными законами распределения [4].

Идентификационная шкала S-метода

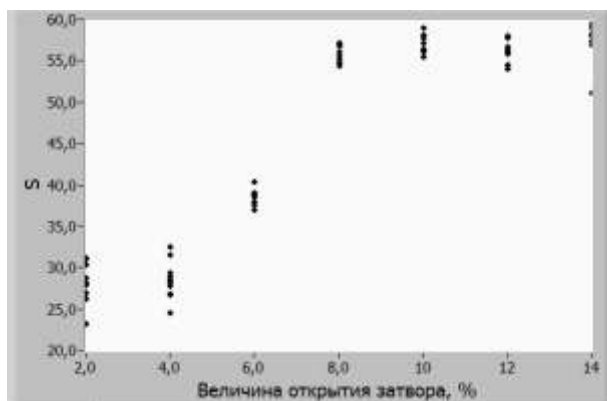
Вид закона распределения случайного сигнала	Значение идентификационного параметра S
Коши	0,1
Лапласа	15
Нормальный	32
Симпсона	51
Трапецеидальный	63
Равномерный	75
Арсинусный	92
Двумодальный	100

Экспериментальные исследования проводились на поршневой компрессорной установке. К патрубку ресивера компрессора были присоединены манометр, задвижка и труба.

Для регистрации виброакустического сигнала применялась измерительная система, состоящая из датчика акустической эмиссии GT350, согласующего устройства AG09, аналого-цифрового преобразователя Nantek 6022BE и персонального компьютера.

На трубе рядом с задвижкой устанавливался датчик акустической эмиссии. При полном закрытии задвижки в ресивере компрессора создавалось избыточное давление 6 бар. Затем открывался затвор задвижки на заданную величину, записывалось 10 сигналов длиной 112640 отсчетов с частотой дискретизации 1 МГц. Проведена серия экспериментов с разной величиной открытия затвора задвижки.

На рисунке представлены значения идентификационного параметра S для сигналов, полученных при разной величине открытия затвора задвижки. Из рисунка видно, что с увеличением протечки газа через затвор задвижки возрастает параметр S , меняется закон распределения мгновенных значений сигнала.



Зависимость параметра S от величины открытия затвора задвижки

Экспериментальные исследования подтвердили возможность применения S -метода для контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры. Целесообразно использовать S -метод в дополнении к традиционным критериям оценки величины протечки рабочей среды.

Литература

1. Виброакустический способ и диагностический комплекс для определения дефектов трубопроводов с использованием нейронной сети / Ю. Я. Петрушенко,

Ю. В. Ваньков, Ш. Г. Зиганшин и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2009. – №9-10. – С. 141-148.

2. Экспериментальное исследование параметров акустической эмиссии течи в задвижках фонтанных арматур / М. В. Бабенков, Д. В. Копытов, Д. В. Гуревич и др. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2015. – №11. – С. 12-14.

3. Кобенко, В. Ю. Идентификационные технологии контроля состояния объектов: методы, модели, устройства: дис. д-ра техн. наук: 05.11.13 / В. Ю. Кобенко. – Омск, 2018. – 490 с.

УДК 622.477:504.064.4

Иванов Д. В.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ МУСОРА

Аннотация. В статье рассмотрены перспективные технологии использования свалочного газа для утилизации горючих промышленных и бытовых отходов.

Ключевые слова: свалочный газ, экология, утилизация горючих отходов, биогазовая установка, биогаз, метан.

В России каждый год в результате хозяйственной и производственной деятельности производится от 35 до 40 миллионов тонн твердых отходов, кроме этого каждый житель страны ежегодно производит около 400 кг мусора. Все твердые отходы сбрасываются на свалки, и только незначительная часть идет на переработку. Утилизация свалок возможна двумя способами: захоронение и сжигание. Однако эти способы не достаточно эффективны и экологически вредны.

Вторичная переработка более экономична по сравнению с использованием сырья и помогает сберечь ресурсы. Например, использование макулатуры снижает количество срубленных деревьев, а использование металлолома экономит природные ресурсы. Сбор отходов, которые могут быть переработаны, может осуществляться разделением мусора при его сортировке.

Захоронение – наиболее распространенный вид способ борьбы с твердыми бытовыми отходами, используемый сегодня в России. По имеющимся данным, таким способом утилизируется около 95% строительного

мусора в Российской Федерации. Ежегодный рост количества отходов приводит к значительному дефициту мест для мусорных полигонов. Хранение больших массивов органического мусора подвергается разложению, что сопровождается выбросом вредных газов в воздух. Загрязняющие вещества попадают на поверхность земли, воды и загрязняют почву. Согласно многим исследованиям, свалка не обеспечивает бактериологической и эпидемиологической защиты и не является хорошим активом, учитывая стоимость земли и необходимость ее рекультивации.

По сравнению с организацией хранения, сжигание является более сложным способом утилизации отходов. Также необходимо учитывать, что при сжигании отходов образуются вредные вещества и продукты неполного сгорания, которые выбрасываются в воздух. Однако, по мнению экспертов, технология утилизации бытовых отходов сжигания является «наименее вредной» по сравнению с уже перечисленными способами избавления от мусора. Кроме того, сжигание можно рассматривать как способ использования вторичных ресурсов с получением тепловой энергии.

Процесс естественной переработки органических отходов сопровождается выделением свалочного газа, который образуется в результате анаэробного разложения отходов (остатков органики, бумаги, бумажных полотенец и т. д.). В результате свалочные газы содержат около 50-75% метана, 25-50% CO₂ и азота, сероводород и органические загрязнения [1].

Список отходов, пригодных для производства биогаза, обширен. К ним относятся навоз, куриный помет, продукты, полученные из пшеницы и ячменя, зерна, фекалии, рыба и туши (кровь, жир, желудок), трава, бытовые отходы, молочные отходы [2]. Помимо отходов, биогаз можно получить из специально выращенных энергетических культур, таких как силосная кукуруза и водоросли. Добыча газа может достигать 300 м³ на тонну. Одна тонна навоза дает 50-65 м³ биогаза с содержанием метана 60%, 150-500 м³ биогаза от различных типов растений с содержанием метана до 70%. Максимальный объем биогаза – 1300 м³ с содержанием до 86% метана – можно получить из жира. Использование ферментов, ускорителей разложения искусственного сырья (например, ультразвуковых или жидких кавитаторов) и других устройств позволяет сегодня увеличить выход биогаза в наиболее распространенных системах с 60 до 95%.

Свалочный газ можно получить с помощью биогазовых установок [3]. Биогазовая установка состоит из нескольких технических сооружений, включая объекты для обработки сырья, производства биогаза и удобрений, очистки и хранения биогаза, производства электроэнергии и тепла, а также для автоматического управления станции [4]. В настоящее время производство энергии на биогазе эффективно используется во всем мире. Применение биогазовых технологий позволяет решать такие важные вопросы, как зависимость от повышения тарифов и возможные перебои в поставках газа и электроэнергии.

Образующийся свалочный газ возможно применять для сжигания переработанных отходов.

В заключение можно сделать вывод, что в условиях стремительного роста промышленных технологий, повышения потребительских возможностей населения и, как следствие, увеличения объема промышленных и бытовых отходов, значительная часть которых носит органический характер, проблема утилизации таких отходов весьма актуальна [5]. Получение свалочного газа и использование его для термической утилизации горючего мусора значительно снизит экологическую нагрузку на районы, в которых расположены свалки мусора.

Литература

1. Макуева, Д. А. Использование биологического топлива при производстве электроэнергии и тепла / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – № 1. – С. 90-91.
2. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Всероссийская конференция молодых ученых и студентов «Экологическая безопасность в техносферном пространстве». – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 88-90.
3. Кондратьев, А. Е., Павлов, Г. И., Борисов, С. Г., Загретдинов, А. Р. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент RU 2422385, 2011.
4. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104.
5. Калачева, С. Р., Кондратьев, А. Е. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент на полезную модель RU 105449 U1, 10.06.2011. Заявка № 2011102657/05 от 24.01.2011.

Ившин Р. В.

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

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РАБОТЕ КОТЕЛЬНОЙ

***Аннотация.** Методы повышения энергоэффективности в работе котельной при внедрении дополнительного оборудования в виде установки газопоршневых агрегатов и конденсационного теплообменника.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, газопоршневая установка, энергосбережение, конденсационный теплообменник, котельная.*

В последнее время всё более актуальным направлением повышения эффективности работы котельной является внедрение газопоршневых установок (ГПУ), которая позволяет достичь полной независимости от энергосетей, а также повышения цен и тарифов.

Данный предложенный метод дает возможность решить одну из важнейших проблем в энергетике, а собственно, сложность подключения к централизованным сетям. В системах центрального теплоснабжения источник теплоты и сами потребители данной тепловой энергии находятся в разных местах, чаще всего на достаточно удаленном расстоянии друг от друга, в связи с этим теплота, подаваемая от источника теплоты до потребителя, передается по тепловым сетям, отсюда следует, что есть необходимые крупные материальные затраты на прокладку сетей, которые, в свою очередь, будут окупаться крайне продолжительный срок времени. Использование ГПУ дает нам возможность взглянуть на данный вид проблемы с другой стороны. Газопоршневые установки могут быть размещены на любом объекте как имеющегося здания, так и строящегося в настоящее время, а также параллельно дают возможность снизить затраты, связанные с подключением к централизованным сетям. Выделяя эксплуатационные затраты в ГПУ, можно как выделить, так и отметить некоторые преимущества. Газопоршневые установки функционируют на газах и их смесях, которые можно отнести к бюджетному виду топлива. Простота технического устройства ГПУ позволяет произвести установку достаточно просто и в кратчайшие сроки. Эксплуатация газовых поршневых установок позволяет достаточно точно адаптировать работу к рас-

ходу топлива, что, в свою очередь, обеспечит быструю окупаемость. Помимо всех вышеперечисленных положительных факторов, можно также отметить экологичность данной установки и её высокую надежность. Работа ГПУ не вредит находящейся рядом с ней окружающей среде, а также людям, живущим и работающим в непосредственной близости. Актуальность возможностей получения собственной электрической и тепловой энергии стала заметной в связи с активным повышением тарифов на электроэнергию и теплоснабжение.

Значительное число крупных и средних предприятий увидели преимущество в переходе на собственное производство электроэнергии из газа. Улучшение качества теплоснабжения повышается за счет выработки тепловой энергии в месте потребления, что, в свою очередь, устраняет потери при передаче. Окупаемость ГПУ напрямую зависит от её производительности, что, в свою очередь, даст возможность сократить срок окупаемости установки без учета повышения тарифов на электроэнергию и энергоснабжение. [1].

Газифицированные котельные обладают достаточно высокими технико-экономическими показателями из-за отсутствия потерь теплоты при сжигании природного газа, благодаря механической неполноте сгорания, химической неполноте сгорания близкой к нулю и крайне несущественной потерей теплоты в окружающую среду.

Уходящие газы несут за собой значительные потери тепловой энергии, которые в котлах без хвостовых поверхностей могут достигать четверти от общего объема.

Температура отработавших продуктов сгорания при номинальной нагрузке газомазутных паровых котлов типа ДЭ, находящихся за экономайзером при работе на газе, составляет 140-160 °С, а на мазуте 170-190 °С. В водогрейных газомазутных котлах типа КВ-ГМ эта температура еще выше – 140-190 °С и 180-230 °С соответственно. Основным способом снижения расхода топлива является снижение температуры отработавших продуктов сгорания. [2].

Для этих целей широко используются конденсационные теплообменники (КТ) контактного и поверхностного типов. Эти конденсационные теплообменники позволяют охлаждать отходящие дымовые газы ниже точки росы, а также полезно применять скрытую теплоту конденсации, выделяющуюся при сгорании водяного пара. [3].

Точка росы продуктов сгорания газа составляет 55-60 °С. Из-за высокого содержания водяного пара и конденсата в виде опресненной воды возникает эффективность использования КТ для утилизации тепла про-

дуктов сгорания природного газа [4]. Конденсат, полученный этим способом после дегазации, то есть удаления растворенных в нем CO_2 и O_2 , используется в качестве питательной воды котла. Также не секрет, что контактные (смесительные) теплообменники широко применяются в промышленности и энергетике (скрубберы, абсорбционные и ректификационные колонны, градирни и др.).

В заключение хотелось бы отметить, что внедрение этих методов является эффективным решением в оптимизации работы котельной.

Литература

1. Решетникова, М. О. Сборник энергосберегающих мероприятий. Практическое руководство / М. О. Решетникова. – М.: Инфра-М, 2015. – 448 с.
2. Хафизов, Ф. М. Энергосбережение при реконструкции производственной котельной с паровыми котлами / Ф. М. Хафизов, А. М. Сулейманов, Е. В. Бурдыгина // Трубопроводный транспорт-2011: материалы VII Международной учебно-научно-практической конференции. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2011. – С. 241-243.
3. Пилипенко, Н. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие / Н. В. Пилипенко. – СПб: НИУ ИТМО, 2016. – 271 с.
4. Трофимов, А. Ю. Утилизация избыточного давления топливного газа в системе теплоснабжения / А. Ю. Трофимов, М. В. Толчева // Трубопроводный транспорт-2016: материалы XI Международной учебно-научно-практической конференции, 2016. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет. – С. 386-387.

УДК 697

Исаева Е. А.

Научный руководитель: Политова Т. О.

Казанский государственный энергетический университет

ИЗНОС И ПОВРЕЖДЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены причины возникновения повреждений тепловых сетей и пути их решения.

Ключевые слова: тепловые сети, дефекты, повреждения, причины повреждения труб, методы предотвращения повреждений.

Тепловая сеть является системой изолированных труб, которая принимает тепло из центрального источника и доставляет его в ряд бытовых и нежилых зданий. Тепловые сети могут охватывать большую площадь или даже целый город, или быть достаточно локальными, снабжая небольшой сектор зданий. Они являются одним из наиболее экономически эффективных способов сокращения выбросов углекислого газа в результате нагрева.

Вводятся начальные допущения, чтобы описать процесс накопления повреждений в системах теплоснабжения.

1. Системы теплоснабжения проектируются согласно правилам нормативных документов.

2. Постройка систем теплоснабжения производится согласно правилам проектной документации.

3. Из-за физического износа в процессе эксплуатации систем теплоснабжения повреждения накапливаются.

4. При сборке тепловых сетей могут быть допущены дефекты, которые несущественно влияют на прочность теплоснабжения.

5. Скорость накопления повреждений прямо пропорциональна количеству повреждений.

6. При уменьшении запаса надежности увеличивается степень физического износа тепловых сетей.

7. Степень физического износа прямо пропорциональна количеству повреждений тепловых сетей.

8. Количество повреждений ограничивается их критическим уровнем.

9. Возможность появления аварийных происшествий возрастает, если физический износ системы теплоснабжения достигнет предельного значения при количестве повреждений.

Несчастные случаи происходят не просто так, они вызваны небезопасными действиями и условиями. Для того чтобы улучшить общую производительность безопасности, мы должны исследовать основные причины повреждений трубопроводов.

Основными причинами повреждения труб являются:

1. коррозия трубопроводов;
2. разрушение сварных швов;
3. износ оборудования;
4. нарушение порядка выполнения работ на тепловых сетях;
5. брак изготовления;
6. воздействие стихийных явлений природного происхождения.

Коррозионные разрушения являются главной причиной повреждений трубопроводов тепловых сетей и составляют около 90 %. Коррозия может быть сконцентрирована локально, чтобы сформировать яму или трещину, или она может распространяться на широкую область, чтобы привести общее ухудшение. Вещество, которое вызывает коррозию, называется коррозионным веществом. Коррозионным веществом могут быть твердые материалы, жидкости или газ.

Существует множество методов снижения коррозии во всех типах конструкций. Выделяют пять основных типов предотвращения коррозии:

- нанесение защитных покрытий,
- снижение агрессивности среды, в которой производятся и эксплуатируются металлические изделия,
- электрохимический метод защиты,
- использование ингибиторов,
- шлифование поверхностей труб.

Надежность работы трубопроводов напрямую зависит от качества выполненных работ по технической диагностике, которая предполагает проведение аналитических процедур по оценке технического состояния труб. Результат технической диагностики во многом зависит от результатов анализа, полученных в ходе проверки. Это, в свою очередь, зависит от наличия соответствующих нормативных документов, методов оценки и других материалов, позволяющих максимально оценить негативное влияние всех выявленных дефектов.

Вывод

Для увеличения срока действия тепловых сетей нужно вовремя проводить ремонтные работы, качественно выбирать материалы для изготовления труб и соблюдать правила проектной документации.

Литература

1. Горшков, А. С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний / А. С. Горшков // Строительные материалы. – 2009. – № 8. – С. 12-17.
2. Моисеев, Е. Ю. Анализ статистики аварийных ситуаций на тепловых сетях г. Дубна / Е. Ю. Моисеев // Системный анализ в науке и образовании. – 2015. – № 3 (29). – С. 11-20.
3. Балабан-Ирменин, Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, Н. Г. Фокина, С. Ю. Петрова // Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования: материалы III научно-практической конференции. – М.: Экспоцентр, 2009. – С. 11-20.

Исмагилова Г. И.

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

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОГЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. В последние годы появилось много сообщений о разработке и использовании нового класса материалов – аэрогелей. Аэрогели представляют собой твердое вещество с очень низкой плотностью и большим количеством пор, заполненных воздухом или газом. В данной статье представлена общая информация уникального материала – аэрогеля, его характеристика и применение в качестве теплоизоляционного материала, предназначенного для защиты как от высоких, так и от низких температур.

Ключевые слова: аэрогель, теплоизоляция, теплопроводность, гидрофобность, паропроницаемость.

В современном мире нанотехнологии в строительной области развиваются стремительными темпами. Уже придуманы новые арматурные стали, самоочищающиеся стекла, износостойкие покрытия. Недавно был придуман новый уникальный материал – аэрогель.

Аэрогель – это класс материалов, представляющий собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Структура с открытой пористостью более 90% микро- и нанодиапазона.

Аэрогели применяются в космической отрасли, приборостроении, строительстве и в промышленности в качестве теплоизолирующих и теплоудерживающих материалов для теплоизоляции стальных трубопроводов различного оборудования с высоко- и низкотемпературными процессами, зданий и других объектов.

Теплоизоляционные материалы на основе аэрогеля представляют комбинацию самого аэрогеля и основы (стеклянного или кремнезёмного волокна). Такие материалы обладают уникальным набором характеристик, в том числе температура применения от -200 до 1000 градусов, теплопроводность $\lambda_{10} = 0,019 \text{ Вт/(м*К)}$, $\lambda_{300} = 0,039 \text{ Вт/(м*К)}$.

Аэрогель – самый энергоэффективный инновационный теплоизоляционный материал. Для того, чтобы убедиться в этом, сравним теплопроводности таких теплоизоляционных материалов, как: аэрогель, базальтовая вата, пеностекло, силикат кальция. Данное сравнение приведено на рисунке.

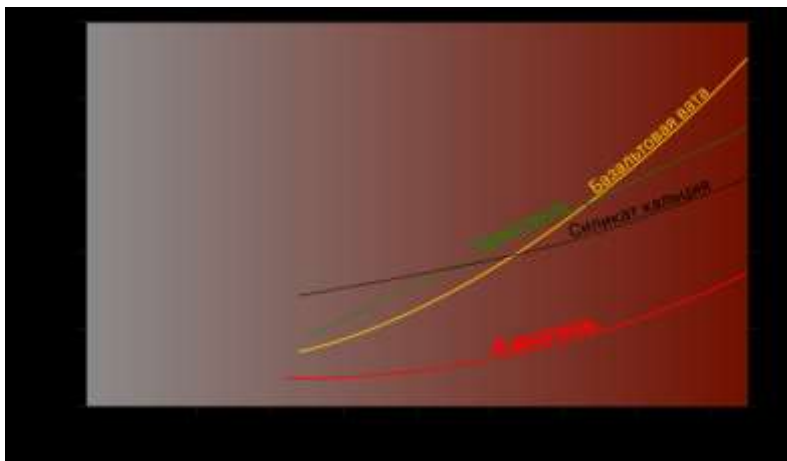


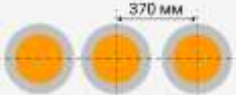
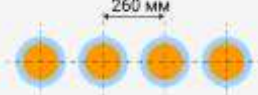
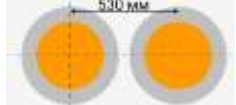
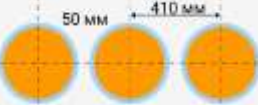
График зависимости коэффициента теплопроводности от температуры

Объясним выгоду применения аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала на трубах. Предположим, что нам необходимо определить толщину теплоизоляционного слоя вокруг трубы диаметром 150 мм на метровом участке. Температура носителя 350°C, а окружающей среды 25°C. Мы будем применять нормы согласно СП 61.13 330.2012. Результаты расчетов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Тип изоляции	Базальтовая вата 	Аэрогель 
Финальный размер (мм)	390	230
Толщина изоляции (мм)	120 (60 мм/слой, 2 слоя)	40 (10 мм/слой, 4 слоя)
Площадь, м ²	207,24	250,16
Объем, м ³	9,42	2,50
Норма плотности теплового потока, Вт/м	147	147
Расчетная плотность теплового потока, Вт/м	143	141,1

Таблица 2

Тип изоляции	Базальтовая вата	Аэрогель
d трубы: 50 мм Увеличение рабочего пр-ва на 56%		
d трубы: 150 мм Увеличение рабочего пр-ва на 44%		
d трубы: 300 мм Увеличение рабочего пр-ва на 28%		

В результате проведенного изучения научно-технической литературы выяснилось, что применение теплоизоляции на основе аэрогеля сэкономит пространство при размещении трубопроводов и оборудования за счёт существенного снижения толщины теплоизоляции.

В сравнении с аналогичными по эффективности высокотемпературными решениями, теплоизоляция на основе аэрогеля будет легче. Следовательно, снизятся нагрузки на трубопроводы, эстакады и несущие элементы.

Материал на основе аэрогеля служит не менее 20 лет. Многократное использование данного материала снижает затраты на ремонт и обслуживание трубопроводов и оборудования.

Аэрогель – гидрофобный, но при этом паропроницаемый и не имеет деградирующего связующего, то есть в течение всего срока эксплуатации сохраняются заявленные характеристики без изменений.

Литература

1. Аэрогель – материал будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doma-iz-penobloka.ru/stati/aerogel-material-budushchego>.
2. Инновации в строительстве: аэрогелевая изоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://remontyes.ru/6163-innovacii-v-stroitelstve-aerogelevaya-izolyaciya.html>.
3. Теплоизоляция на основе аэрогеля: теплопроводность, плотность и температура применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/teploizolyatsiya/teploprovodnost>.

Кабатьева А. Ю.

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

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАГОТОВОК ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК

***Аннотация.** Своевременная диагностика заготовок турбинных лопаток значительно увеличит надежность газотурбинной установки. Рассмотрен виброакустический способ контроля заготовок турбинных лопаток.*

***Ключевые слова:** газотурбинная установка, заготовка турбинной лопатки, надежность, площадь спектра, статистика амплитуд.*

В настоящее время одной из перспективных энергетических установок является газотурбинная установка.

Обеспечение высоких характеристик современных и перспективных газотурбинных установок невозможно без существенного повышения температуры газа перед турбиной, что накладывает дополнительные требования по надежности рабочих лопаток турбины. В связи с этим все большее значение приобретает повышение надежности турбинных лопаток и поиск новых, перспективных способов определения их технического состояния.

Основными требованиями, предъявляемыми к методам неразрушающего контроля, являются высокая точность и чувствительность, достоверность, технологичность с возможностью максимальной автоматизации, а также экологическая чистота. Наиболее полно этим требованиям отвечают акустические методы диагностики, а среди них, по мнению автора, наиболее приемлемым и перспективным для диагностики заготовок лопаток газотурбинных установок является метод собственных колебаний [1].

Для практической реализации акустического неразрушающего контроля параметров собственных колебаний заготовок лопаток газотурбинной установки разработана и изготовлена измерительно-диагностическая установка, предназначенная для возбуждения собственных колебаний в объекте исследования и измерения акустических амплитудно-частотных характеристик газотурбинной лопатки [2].

Объект исследования возбуждается электромеханическим ударником, нормированным по длительности и амплитуде ударом, формирующимся в блоке управления. Колебания объекта фиксируются одним или

двумя микрофонами, усиливаются и поступают на АЦП, где преобразовываются в цифровой код для обработки в ЭВМ [3].

Полученные в контрольных точках лопатки амплитудные спектры сравниваются между собой с привлечением целевых функций сравнения. По сходимости спектров проверяемой и какой-либо дефектной лопатки делается вывод о наличии в ней дефекта и предположительное место его нахождения [4].

Сравнение анализируемых спектров сводится к регистрации отличий этих спектров от заданных по группе параметров. При этом вычисляются [5]:

- площадь спектра (в т. ч. разностного) и двух его поддиапазонов;
- статистика амплитуд;

Для проведения исследований отобраны 14 заготовок газотурбинных лопаток, из них 5 заготовок с заранее известными дефектами (трещины входной кромки пера длиной 0,5-2 мм), с которыми приведены измерения по описанной выше методике.

Анализ площади спектра и статистики амплитуд заготовок лопаток газотурбинной установки показали, что характеристики спектров заготовок лопаток с дефектом выходят за пределы доверительного интервала, при этом анализ статистики амплитуд спектров показал, что крупные (заготовки 5 и 7) определяются однозначно, более мелкие дефекты (заготовки 6, 11 и 13) также определяются, но с наименьшей вероятностью. Анализ площади спектра однозначно показал дефектную заготовку 7, остальные попали в неинформативную область.

Литература

1. Кондратьев, А. Е., Ваньков, Ю. В., Загретдинов, А. Р. Способ виброакустического контроля изделий и устройство для его осуществления // Патент на изобретение RU 2455636 C1, 10.07.2012. Заявка № 2010147778/28 от 23.11.2010.
2. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104.
3. Загретдинов А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ivdon.ru/magazine/archive/N4y2014/2597](http://vdon.ru/magazine/archive/N4y2014/2597).
4. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев и др. // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38.

5. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – №2. – С. 55-57.

УДК 620.92:658.26

Кабатьева А. Ю.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

***Аннотация.** Произведен анализ возможности применения геотермальной энергии и низкопотенциальной энергии грунтовых вод для систем теплоснабжения.*

***Ключевые слова:** геотермальная энергетика, низкопотенциальная энергия, тепловой насос, тепловая нагрузка, экология.*

Одной из глобальных проблем современного мира является истощение природных ресурсов. В настоящее время для нужд человечества используется огромное количество нефти и газа, но эти ресурсы не вечны. По расчетам, запас нефтяных ресурсов планеты исчерпается к концу нынешнего столетия. Поэтому в настоящее время все большее внимание уделяется развитию альтернативных источников энергии. Одним из видов возобновляемой энергии является геотермальная энергетика [1].

Геотермальная энергетика – направление энергетики, которое основывается на использовании тепловой энергии недр Земли для отопления или горячего водоснабжения. Тепловые запасы недр Земли практически неисчерпаемы – при остывании ядра на 1°C выделится $2 \cdot 10^{20}$ кВт·ч энергии, что в 1000 раз больше, чем содержится во всем разведанном ископаемом топливе, и в миллионы раз больше годового энергопотребления человечества. При этом температура ядра превышает 6000°C, а быстрота остывания оценивается в 300-500°C за миллиарды лет.

Применение теплоты грунтовых вод возможно на всей территории России. Построение системы теплоснабжения с применением теплового насоса, где низкопотенциальным источником тепла выступают грунтовые воды, позволит значительно снизить нагрузку на топливную систему [2]. Кроме того, частичный отказ от теплоты при сжигании углеводородного топлива существенно улучшит экологические показатели [3].

В России геотермальные источники для получения тепловой энергии используются в таких областях, как Камчатка, Краснодарский и Ставропольский край, а также Курильские острова. Потенциал геотермальной энергии в России значительно превышает запасы органического топлива (до 10-15 раз). Выявленные в России запасы геотермальных вод (температура 40-2000°С, глубина залегания до 3500 м) составляет около 14 млн. м³ горячей воды в сутки, соответствующих 30 млн условного топлива.

Литература

1. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: тезисы докладов XIII молодежной научной конференции: в 3-х томах. – Т. 2. – Казань: КГЭУ, 2018. – С. 160-162.
2. Даутов, Р. Р. Перспективы применения тепловых насосов / Р. Р. Даутов // VI Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – №5. – С. 107-108.
3. Акбуляков, А. Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома / А. Т. Акбуляков // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 5-6.

УДК 697.341

Кабиров Д. Р.

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

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

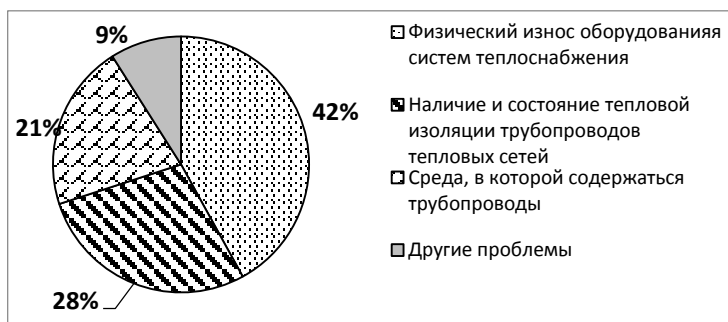
***Аннотация.** Представлен анализ разных проблем, оказывающих влияние на надежность теплосетей г. Казани.*

***Ключевые слова:** тепловые системы, надежность теплосистем.*

Современный этап развития энергетики страны во многом связан именно с повышением надежности всего энергетического комплекса. Подобный вывод можно сделать после проведенного анализа разных источников, которые показывают заметное ухудшение по технико-экономиче-

ским показателям теплоснабжающих комплексов, расположенных в разных городах России. Основными причинами можно назвать проблемы в промышленном производстве и дефицит финансовых вложений. Подобная ситуация приводит к побочным, но не менее значимым проблемам. Недостаточность финансовых вложений не дает возможности для своевременной замены теплоносителей. Износ сетей приводит к большим потерям тепловой энергии при транспортировке теплоносителей до 25%, из-за этого повышается количество аварий в системах теплоснабжений, что, в свою очередь, приводит к недоотпуску теплоты потребителям. Такая ситуация, разумеется, отражается и на отношении потребителей, которые вынуждены получать и оплачивать большие счета, при этом недополучая ожидаемые услуги. Даже проводимые в стране процессы реорганизации в системе теплоснабжения не дают ожидаемых позитивных результатов. Процесс идет медленными темпами, зачастую уже отстает от необходимых и своевременных требований, предъявляемых к техническому перевооружению отрасли. Таким образом, можно сказать, что в целом система теплоснабжения страны накопила множество требующих особого внимания и эффективных действий ситуаций, которые связаны с экономическими, организационными, техническими и социальными проблемами. Все это создает социальную напряженность в обществе. Только применение адекватных необходимых мер в направлении решения всех этих проблем приведет к интенсивному дальнейшему развитию страны. Одним из существенных шагов может являться повышение надежности всей системы теплоснабжения.

Проанализировав современное состояние тепловых сетей на примере города Казань, можно отметить, что здесь также видны все вышеперечисленные проблемы в разной степени выраженности (рисунок).



Факторы, влияющие на снижение надежного теплоснабжения потребителей и распространенные на территории г. Казани

Сначала представим небольшую справку по состоянию тепловой системы города Казани. Территориально город разделен на пять энергорайонов: центральный, восточный, южный, северный, западный. В каждом из них есть свои особенности почв и уровня грунтовых вод, а также у каждого из них своя протяженность трубопроводов и разница в типах изоляции и годе прокладки. Сейчас горячая вода подается потребителям централизованно по сетям горячего водоснабжения протяженностью около 300 км. В основном, проложены стальные трубопроводы, обернутые в традиционную изоляцию. Оборудование индивидуальных тепловых пунктов и сетей горячего водоснабжения имеют значительный износ, причем как физический, так и моральный. Большое влияние на срок службы имеют та почва и активность грунтовых вод, в которых они проложены. Для стальных труб из-за коррозионного процесса срок службы не превышает 7-8 лет.

Собранные данные последних лет на предприятии АО «Татэнерго» по повреждениям на тепловых сетях (существующим дефектам) показали важность изменений. Это позволило ввести в работу несколько различных методов технического диагностирования, что повысило эффективность выявления проблем. Средний износ сетей составляет около 50 %. Следствием достаточно высокого уровня износа сетей является повышенный уровень потерь воды и тепловой энергии. Выявление всех этих проблем привело к началу значительных изменений во всей системе теплоснабжения города.

Наиболее существенным фактором повышения надежности теплосетей, на наш взгляд, является производимая замена стандартных труб на трубы с пенополиуретановой изоляцией, а также уже прокладка новых сетей с использованием в подавляющем большинстве таких труб. Можно выделить основные преимущества труб с пенополиуретановой изоляцией: их высокая теплоизоляция и прочность характеристик; коэффициент теплопроводности λ при средней температуре 50°C не более 0,033 Вт/(мК); снижение тепловых потерь с действительных 25-30% до 2-3%; уменьшение эксплуатационных затрат в 2 раза и расходов на ремонт теплотрасс в 3 раза; возможность быстрого обнаружения утечек благодаря системе ОДК; увеличение срока службы трубопроводов с 10-15 до 30 лет и более.

Таким образом, можно сказать, что снизить существующие проблемы и повысить надежность системы теплоснабжения может применение вышеописанных действий, разумеется, с учетом ряда существующих недостатков при прокладке трубы с пенополиуретановой изоляцией.

Литература

1. Федеральный закон РФ от 27 июля 2010 г. №190-ФЗ «О теплоснабжении».
2. МДС 41-6.2000 от 06.09.2000 № 203 «Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах РФ».
3. Эффективность пенополиуретановых труб при модернизации теплосетей / Г. Н. Байдюсенов, С. К. Абильдинова, А. А. Елеманова и др. // Известия КазГАСУ. – 2020. – №1 (51). – 109-117.
4. Обеспечение надежности тепловых сетей при проектировании новых объектов, реконструкции и авторском надзоре / Ю. В. Ваньков, В. И. Богаткин, У. Б. Учаров и др. // Энергетика Татарстана. – 2011. – № 4 (24). – С. 52-55.

УДК 620.92

Клюкин И. И.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЖИДКОЕ ТОПЛИВО

Аннотация. *Произведен анализ перспективного способа преобразования солнечной энергии в жидкое топливо. Показана целесообразность продвижения по данному направлению.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, жидкое топливо, метанол, экология, теплоснабжение.*

Известно, что производство электроэнергии с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) достаточно нестабильно. Все развитые страны работают над преобразованием солнечной энергии в экологическое топливо [1]. Больших успехов в данной тенденции добились китайские ученые, которые завершили двадцатилетний проект по преобразованию солнечной энергии в жидкое топливо.

Как известно из последних новостей, китайским учёным удалось синтезировать жидкий продукт, причем данный продукт содержит порядка 90% метанола. Идея проекта была заложена еще в далеком 2001 году и к январю 2020 года удалось создать первую экспериментальную установку на основе солнечной энергетики [2].

Одна такая установка способна производить до 1500 тонн метанола в год. Как известно, метанол получается в процессе синтеза из оксида углерода и водорода на катализаторе. Водород, в свою очередь, получается в процессе электролиза воды (собственно для чего и нужна энергия, в частности солнечная).

Как сообщает достоверный источник, 1 тонна водорода способна хранить в себе объём энергии порядка 33Мвт*ч, здесь стоит отметить, что речь идёт о водороде, а не о метаноле, то есть непосредственно топливо, полученное установкой, будет иметь большую ёмкость энергии.

Также стоит отметить, что экспериментальная установка способна перерабатывать углекислый газ, следовательно, полученное топливо будет и достаточно экологичным. Использование метанола в качестве топлива, полученного преобразованием солнечной энергии, значительно удешевит затраты на систему отопления и улучшит экологическую ситуацию страны в целом [3].

Перспективы данного направления развития использования солнечной энергии заключаются в следующем [4,5]:

1. улучшение экологии, за счет уменьшения вредных выбросов;
2. возможен перевод теплоснабжения на метаноловое топливо;
3. исчезнет конкуренция за невозобновляемые источники топлива;
4. исчезновение опасных предприятий для производства электроэнергии и тепловой энергии [6], таких как атомные электростанции.

Однако у данного направления есть определенные недостатки:

1. технология еще недостаточно отработана;
2. установка все еще экспериментальная, и неизвестно, сколько времени потребуется для того, чтобы реализовать проект полностью.

Данное направление использования солнечной энергии выглядит очень перспективно, но, к сожалению, еще не развито, а в дальнейшей перспективе может изменить весь мир за счет огромного потенциала производимого топлива.

Литература

1. Анастасьева, Д. А. Перспективы использования солнечной энергетики для получения тепловой энергии / Д. А. Анастасьева // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 96-98.
2. Калинина, М. В. Оценка эффективности применения солнечных коллекторов разных модернизаций / М. В. Калинина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 93-95.

3. Камаева, Г. Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого помещения / Г. Р. Камаева // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 146-147.
4. Гилязова, Г. Р. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления / Г. Р. Гилязова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 25-27.
5. Фаритова, А. А. Особенности конструкции вакуумных солнечных коллекторов / А. А. Фаритова // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»: в 3 т. – Т. 2. (Казань, 24-27 апреля 2018 г.). – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – С. 461-464.
6. Гапоненко, С. О. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.

УДК 62-543

Курочкина К. Ю.

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

РАСЧЕТ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. В статье проведен расчет регулирующей трубопроводной арматуры газорегуляторного пункта (ГРП) резервной газовой сети Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Ключевые слова: регулирующая арматура, система топливоснабжения.

Энергетическая трубопроводная арматура по назначению подразделяется на запорную, защитную и регулирующую.

Запорная арматура служит для включения и отключения потока теплоносителя и представлена запорными задвижками и клапанами (вентильями).

Защитная арматура препятствует возникновению ненормальных ситуаций, которые опасны для людей и выводят оборудование из строя. Это, прежде всего, предохранительные клапаны, служащие для защиты трубопровода или резервуара от чрезмерного повышения давления.

Регулирующая арматура предназначена для изменения и поддержания параметров рабочего тела или его расхода и включает регулирующие и дроссельные клапаны, редукционные установки и др.

Целью работы является расчет регулирующей трубопроводной арматуры газорегуляторного пункта (ГРП) резервной газовой сети Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Объектом проектирования является система топливоснабжения Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Методы исследования основаны на положениях теории газоснабжения.

Расчет регулятора давления производят по расчетному расходу газа через ГРП в зависимости от давления газа на входе в ГРП (из расчета ответвлений сети высокого давления) и давления газа на выходе из ГРП (из расчета распределительных газопроводов низкого давления).

Пропускная способность регулятора давления определяется по паспортным характеристикам.

Паспортная пропускная способность регулятора давления определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \text{при } \frac{P_2}{P_1} > 0,5, \quad V_{II} &= \frac{V_{ГРП}}{0,031 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_1}{p_r}}}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \\ \text{при } \frac{P_2}{P_1} < 0,5, \quad V_{II} &= \frac{V_{ГРП} \cdot \sqrt{p_r}}{0,057 \cdot P_1}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \end{aligned}$$

где V_{II} – паспортная пропускная способность регулятора давления, м³/ч;

P_2 – давление газа на выходе из ГРП, кПа;

P_1 – то же, на входе в ГРП, кПа;

ΔP – расчетный перепад давления в регуляторе, кПа;

$V_{ГРП}$ – расчетный расход газа через ГРП, м³/час;

p_r – плотность газа, кг/м³.

Исходные данные:

Давление газа на входе в ГРП, кПа $P_1=1200$

Давление газа на выходе из ГРП, кПа $P_2=70$

Расчетный расход газа через ГРП, м³/час $V_{ГРП}=120000$

Плотность газа, кг/м³ $p_r=0,73$

$$\text{Расчет: } \frac{70}{1200} = 0,058 < 0,5, \quad V_{II} = \frac{120000 \cdot \sqrt{0,73}}{0,057 \cdot 1200} = 1498,95 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

После определения паспортной характеристики регулятора давления подберем регулятор на сайте завода «Газмашпром», занимающегося производством промышленного газового оборудования, с ближайшими

большими техническими характеристиками и рассчитываем пропускную способность регулятора давления по формуле:

$$\text{при } \frac{P_2}{P_1} > 0,5, \quad V = 0,031 \cdot V_{\Pi} \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_2}{p_r}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$\text{при } \frac{P_2}{P_1} < 0,5, \quad V = 0,0157 \cdot V_{\Pi} \cdot \frac{P_1}{p_r}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$\frac{70}{1200} = 0,058 < 0,5, \quad V = 0,0157 \cdot 12442 \cdot \frac{1200}{0,73} = 321105,86, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальная пропускная способность ГРП должна быть на 20% выше, чем расчетный расход газа через ГРП и определяется по формуле:

$$V = 1,2 \cdot V_{\text{ГРП}}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$V_{\text{max}} = 1,2 \cdot 120000 = 144000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Нормальная работа регулятора давления возможна в пределах от 10 до 80% пропускной способности регулятора давления согласно формуле:

$$V_{\text{норм}}^1 = (0,1 - 0,8) \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$V_{\text{норм}}^1 = 0,1 \cdot 321105,86 = 32110,586 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$V_{\text{норм}}^1 = 0,8 \cdot 321105,86 = 256884,69 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$32110,586 \leq 144000 \leq 256884,69.$$

Вывод. Максимальный расход газа через ГРП находится в пределах нормальной работы регулятора давления, тогда регулятор давления РДБК 1П-100/50 с пропускной способностью 12442 м³/час подобран верно.

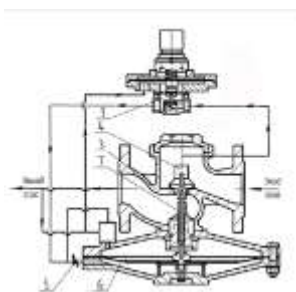


Схема регулятора давления газа РДБК:

1 – регулятор управления низкого давления (пилот); 2 – регулятор давления прямого действия (стабилизатор); 3 – клапан регулирующий; 4 – клапан регулятора; 5 – дроссель регулирующий; 6 – мембрана рабочая; 7 – шток

Литература

1. Официальный сайт ООО «НПП Газмашпром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://газмашпром.рф/index.php>.
2. Тепловые и атомные электростанции: справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А. В. Клименко и проф. В. М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: издательство МЭИ, 2003 – 648 с.

УДК 62-543

Курочкина К. Ю.

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

РАСЧЕТ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНО-ЗАПОРНОГО И ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНО-СБРОСНОГО КЛАПАНА

Аннотация. В статье рассмотрен расчет предохранительной трубопроводной арматуры газорегуляторного пункта (ГРП) резервной газовой сети Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Ключевые слова: предохранительная трубопроводная арматура газорегуляторного пункта, система топливоснабжения.

Регулирующая арматура предназначена для изменения и поддержания параметров рабочего тела или его расхода и включает регулирующие и дроссельные клапаны, редукционные установки и др.

Целью работы является расчет предохранительной трубопроводной арматуры газорегуляторного пункта (ГРП) резервной газовой сети Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Объектом проектирования является система топливоснабжения Йошкар-Олинской ТЭЦ-2.

Методы исследования основаны на положениях теории газоснабжения.

Расчет предохранительно-запорного клапана (ПЗК). ПЗК служат для отключения подачи газа при аварийных ситуациях при повышении или понижении давления газа после регулятора давления.

Пределы срабатывания предохранительно-запорных клапанов:

- при повышении давления газа: $P = 1,5 P_2$, кПа;
- при понижении давления газа: $P = 0,5 \cdot P_2$, кПа.

P_2 – давление газа на выходе из ГРП, кПа.

При повышении давления газа: $P=1,5 \cdot 70=105$ кПа.

При понижении давления газа: $P=0,5 \cdot 70=35$ кПа.

В зависимости от пределов срабатывания подберем тип и марку ПЗК.

Вывод. На официальном сайте ООО ПКФ «Экс-Форма» был подобран ПЗК-100В исходя из выдержанного предела срабатывания клапана при повышении давления до 105 кПа, при понижении давления до 35 кПа, с условным проходом 100 мм, с габаритными размерами не более: длина 360 мм, ширина 300 мм, высота 600 мм, масса не более 30 кг.

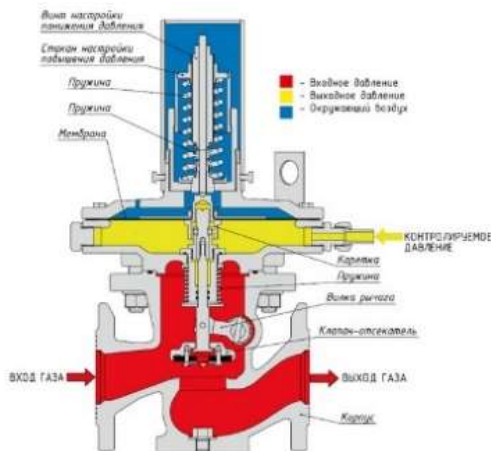


Рис. 1. Схема предохранительно-запорного клапана газа ПЗК-100

Расчет предохранительно-сбросного клапана (ПСК). ПСК служат для сброса избыточного количества газа в результате уменьшения его потребления и неплотностей запорно-регулирующей арматуры. ПСК настраивается на более низкий уровень, чем ПЗК. Предел срабатывания ПСК при повышении давления:

$$P_{\max}=1,25 \cdot P_2, \text{ кПа.}$$

На сайте компании «ТЕХМАРКЕТ» подберем ПСК в зависимости от пределов его срабатывания.

$$P_{\max}=1,25 \cdot 70 = 87,5 \text{ кПа.}$$

Вывод. В зависимости от пределов срабатывания подбираем клапан предохранительный СППК4 из выдержанного предела срабатывания клапана при повышении давления до 87,5 кПа. Давление сброса клапана: от 0,5 до 40 бар; среда: воздух, вода, пар, нефтепродукты и т. п.; температура среды: от минус 60 до 560°C.

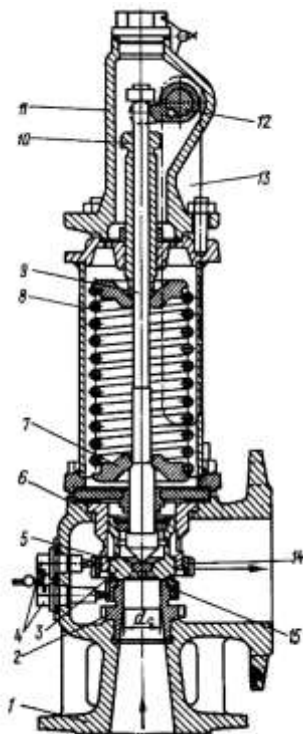


Рис. 2. Схема предохранительно-сбросного клапана газа СППК4Р:
 1 – входной патрубок; 2 – седло; 3 – клапан; 4 – стопорные болты;
 5 – направляющая втулка; 6 – корпус; 7 – опорная шайба;
 8 – настроечная пружина; 9 – шток; 10 – регулирующий винт;
 11 – защитный колпак; 12 – кулачковый механизм; 13 – рычаг;
 14-15 – регулировочные гайки (14 – верхняя, 15 – нижняя)

Литература

1. Официальный сайт ООО ПКФ «Экс-Форма» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.exform.ru/catalog/klapan/pzk.php>.
2. Официальный сайт ООО «Компания ТЕХМАРКЕТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techmarcet.ru/o-kompanii/>.
3. Тепловые и атомные электростанции: справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А. В. Клименко и проф. В. М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: издательство МЭИ, 2003. – 648 с.

Макуева Д. А., Шайхутдинов Я. О.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОСКИХ И ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

***Аннотация.** Предложено использование в системе теплоснабжения возобновляемых источников энергии, одним из которых является солнечная энергия. Рассмотрены плоские и вакуумные солнечные коллекторы, их недостатки и достоинства.*

***Ключевые слова:** солнечный коллектор, горячее водоснабжение, теплообмен, отопление, плоский вакуумный солнечный коллектор, гелиоустановка.*

Солнечный коллектор – устройство, работающее по принципу гелиоустановки, которое используется с целью преобразования энергии солнца в иную, например, тепловую или электрическую. Существует большое количество самых разнообразных систем, использующих солнечную энергию. Все они отличаются не только своей конструкцией, но и объемом энергии, которую они могут вырабатывать. Они могут эффективно применяться в совмещенных системах отопления горячего водоснабжения, системах автономного электро- и теплоснабжения жилых и производственных помещений [1]. Достоинствами использования солнечных коллекторов можно считать: безопасный и «чистый» источник энергии для отопления, практичность, автоматизация системы отопления и горячего водоснабжения, круглогодичность.

Различают плоские и вакуумные коллекторы. В случае, когда солнечный коллектор используется для отопления, можно использовать оба типа, но, когда коллектор используется для индивидуальных проектов, целесообразнее применять вакуумный тип [2].

Достоинство коллектора плоского типа является простота и надежность конструкции, высокая производительность (КПД более 50%). Элементами плоского солнечного коллектора являются: абсорбционный слой (теплопоглощающее покрытие), корпус, прозрачное защитное покрытие, теплоизолятор (обычно 20-60 мм), впускной и выпускной патрубки. Возможно использование стекла из поликарбоната вместо обычного защитного стекла. Стекло из поликарбоната также имеет хорошую пропускную способность солнечных лучей, является более устойчивым

к ударам и различным погодным условиям, включая град [3]. Эффективность работы плоского солнечного коллектора напрямую зависит от площади теплопоглощающего покрытия, толщины теплоизолятора, герметичности и др. К недостаткам можно отнести высокие тепловые потери, парусность.

Вакуумный солнечный коллектор, в отличие от плоского, устроен иначе: устройство состоит из крепких стеклянных трубок, объединенных в систему, с откачанным для образования вакуума воздухом. Такие коллекторы обладают меньшей парусностью, незначительными тепловыми потерями, высокой стойкостью относительно механического повреждения и внешнего загрязнения [4]. Вакуумные гелиоколлекторы производятся следующих видов: плоские и трубчатые.

На основе изученной литературы был выделен плоский вакуумный солнечный коллектор, который может быть использован в устройствах, преобразующих энергию солнца в тепловую энергию теплоносителя в системах горячего водоснабжения и отопления. Такая установка может применяться в промышленности для частичного или полного покрытия собственных нужд. Вакуумный плоский солнечный коллектор, в отличие от обычного плоского коллектора, имеет между панелями вакуум, снижающий тепловые потери.

Данный тип гелиоустановки содержит герметичный корпус, внешнюю прозрачную панель, заднюю панель, абсорбер, теплоноситель. Между панелями создается вакуум и устанавливается внутренняя прозрачная панель. В качестве абсорбера используется окрашенный в темный цвет теплоноситель, который находится между внутренней прозрачной панелью и задней панелью. Между внешней и внутренней прозрачной панелью создается вакуум, где содержится разреженный до 0,2-0,5 атм. парниковый газ [5].

Для достижения максимальной практической пользы от использования солнечных коллекторов в системах подготовки горячей воды (ГВС) рациональнее применять их не в качестве источника ГВС, а лишь в качестве устройства для подогрева воды, которая подается в отопительную установку [6]. При таком варианте использования расход топлива будет снижен и будет обеспечена бесперебойная подача горячей воды, что позволит снизить расход средств на ГВС и отопление дома, если он используется для постоянного проживания [7].

Литература

1. Патент РФ № 93048655/06, 21.10.1993.

2. Фаритова, А. А. Особенности конструкции вакуумных солнечных коллекторов / А. А. Фаритова // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 2. – С. 461-464.
3. Калинина, М. В. Оценка эффективности применения солнечных коллекторов разных модернизаций / М. В. Калинина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 93-95.
4. Анастасьева, Д. А. Перспективы использования солнечной энергетики для получения тепловой энергии / Д. А. Анастасьева // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 96-98.
5. Патент РФ № 2016127386, 24.09.2015.
6. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуринские чтения: матер. XIII Международной молодежной научной конференции. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 2. – С. 181-182.
7. Фаритова, А. А. Использование солнечных коллекторов в республике Татарстан / А. А. Фаритова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 147-149.

УДК 697.133

Мамаева Е. В., Медяков А. А.

Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация. В статье предложены существующие методики для расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции, а также алгоритм расчета теплых потерь помещения.

Ключевые слова: тепловые потери, коэффициент теплопередачи, коэффициент теплообмена, ограждающие конструкции.

При расчете систем отопления для любых помещений основной целью является определение теплотерь. Теплотери – это тепло, бесцельно уходящее за пределы здания. Суммарные теплотери складываются из основных и добавочных. Основные тепловые потери определяют путем суммирования утечек теплоты через ограждающие конструкции помещения.

Ограждающими конструкциями здания называют внешние и внутренние стены, перегородки, чердачные покрытия, междуэтажные перекрытия, поля и заполнения проёмов – ворота, окна, двери. Ограждающие конструкции зданий изолируют помещения зданий от внешней среды. Через них происходит передача тепла, воздуха и влаги.

Рассчитаем тепловые потери помещения 5 х 6 х 2,5 м, находящегося на первом этаже пятиэтажного дома. Подвал не отапливаемый. Стены выполнены из силикатного кирпича (полнотелого), 2 наружные стены, 1 стена смежная между двумя квартирами, а последняя – выходит в подъезд. Толщина несущей стены (2 кирпича) 0,5 м. Пол и потолок выполнены из железобетонных плит толщиной 0,22 м. Температура в отапливаемом помещении 20°C, наружная температура 5°C, температура в подъезде 10°C, температура в подвале 2°C. Коэффициент теплоотдачи помещения примем равным 8,7 Вт/(м²*К), а коэффициент теплоотдачи со стороны наружного пространства 23 Вт/(м²*К). На наружных стенах находятся 2 окна с двойным стеклопакетом по 4,5 м² каждое. Все необходимые данные возьмем из таблиц: коэффициенты теплопроводности, толщину обоев, толщину паркета.

Для расчета будем использовать следующие формулы:

1. Тепловой поток.

$$Q = k * F * (t_{\text{внутр}} - t_{\text{нар}}) \text{ [Вт]}.$$

2. Коэффициент теплопередачи.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ [Вт/м}^2 \text{ * К]}.$$

3. Площадь поверхности:

$$F = a * b \text{ [м}^2\text{]},$$

δ – толщина ограждающей конструкции, м;

λ – справочное значение теплопроводности материала стены, Вт/(м * К);

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² * К).

Из расчетов следует:

1. Тепловой поток межквартирной стены:

$$k = 1,94 \text{ (Вт/м}^2 \text{ * К)}, \quad Q = 1,94 * 15 * 0 = 0 \text{ (Вт)}.$$

2. Тепловой поток наружный стен.

$$k = 1,145 \text{ (Вт/м}^2 \text{ * К)}, \quad Q = 2 * (1,145 * 15 * 15) = 257,625 \text{ (Вт)}.$$

3. Тепловой поток через стену, ведущую в подъезд.

$$k = 1,145 \text{ (Вт/м}^2 \text{ * К)}, \quad Q = 1,145 * 15 * 10 = 171,75 \text{ (Вт)}.$$

4. Тепловой поток через пол.

$$k = 0,362 \text{ (Вт/м}^2 \text{ * К)}, \quad Q = 0,362 * 30 * 18 = 195,48 \text{ (Вт)}.$$

5. Тепловой поток через потолок.

$$k = 0,362 \text{ (Вт/м}^2 \text{ * К)}, \quad Q = 0,362 * 30 * 0 = 0 \text{ (Вт)}.$$

6. Тепловой поток через окна и дверь.
Окна: $k_{\text{окон}}=0,47 \text{ (Вт/м}^2\text{*К)}$, $Q_{\text{окон}} = 2 * (0,47*4,5*15) = 63,45 \text{ (Вт)}$;

Дверь: $k_{\text{двери}} = 0,7 \text{ (Вт/м}^2\text{*К)}$, $Q_{\text{двери}} = 0,7*1,845*10 = 12,915 \text{ (Вт)}$.

7. Тепловой поток батареи.
 $Q = 3075 \text{ Вт}$.

8. Общий тепловой поток
 $Q_{\text{общее}} = 848,305 \text{ (Вт)}$.

Таким образом, мы рассчитали тепловые потери, уходящие через ограждающие конструкции.

Литература

1. Пилипенко, Н. В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений / Н. В. Пилипенко. – СПб: ИТМО, 2016. – 54 с.
2. Сухаева, А. Р. Процесс охлаждения органических материалов в образцах скоплениях / А. Р. Сухаева, С. Н. Шуханов, В. Д. Коваливнич // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (83). – С. 172-174.

УДК 621.182

Мамбетова Д. Р.

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

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ТАТЭНЕРГО» - КАЗАНСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ

Аннотация. В статье рассматривается анализ повреждений и тепловых потерь на Казанских тепловых сетях. Также делаем выводы по приведенному анализу.

Ключевые слова: Казанские тепловые сети, повреждаемость сетей горячего водоснабжения, анализ причин снижения потерь, коррозия трубопроводов.

Филиал АО «Татэнерго» Казанские тепловые сети эксплуатирует 15 магистральных тепловых труб с номинальным диаметром от 150 до 1200 мм, протяженность магистральных сетей составляет 163,9 км в двухтрубном исчислении; и тепловые трубы квартальных сетей протяженностью 521,1 км, номинальным диаметром от 500 до 40 мм. Доля

квартальных сетей составляет 76%, из них 132 километра сети горячего водоснабжения (ГВС) [3].

Средний процент износа по всем трубопроводам Казанских тепловых сетей составляет 53,2%.

Высокий износ квартальных сетей ГВС логично проецируется на высокий уровень повреждений на 1 п. км в год по сравнению с магистральными сетями и квартальными сетями отопления.

Высокая повреждаемость сетей ГВС приводит к постоянному затоплению каналов централизованных сетей теплоснабжения, ускорению их внешней коррозии и увеличению потерь в сетях теплоснабжения и горячего водоснабжения и увеличению утечек воды [5].

Принимая во внимание, что возникновение потерь в тепловых сетях неизбежно и кроме повреждений и плохой теплоизоляции могут возникать коммерческие потери, был проведен анализ причин снижения потерь на Казанских тепловых сетях [2].

Общее снижение потерь составило 93,18 тыс. Гкал (или на 5%), в том числе за счет:

- снижения утечек воды в сетях отопления и ГВС – 29,8 тыс. Гкал (32%);
- за счет замены сетей на реконструкцию и капитальный ремонт – 14,7 тыс. Гкал (16%);
- за счет вывода из эксплуатации сетей ГВС при переходе на индивидуальные тепловые пункты (ИТП) – 13 тыс. Гкал (14%);
- за счет прочих мероприятий – 15,36 тыс. Гкал (16%);
- за счет снижения коммерческих потерь – 20,39 тыс. Гкал (22%).

Из анализа видно, что мероприятия по устранению или снижению уровня повреждений позволили снизить потери более, чем на 57,5 тыс. Гкал (62% от общего снижения тепловых потерь) [1].

Проведенный анализ повреждений на казанских тепловых сетях показал, что основными причинами повреждений стала наружная коррозия трубопроводов 94%.

Подводя итог, можно сделать вывод, что количество повреждений, связанных с разрывом продольных и поперечных сварных швов труб, намного меньше, чем ущерб от коррозии. Основными причинами разрушения сварных соединений являются заводские дефекты производства труб и дефекты сварки труб при строительстве. При этом рассматривать наружную или внутреннюю коррозию как первопричину появления дефекта неправильно, их следует рассматривать только как следствие факторов, вызывающих ее в подавляющем большинстве случаев: увлажнение теплоизоляции и стенки трубы и неправильный режим водоподготовки соответственно [4].

Литература

1. Притула, В. В. Коррозионная ситуация на трассах городских трубопроводов / В. В. Притула // Новости теплоснабжения. – 2014. – № 6. – С. 40-45.
2. Титов, Г. И. Причины повреждаемости тепловых сетей / Г. И. Титов, Н. А. Новопашина, В. Г. Титов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 2 (23). – С. 19-22.
3. Руднева, Л. В. Теплотехника: учебное пособие / Л. В. Руднева. – СПб.: Лань, 2016. – 208 с.
4. Защита тепловых сетей от внешней коррозии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msd.com.ua/teplosnabzhenie/zashhita/teplovyyh/setej/ot/naruzhnoj/korrozii>. (дата обращения 27.01.2018).
5. Авдюнин, Е. Г. Источники теплоснабжения. Тепловые сети и тепловые пункты: учебник / Е. Г. Авдюнин. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 300 с.

УДК 697.34

Миронова А. Д., Медяков А. А.

Поволжский государственный технологический университет

РАСЧЕТ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Аннотация. В статье предложен алгоритм расчета пластинчатых теплообменников, который может использоваться как при проектировании, так и для эксплуатационного контроля параметров с целью диагностирования технического состояния теплообменных аппаратов.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменник, коэффициент теплопередачи, коэффициент теплообмена, потери давления, теплопроизводительность теплового аппарата.

Введение. При проектировании пластинчатых теплообменных аппаратов задаются некоторыми пределами коэффициента теплопередачи и коэффициента гидравлического сопротивления для расчета рациональной скорости теплоносителей. В зависимости от скорости рассчитываются критерии подобия теплообменных процессов, коэффициент теплопередачи, поверхность теплообмена. Критерии подобия представляют собой полуэмпирические уравнения, которые вносят погрешности при расчетах, поэтому для получения достоверных значений необходимо использовать теоретически полученные уравнения при проведении математических преобразований.

Цель: изучение методик расчета, изучение конструкции и принципа работы пластинчатых теплообменных аппаратов.

В работах [1, 2] представлены основные зависимости для проектирования пластинчатого теплообменного аппарата. Основными являются зависимости для нахождения площади поверхности теплообмена, коэффициента теплопередачи. Для проверки достоверности полученных формул используем исходные данные для пластинчатого теплообменного аппарата (ПТА) с пластинами 0,3 со следующими характеристиками [2]:

$F_0 = 20 \text{ м}^2$; $x = 1$; $S_{\Gamma} = 0,0374 \text{ м}^2$; $S_B = 0,0385 \text{ м}^2$; $d_B = d_{\Gamma} = 0,008 \text{ м}$; $L_{\Gamma} = 38,08 \text{ м}$; $L_B = 39,2 \text{ м}$; $G_{\Gamma} = 30 \text{ т/ч}$; $G_B = 35 \text{ т/ч}$; $t_1 = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau_1 = 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau_2 = 63 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Delta P_{\Gamma} = 11461 \text{ Па}$; $\Delta P_B = 8613 \text{ Па}$; $P_{1B} = P_{1\Gamma}$.

По параметрам теплоносителя в [2] определены:

$C_{p_{\Gamma}} = 4,1997 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$; $C_{p_B} = 4,188 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$; $\rho_{\Gamma} = 977,7 \text{ кг/м}^3$; $\rho_B = 985,6 \text{ кг/м}^3$; $\nu_{\Gamma} = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\nu_B = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $K_0 = 2,389 \text{ кВт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$; $\Theta_m = 15,45^{\circ}\text{C}$; $w_{\Gamma 0} = 0,228 \text{ м/с}$; $w_{B 0} = 0,257 \text{ м/с}$; $Q_0 = 698,2 \text{ кВт}$.

Площадь поверхности теплообмена

$$F = \frac{8(4,1997 * 8,333)(4,188 * 9,722)[80 - 46 - 15,45]1,12 * 1}{(4,1997 * 8,333 + 4,188 * 9,722)4,1997(80 - 60)977,7 * 0,2297 * 0,008} = 20,79 \text{ м}^2.$$

Погрешность расчета

$$\delta_3 = \frac{F_0 - F}{F_0} 100\% = \left| \frac{20 - 20,73}{20} \right| 100\% = 3,7\%.$$

Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{4,1997(80 - 60)97733 * 0,2297 * 0,08}{4 * 15,45 * 1,12} = 2,18 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}.$$

Погрешность расчета

$$\delta_4 = \frac{K_0 - K}{K_0} 100\% = \frac{2,389 - 2,18}{2,389} 100\% = 8,7\%.$$

Такая погрешность может быть связана с тем, что при расчете K_0 в [2] не учтены загрязнения в каналах горячего и холодного теплоносителей.

Теплопроизводительность теплообменника

$$Q = (KF)\theta_m = 2,18 * 2073 * 15,45 = 700 \text{ кВт}.$$

Погрешность расчета

$$\delta_5 = \frac{Q_0 - Q}{Q_0} 100\% = \left| \frac{698,2 - 700}{698,2} \right| 100\% = 0,26 \text{ } \%$$

Таким образом, теоретически полученные формулы имеют достаточную достоверность и могут использоваться как при проектировании пластинчатых теплообменников, так и для эксплуатационного контроля параметров с целью диагностирования технического состояния теплообменников.

Литература

1. Теплообменники энергетических установок / К. Э. Аронсон, С. Н. Блинов, В. И. Брезгин и др. – Екатеринбург: Сократ, 2002. – 968 с.
2. Зингер, Н. М. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения / Н. М. Зингер, А. М. Тарадай, Л. С. Бармина. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 256 с.
3. Алтухов, С. В. Исследование теплообмена корпуса распылителя форсунки с топливом / С. В. Алтухов, С. Н. Шуханов // Вестник ИРГСХА. – 2017. – № 80. – С. 54-61.

УДК 620.178.5:681.586.773

Мукатдаров А. А.

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

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Аннотация. *В статье описываются принципы работы пьезоэлектрических датчиков, используемых для проведения виброакустической диагностики.*

Ключевые слова: *пьезоэлектрические датчики, пьезоэффект, пьезоэлемент, датчик вибрации.*

Датчики вибрации как генераторного, так и параметрического типов называют по физическому эффекту, лежащему в основе преобразования механических колебаний в электрический сигнал (например, пьезоэлектрические, индуктивные, емкостные и т. п.). Рассмотрим принципы работы и конструктивные особенности пьезоэлектрических датчиков. Эти датчики применяются при измерениях вибраций и ударов чаще других.

Пьезоэлектрические датчики широко применяются при динамических испытаниях конструкций в энергетической отрасли. Датчики имеют широкий диапазон измерений как по частоте, так и по значениям измеряемых параметров. Они относительно дешевы, малочувствительны к изменению влажности и температуры внешней среды. Магнитные и звуковые поля почти не влияют на работу этих датчиков. Малое затухание в кристаллах и высокая частота собственных колебаний измерительного осциллятора практически исключают фазовые искажения в рабочем диа-

пазоне частот. Датчики обладают малыми размерами и массой. Их установка на объект испытаний не приводит к заметному изменению массы и жесткости объекта испытаний в окрестности узла измерений.

Датчики основаны на использовании прямого пьезоэффекта, состоящего в электрической поляризации диэлектрика под действием механических напряжений. Пьезоэффект наблюдается у кристаллов с ионными решетками, имеющими низкую степень симметрии. При деформации элементарных ячеек кристалла происходит смещение положительных и отрицательных ионов друг относительно друга. Это приводит к поляризации кристалла в целом и к появлению разности потенциалов на токопроводящих пластинах. С изменением деформации сжатия на деформацию растяжения направление поляризации меняется на противоположное.

На рис. 1 приведена упрощенная схема пьезоэлектрического датчика с динамическим отсчетом. Инертный элемент (масса) 1, токопроводящие слои (покрытия) 2 и 4, вибрирующее основание (объект испытаний) 5 и пьезоэлемент 3 связаны между собой (например, склеены). Механическая часть прибора представляет собой измерительный осциллятор, упругим элементом которого является пластина пьезокристалла. Измерительный осциллятор пьезодатчика, как правило, работает в режиме акселерометра. Относительное смещение инерционного элемента (смещение относительно вибрирующего объекта) пропорционально ускорению измеряемого процесса. Значение силы инерции, действующей на пьезоэлемент, также будет пропорционально ускорению, как и значение снимаемого с пьезопластины напряжения.

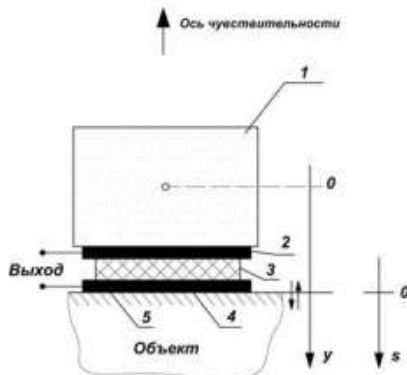


Рис. 1. Конструктивная схема простейшего пьезодатчика ускорений с преобразователем инерционного действия: 1 – инертный элемент (масса); 2, 4 – токопроводящие слои (покрытия); 3 – пьезоэлемент; 5 – вибрирующее основание (объект испытаний)

Простейший пьезодатчик обладает несколькими недостатками. Во-первых, отсутствие направляющих у измерительного осциллятора создает условия, благоприятные для возникновения значительной поперечной и ротационной чувствительности. Во-вторых, при использовании одной пластины чувствительность датчика (коэффициент преобразования) оказывается малым.

Для повышения чувствительности датчиков увеличивают число пьезопластин. Конструктивная схема такого датчика показана на рис. 2. В корпусе 2, закрытом крышкой 6, размещены четыре пьезопластины 3. Измерительный осциллятор состоит из массы 4 и пружины 7. Если частота вибрации объекта испытаний 1 не слишком велика, то на каждую пластину передается такая же сила, как и на основание датчика. В результате общее электрическое напряжение, выводимое через токопровод 5 на электрический выход датчика, складывается из напряжений, снимаемых с каждой пластины (при последовательном соединении). Недостатком датчиков, построенных по этой схеме, является пониженная собственная емкость и, следовательно, высокое полное сопротивление, что сказывается при измерении низких частот.

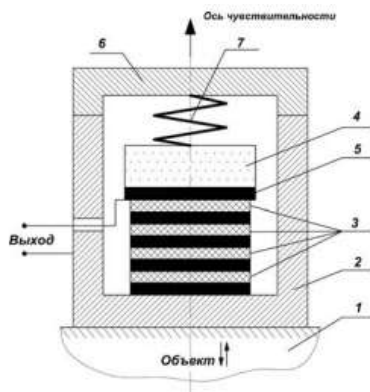


Рис. 2. Пьезодатчик с пьезопластинами, собранными в цепь с последовательным соединением: 1 – объект испытаний; 2 – корпус; 3 – пьезопластины; 4 – масса измерительного осциллятора; 5 – токопровод; 6 – крышка; 7 – упругий элемент (пружина) измерительного осциллятора

Литература

1. Кондратьев, А. Е., Гапоненко, С. О., Захарова, В. Е. Вибростенд для калибровки пьезодатчиков: пат. RU 178307 U1 Рос. Федерация № 2017127383; заявл. 31.07.2017; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10.

2. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Е. Е. Костылева и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 7-8. – С. 79-86.

3. Кондратьев, А. Е., Загретдинов, А. Р. Первичный преобразователь ударно-акустического дефектоскопа: пат. Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель КГЭУ. – №103928; опубл. 27.04.2011.

4. Gaponenko, S. O., Kondratiev, A. E. Device for calibration of piezoelectric sensors // PROCEEDIA ENGINEERING, International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Publishing: Elsevier Ltd. 2017. Pp. 146-150.

УДК 662.76.034:620.953

Мустафина Г. Р.

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

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ СБРАЖИВАНИЯ В МЕТАНТЕКЕ

Аннотация. *Представлены графики зависимости режимов от выхода биогаза, оптимальные способы производства, их преимущества и недостатки.*

Ключевые слова: *метантек, психофильный, мезофильный, термофильный, сбраживание.*

Метантеки в биогазовой установке служат для сбраживания сырья. Поэтому наибольшую зависимость приобретает температурный режим брожения. Различают три температурных процесса, осуществляющих свою работу в диапазоне от 20 до 25°C – в психофильном режиме; от 25 до 40°C – мезофильном и термофильном – при температурах выше 40°C.

В данной статье будут анализироваться режимы, подходящие для климата Российской Федерации, поэтому психофильный не рассматривается из-за ее показателей среднегодовой температуры, составляющий не менее 18-20°C [1].

Мезофильный и термофильный режимы, в отличие от психофильного, из-за температурного диапазона требуют наличия устройств для контролирования температур и внешнего источника тепла.

Рассмотрим анализ зависимости выхода биогаза в мезофильном и термофильном режимах для птичьего помета

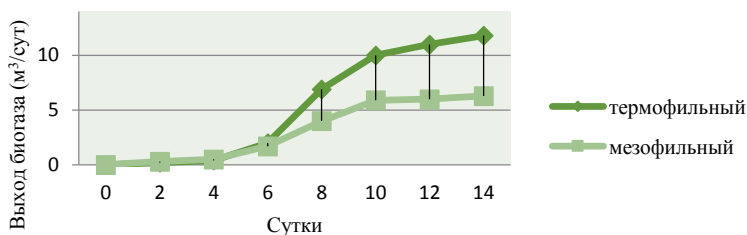


Рис. 1. Анализ зависимости выхода биогаза в мезофильном и термофильном режимах для птичьего помета

Процесс образования метана очень чувствителен по отношению к температурным характеристикам, и ее степень зависит от диапазона режима. Примерные допустимые изменения температуры для наших режимов колеблются в таких периодах:

1. мезофильный температурный режим: $\pm 1^\circ\text{C}$ в час;
2. термофильный температурный режим: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в час. [2]



Рис. 2. Зависимость продолжительности сбраживания от температуры

Исходя из допустимого изменения и двух графиков, можно сделать вывод. Конечно, наиболее перспективным вариантом для большего получения биогаза является термофильный режим из-за повышенной скорости получения и разложения сырья, кроме этого именно при диапазоне такой температуры обеспечивается уничтожение болезнетворных бактерий. Но для производства в термофильном режиме необходимо потратить в сравнении с мезофильным режимом много энергии. Из-за высокой чувствительности и повышенной температуры необходимо обеспечить установку

дополнительными контрольно-измерительными приборами и автоматикой. Также метантек, работающий в таком режиме, не обеспечит прибыль для ферм, так как получаемое удобрение из-за сильной обработки будет низшего качества, но степень очистки биогаза будет выше. [3].

При мезофильном режиме качество удобрений сохраняется и имеет качественный состав, но обеззараживание сырья не такое полное, поэтому полученный биогаз не может проходить для продажи из-за высокой стоимости обработки.

Литература

1. Сафина, С. Д. Использование цеолитов для очистки биогаза / С. Д. Сафина // Научному прогрессу – творчеству молодых: матер. XI междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 233-236.
2. Ахметгалиев, И. Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза / И. Ф. Ахметгалиев // Научному прогрессу - творчеству молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 78-80.
3. Кондратьев, А. Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрики / А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90.

УДК 662.76.034

Мустафина Г. Р.

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. *Представлены технологические особенности биогазовых установок. Особенности производства биотоплива в зависимости от конструкции установки.*

Ключевые слова: *метантек, биореактор, биогаз, реактор, бродильная масса.*

С развитием технологических процессов человечества биогазовые установки приобретают различные конструктивные и технологические особенности. По способу производства биогаза все установки не могут отличаться друг от друга, но все имеют отличающиеся друг от друга характеристики конструкции.

Количество ступеней различаются по количеству биореактора, в котором осуществляются процессы сбраживания. Они могут работать в одном режиме или для более эффективного обеспечения биогаза в различных режимах сбраживания.

По режимам работы наиболее оптимальным, выгодным по получению биогаза и удобрений является непрерывная система работы. То есть в биореактор непрерывно или же с малыми промежутками времени заполняется сырье. Полунепрерывные системы могут протекать в процессах с количеством не менее двух биореакторов, которые будут попеременно заполняться [1].

Положение биореактора потребитель может выбрать в зависимости от удобства местоположения и режима работы. Горизонтальные установки применяются в непрерывных системах и в случае большой площади расположения. Если месторасположение реактора не велико, то перспективно применять реактор вертикального типа.

Также различаются овальные, цилиндрическо-конусные, цилиндрические и кубические формы реакторов. Наиболее ограниченной серией являются овальные формы, потому что они дорогостоящие, но при этом очень эффективны из-за условий размешивания, накапливания газа и отвода осадков, также они обладают хорошим разрушением образующейся корки. В цилиндрическо-конусных резервуарах недостатком является плохое перемешивание субстрата. Остальные преимущества имеют такие же свойства, кроме этого цена на такую форму намного меньше [2].

Цилиндрические резервуары наиболее просты в изготовлении, но они невыгодны из-за невозможности организации в них хороших условий для перемещения субстрата и больших затрат энергии на удаление осадка и разрушения плавающей корки.

Биореакторы кубической формы используют в простых небольших установках, т. к. для интенсивного перемешивания биомассы и разрушения плавающей корки требуются значительные затраты энергии.

Подвод тепла может производиться прямым способом подачей горячей воды или пара в бродильную смесь. Нагревание при помощи пара

малоэффективно, так как тогда установку необходимо обеспечить дополнительными дорогостоящими элементами, что очень затратно. Кроме того, при применении этого метода характерно неравномерное поддержание температуры в реакторе, в результате чего происходит перегрев бродильной массы.

Не прямой способ осуществляется при помощи внутренних труб, но для этого необходимо обеспечить прочность нагревательных элементов. Такой способ наиболее эффективен из-за равномерного подогрева субстрата [3].

Перемешивание бродильной массы может осуществляться следующими основными способами:

- гидравлическим – перекачиванием биомассы из верхней зоны реактора в нижнюю;
- механическим с помощью мешалок;
- барботажным – пропусканием биогаза через толщу сырья.

При выборе биогазовой установки для переработки сельскохозяйственных отходов с получением энергии, удобрений и кормовой добавки следует учитывать ряд конструктивных факторов согласно классификации и в зависимости от определенных требований. Применение в хозяйстве правильно подобранной установки, которая могла бы улучшить экологическую обстановку утилизацией и обеззараживанием отходов, принесет также дополнительный экономический доход.

Литература

1. Кондратьев, А. Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрики / А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90.
2. Ахметгалиев, И. Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза / И. Ф. Ахметгалиев // Научному прогрессу – творчеству молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 78-80.
3. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Научному прогрессу – творчеству молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – С. 147-148.

Мухаматгалиев Л. И.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ЦИЛИНДРОВ ДЛЯ ТРУБ

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема снижения потерь тепла в результате улучшения теплоизоляции, которое способно привести к сокращению расхода воды и, как следствие, к снижению затрат на водоподготовку.

Ключевые слова: пароснабжения, теплопотери, оптимизация, энергоэффективность, изоляция, минеральная вата.

До недавних пор было распространено обертывание труб минватой для сокращения потерь тепловой энергии. С приходом новых технологий на рынке появились цилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты, которые берегут тепло в несколько раз лучше и эксплуатационный период этого материала несколько выше традиционного обертывания.

Цилиндр из минеральной ваты – это теплоизоляционный материал цилиндрической формы, основной функцией которого является утепление труб. При производстве цилиндров применяется изоляция неорганического происхождения, получаемая в результате плавки горной и осадочной породы, шлака вулканического происхождения; шлаков, образованных в металлургической отрасли и силикатных отходов промышленности. Производство минеральной ваты ведется с соблюдением технологического процесса для цилиндров и норм ГОСТа или ТУ.

Основная задача цилиндрических форм минераловатных цилиндров заключается в утеплении трубопроводов, диаметр которых находится в диапазоне от 18 мм до 1420 мм. При использовании разрешен температурный диапазон от -1800°С до +7000°С. Минераловатным теплоизоляционным материалом утепляются следующие конструкции:

- трубопровод тепловой сети;
- трубопровод горячего и холодного водоснабжения;

- технические трубопроводы, к которым предъявляют высокие противопожарные требования;
- газопроводы и нефтепроводы;
- запорно-регулирующая арматура;
- предусматривается утепление двух труб небольшого диаметра в одной оболочке.

Преимущество изделия

Минераловатный цилиндр – это лучший вариант для утепления трубопроводов различного типа. Это изделие имеет множество плюсов:

- низкая теплопроводность. Благодаря особой структуре материала, тепло, излучаемое трубопроводом, не способно пройти сквозь слой теплоизоляционного материала.

- минеральная вата не склонна к возгоранию. Компоненты, используемые при производстве цилиндров, не способны гореть, плавиться или изменять формы самого цилиндра.

- продолжительный эксплуатационный период. Цилиндр независимо от того, какой материал использовался при производстве (базальт или шлак), способен прослужить очень долгое время без замены. Изделия, предлагаемые по низкой цене, служат около 50-60 лет.

- прочность. Так как волокна минеральной ваты плотно переплетены друг с другом, они прекрасно противостоят высоким нагрузкам и оказываются устойчивыми к давлению.

- гидрофобность. Поверхность цилиндра защищается фольгой или стеклотканью, что делает его неуязвимым по отношению к попаданию влаги [1].

Цилиндры из минеральной ваты являются наилучшим средством, чтобы предотвратить тепловые потери. Так, например, в сравнении с традиционным утеплением труб, минеральная вата сохраняет тепло в 3,6 раз лучше. Более того, если утепление проводится простым обматыванием труб, то с каждым годом теплотери будут нарастать: 1 год – 10%; 2 год – 30%; 3 год – 45%. Как итог среднего показателя – 28%. У цилиндров же средние показатели тепловых потерь не поднимаются выше 8%. Из этого следует, что экономия бюджета будет равна 20%.

Литература

1. Цветков, В. В. Организация пароснабжения промышленных предприятий / В. В. Цветков. – М.: Энергия, 1980. – 206 с.

Нуретдинов Р. Ш., Гапоненко С. О.
 Казанский государственный энергетический университет

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДА

Аннотация. В процессе эксплуатации трубопроводов в них происходит постепенное накопление различного рода повреждений. Одним из наиболее распространенных типов повреждений является коррозионно-эрозионный износ, воздействие которого учитывается при выборе номинальной толщины стенки. В процессе эксплуатации номинальная толщина стенки уменьшается, приближаясь к минимально допустимой. Другой тип повреждений связан с ухудшением механических характеристик металла и, как следствие, снижением допускаемого напряжения. Оба типа повреждения приводят к постепенному уменьшению допустимого внутреннего давления в трубопроводе.

Ключевые слова: остаточный ресурс, трубопровод, оценка технического состояния, эксплуатация.

Остаточный ресурс трубопровода – это срок надёжного и безаварийного функционирования трубопровода при фактическом его техническом состоянии, не требующим проведения дополнительных мероприятий и капитальных затрат. Порядок обследования и анализа технического состояния трубопровода для принятия решения по продлению срока службы предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по основным направлениям: экспертная оценка трубопровода и изучение реальных условий его эксплуатации; обследование трубопровода и оценка его фактического положения и технического состояния, расчётно-экспериментальная оценка прочности и надёжности трубопровода; определение остаточного ресурса трубопровода с принятием решений о дальнейшей эксплуатации, необходимости и объёмах дополнительных работ, продлении срока службы.

Расчет допускаемого давления, отбраковочных толщин труб и элементов трубопроводов.

Расчет толщины стенки прямых труб.

Номинальная толщина стенки прямой трубы поверхности нагрева или трубопровода должна быть не менее определенной по формуле:

$$S = S_R + c,$$

$$\text{где } S_R = \frac{pD_a}{2\varphi_w[\sigma] + p}.$$

Формула пригодна при соблюдении условия $S - c / D_a \leq 0,25$.

Коэффициент прочности продольного или спирального сварного соединения φ_w . Для бесшовных труб коэффициент прочности $\varphi_w = 1,0$. Коэффициент прочности поперечных сварных соединений в расчете на внутреннее давление учитывать не следует.

Допустимое давление.

Допустимое рабочее давление в коленах труб котлов и в прямых трубах трубопроводов следует определять по формуле:

$$[p] = \frac{2\varphi_w[\sigma]s - c}{D_a - \frac{s - c}{K_i Y_i} K_i Y_i},$$

где φ_w – коэффициент прочности.

В качестве допустимого давления должно приниматься минимальное из вычисленных значений. Для прямых труб $K_i = Y_i = 1$.

Средняя скорость коррозии (V_{cp}) по формуле:

$$V_{cp} = \frac{t_n - t_{\min}}{\tau},$$

где t_n – проектная (номинальная) толщина стенок труб, мм;

τ – срок эксплуатации трубопровода.

Вычисляется остаточный ресурс трубопровода (t_{ocm}) по формуле:

$$t_{ocm} = \frac{t_{\min} - t_{омб}}{V_{cp}},$$

При обследовании технического состояния участка трубопровода установлено: материал – сталь 20, внутреннее давление $P = 0,65$ МПа, температура $+170$ °С, время эксплуатации – 30 лет. Результаты расчета остаточного ресурса безопасной эксплуатации трубопроводов в таблице.

Результаты расчета остаточного ресурса безопасной эксплуатации трубопроводов

№ п/п	Наименование детали	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм		Скорость коррозии, мм/год	Расчетный ресурс, лет	Допускаемое давление, МПа
			паспортная	фактическая			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Труба	108	4,0	4,5	0,25	0,002	Более 10
2.	Труба	57	3,5	3,4	0,13	0,013	Более 10
3.	Труба	32	3,0	3,3	0,08	0,002	Более 10
4.	Отвод	57	-	3,7	0,15	0,100	Более 10
5.	Переход	57/32	-	3,9	0,16	0,100	Более 10

Литература

1. Шакурова, Р. З. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. – № 6. – С. 188-201.
2. Гапоненко, С. О. Разработка комплексной методики контроля технического состояния инженерных коммуникаций на основе математического моделирования и экспериментальных исследований / С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 17-20.
3. Шакурова, Р. З. Повышение надёжности работы энергетических систем путем определения технического состояния трубопроводов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко // Тинчуринские чтения: материалы XIV Международной молодежной научной конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 184-187.
4. Шакурова, Р. З. Совершенствование методики контроля технического состояния оборудования энергетических систем и комплексов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых). – Казань: ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 644-648.

УДК 621.577

Рудич А. П.

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

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

***Аннотация.** Произведен анализ преимуществ и недостатков теплового насоса для теплоснабжения жилого дома, предложен вариант его совместного использования с двухконтурным электрическим котлом.*

***Ключевые слова:** низкопотенциальная энергия, тепловой насос, электрический котел, тепловая нагрузка, экология.*

В настоящее время особую актуальность представляет применение альтернативных источников тепловой энергии. Из множества таких источников можно особо выделить применение тепловых насосов [1].

Активное развитие малоэтажного строительства иногда затрудняется отсутствием или сложностью подвода природного газа к жилому дому. Построение системы теплоснабжения с помощью электрического или твердотопливного котла экономически невыгодно или может сопровождаться большим количеством тяжелых ручных операций.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что развитие теплонасосных установок (ТНУ) для России имеет ряд преимуществ самого разного плана: экономия топлива, сокращение издержек на теплоснабжение, возможность в качестве низкопотенциального тепла утилизировать тепловые отходы или стоки [2].

Вместе с тем при активном использовании ТНУ немало и ограничений (технических, экономических, организационных). При этом необходимо произвести правильный выбор источника низкопотенциального тепла и тщательно просчитать экономическую составляющую такой системы теплоснабжения. В качестве источников низкопотенциального тепла применяется тепло солнца, воздуха, воды или грунта [3]. Также в качестве искусственных источников может использоваться тепло вытяжного воздуха систем вентиляции, канализационных стоков и др. [4].

Для подбора и расчета источника теплоснабжения необходимо определить нагрузки на отопление и горячее водоснабжение для отопительного и неотопительного периодов.

Исходные данные для расчета:

- тепловая нагрузка – 14 кВт;
- температура низкопотенциального теплоносителя (рассола) на входе в тепловой насос – 5°C ;
- температура низкопотенциального теплоносителя (рассола) после теплового насоса – -5°C ;
- температура высокопотенциального теплоносителя (горячей воды) на входе в тепловой насос – 70°C ;
- температура горячей воды после теплового насоса – 90°C .

В качестве источника теплоснабжения были рассмотрены и рассчитаны тепловой насос, электрический котел, газовый котел, комбинированная схема «тепловой насос – электрический котел». В расчетах определены мощность установки, которая обеспечивает требуемую тепловую нагрузку.

Самой экономически нецелесообразной системой является одиночное применение теплового насоса в качестве нетрадиционного источника энергии для теплоснабжения индивидуального жилого дома, так как ка-

питательные и эксплуатационные затраты, стоимость единицы отпускаемой тепловой энергии во много раз превышают затраты на использование других видов источников теплоснабжения.

Более рентабельным вариантом является совместное использование ТНУ и электрического котла для отопления и горячего водоснабжения малоэтажной застройки, особенно с применением двухставочного тарифа, который помогает сократить платежи за электричество примерно на 25%.

Необходимо подчеркнуть, что несмотря на высокие затраты, связанные с установкой и стоимостью теплового насоса, данный вид источника теплоснабжения является самым экологически чистым вариантом [5].

Расчетная тепловая нагрузка котла равна полной потребности теплоты на отопление и горячее водоснабжение, для выбранного жилого дома составляет 13, 43 кВт. На основании этого расчета теплового насоса подобран тепловой насос De Dietrich GSHP TR-E мощностью 16,58 кВт и электрический котел марки Stout типа SEB – 14 мощностью 14 кВт.

Литература

1. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: тезисы докладов XIII молодежной научной конференции: в 3-х томах. – Т. 2. – Казань: КГЭУ, 2018. – С. 160-162.
2. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепловых насосов / И. М. Гатауллина // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России»: в 8 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 38-41.
3. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: тезисы докладов XIV молодежной научной конференции: в 3 т. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.
4. Акбуляков, А. Т. Автономная система теплоснабжения жилого дома / А. Т. Акбуляков // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 5-6.
5. Даутов Р. Р. Перспективы применения тепловых насосов / Р. Р. Даутов // VI Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России»: в 8 ч. – Ч. 5. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 107-108.

Сабирова Л. Р.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАНШЕТНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТЕ

Аннотация. В статье рассматривается внедрение трубчатых теплообменников типа ТТАИ в индивидуальные тепловые пункты.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, теплообменные аппараты типа ТТАИ, тепловая эффективность ТТАИ, массо-габаритные характеристики, преимущества теплообменных аппаратов типа ТТАИ.

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) получают все более широкое применение [1]. ИТП может иметь самую различную комплектацию, в зависимости от требований заказчика и конкретной схемы подключения потребителей тепловой энергии к тепловым сетям или иным источникам тепла, но практически всегда ИТП имеют в своем составе теплообменные аппараты. Теплообменные аппараты являются основой теплового пункта и вокруг них komponуются все прочие его элементы: арматура, средства автоматизации и учета, насосы, фильтры и пр. [2].

Трубчатые теплообменники типа ТТАИ («тонкостенный теплообменный аппарат интенсифицированный») успешно используются для решения задач теплопередачи в жилищно-коммунальном хозяйстве и практически во всех отраслях промышленности. Данные аппараты позволяют обеспечивать эффективную работу котельных, тепловых пунктов, тепловых насосов и самых разнообразных систем в промышленности и теплоэнергетике.

Массо-габаритные характеристики аппаратов ТТАИ так резко отличаются в лучшую сторону от всех аналогов, т. е. аппаратов, решающих ту же самую теплотехническую задачу и притом не одноразовых, а обслуживаемых, ремонтнопригодных, благодаря комплексу нижеперечисленных технических решений, присущих теплообменникам ТТАИ:

1. часть из этих решений обеспечивает повышение тепловой эффективности, а значит, уменьшение необходимой поверхности теплопередачи;
2. часть относится к принятию новых конструктивно-технологических решений,
3. часть к принятию обоснованных, а не эмпирических размеров элементов теплообменников [3].

Область применения теплообменников ТТАИ

Теплообменные аппараты типа ТТАИ применяются для систем:

- отопления и горячего водоснабжения;
- вентиляции и кондиционирования;
- различных технологических процессов (пищевой, фармацевтической, химической промышленности и др.) [4].

Трубный пучок легко извлекается из корпуса теплообменника ТТАИ.

Основные преимущества теплообменных аппаратов ТТАИ:

- экономия затрат на установку теплообменника ТТАИ (от 15% до 25% по сравнению с пластинчатыми и кожухотрубными теплообменными аппаратами);
- значительное снижение тепловых потерь (за счет уменьшения площади внешней поверхности теплообменного аппарата);
- экономия производственных площадей;
- возможность размещения теплообменных аппаратов ТТАИ в небольших затесненных помещениях;
- облегчение их транспортировки (нет необходимости в грузоподъемных средствах);
- простота монтажа (за счет возможности размещения теплообменников на легких конструкциях);
- удобство технического обслуживания (простота извлечения трубного пучка из корпуса);
- уменьшение энергозатрат при эксплуатации (снижение расхода электроэнергии на привод насосов) в связи с пониженными гидравлическими сопротивлениями.

Будучи примененные одновременно в конструкции одного теплообменника – аппарата ТТАИ, комплекс перечисленных технических решений позволяет добиться того, что массо-габаритные характеристики (разборных и ремонтпригодных) кожухотрубных аппаратов оказываются примерно в 50 раз лучше, чем у советских общепромышленных кожухотрубных аппаратов и примерно в 10 раз лучше, чем у современных западноевропейских разборных (т. е. тоже ремонтпригодных) пластинчатых теплообменников [5].

Литература

1. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: материалы XIII Международной молодежной научной конференции (Казань, 24-27 апреля 2018 г.): в 3 т. – Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – С. 203-206.

2. Звонарева, Ю. Н. Совершенствование систем теплоснабжения путем внедрения АИТП / Ю. Н. Звонарева, О. И. Зверев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019. – №1(14). – С. 10-18.

3. Федотова, А. О. Перспективные материалы для изготовления теплообменных аппаратов / А. О. Федотова // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России»: в 8 ч. – Ч. 5. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 183-185.

4. Горбунов, К. Г. Проект перехода на индивидуальные тепловые пункты в сфере теплоснабжения / К. Г. Горбунов // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России»: в 8 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 43-45.

5. Ахметзянова, Л. Г. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения / Л. Г. Ахметзянова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, – 2017. – С. 106-108.

УДК 621.577.012-837

Савко Д. О., Аюпов Р. Р.

Научный руководитель: Звонарева Ю. Н., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

РАСЧЕТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВОГО КОМПЛЕКСА

***Аннотация.** В статье проведены расчеты энергоэффективных показателей двух типов парокомпрессионных тепловых насосов (ПКТН) и выбран оптимальный вариант системы теплоснабжения для административного бытового комплекса в г. Казань.*

***Ключевые слова:** коэффициент преобразования теплоты, парокомпрессионный тепловой насос, энергетическая эффективность, эксергетический КПД.*

Объектом исследования принят административно-бытовой комплекс в Ново-Савиновском районе г. Казань, имеющий перетопы, недотопы, разбалансировку тепловой сети и неверно подобранное насосное оборудование [1].

В связи с этим было принято решение провести расчет энергоэффективных показателей двух типов тепловых насосов и выбрать наиболее энергоемкий.

Удельные тепловые нагрузки в узлах ПКТН (ПКТН с РТ) рассчитываются по формулам 1-3 [2]:

$$q_u = h_1 - h_4 = 520,9 - 305,3 = 215,6(243,6) \text{ кДж/кг}; \quad (1)$$

$$q_k = h_2 - h_3 = 594,9 - 291,5 = 303,4(335,5) \text{ кДж/кг}; \quad (2)$$

$$l_{сжс} = h_2 - h_1 = 588,2 - 502,1 = 86,1(91,1) \text{ кДж/кг}; \quad (3)$$

где $h_1 - h_4$ – энтальпии фреона после теплообменного оборудования теплового насоса (ТО ТН), q_u, q_k – удельная тепловая нагрузка испарителя и конденсатора, $l_{сжс}$ – работа сжатия в компрессоре.

Показатели энергетической эффективности ПКТН (ПКТН с РТ) определяются по формулам 4-6 [2]:

1. коэффициент преобразования теплоты

$$\eta = \frac{q_k}{l_{сжс}} = \frac{303,4}{86,1} = 3,52(3,68) \text{ кДж/кг}; \quad (4)$$

2. коэффициент преобразования электроэнергии:

$$\mu_\eta = \eta_{э.м} \cdot \eta_\eta \cdot \mu = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 3,52 = 2,67(2,79) \text{ кДж/кг}; \quad (5)$$

3. удельный расход первичной энергии

$$ПЭ = \frac{1}{\mu_{э.м} \cdot \eta_\eta \cdot \mu_{э.с} \cdot \eta_{пер} \cdot \mu} = 0,98(0,94) \text{ кДж/кг}; \quad (6)$$

где $\mu_{э.м} \cdot \eta_\eta \cdot \mu_{э.с} \cdot \eta_{пер}$ – КПД ТО ТН [2].

Так как $ПЭ < 1$, то с энергетической точки зрения отопление с использованием теплового насоса выгоднее, чем при сжигании природного топлива, применяемого для производства электроэнергии.

Эксергия электроэнергии и эксергетический КПД ПКТН (ПКТН с РТ) определяются по формулам 7-8 [2]:

$$e_\eta = \frac{l_{сжс}}{\eta_{э.м} \cdot \eta_\eta} = \frac{86,1}{0,95 \cdot 0,8} = 113,29(119,87) \text{ кДж/кг}; \quad (7)$$

$$\eta_\eta = \frac{e_\eta}{e_\eta + e_\epsilon} = \frac{46,3}{7,67 + 113,29} = 0,38(0,36) \text{ кДж/кг}; \quad (8)$$

где e_η – эксергия, отданная низкопотенциальным теплоносителем в испарителе, 7,67 (7,76) кДж/кг; e_ϵ – эксергия, полученная высокопотенциальным теплоносителем в конденсаторе 46,3 (45,9) кДж/кг.

После проведенных расчетов в таблице представлен сравнительный анализ показателей энергетической эффективности двух тепловых систем.

Показатели энергетической эффективности ПКТН (1) и ПКТН с РТ (2)

№ системы	1	2
Удельная тепловая нагрузка теплового насоса $q_k = q_{тн}$, кДж/кг	303,4	335,5
Удельная энергия, потребляемая электродвигателем W , кДж/кг	113,29	119,87
Коэффициент преобразования теплоты μ	3,52	3,68
Коэффициент преобразования электроэнергии $\mu_э$	2,67	2,79
Удельный расход первичной энергии ПЭ	0,98	0,94
Эксергетический КПД $\eta_э$	0,38	0,36

Как видно из таблицы, наивысший коэффициент преобразования теплоты и электроэнергии, а также наименьший расход первичного топлива – в системе №2.

После проведенных расчетов и сравнительного анализа результаты показали, что внедрение в систему теплоснабжения ПКТН с РТ является наиболее оптимальным вариантом.

Литература

1. Управляющая компания «Уютный дом» г. Казань [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.uyutd.com/information> (дата обращения 28.02.2021).
2. Трубаев, П. А. Тепловые насосы: учеб. пособие / П. А. Трубаев, Б. М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с.

УДК 614.875

Сергеева Д. В.

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

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Аннотация. В связи с тем, что стремительно повышается актуальность энергосберегающих обогревателей, которые будут не только быстро и качественно обогревать помещение, но и экономить электроэнергию, в данной статье рассматриваются преимущества применения инфракрасного отопления в сравнении с традиционными видами.

Ключевые слова: *инфракрасный обогрев, экологичность, быстрота нагрева, эффективность.*

Инфракрасный обогрев – это передача тепловой энергии в виде электромагнитных волн. Инфракрасное отопление быстро набирает популярность в качестве отопительной системы для дома или офиса, поэтому данная тема актуальна. Цель работы – доказать, что использование температурных параметров в качестве отопления в рабочей зоне с помощью инфракрасной системы целесообразней, чем традиционного отопления. Инфракрасные обогреватели, в отличие от традиционного отопления, передают тепло в помещение за счет сочетания лучистой и естественной конвекции. Они экологически чистые [1], экономичны в эксплуатации и эффективны, так как передают не менее 90% всей производимой энергии элементам в помещении, независимо, где они находятся: в помещении или на улице. И при применении обогревателей на основе инфракрасного излучения уровень отрицательных ионов снижается максимум на 1...3%, что тоже говорит об экологической безопасности инфракрасного излучения в помещениях [1]. В отличие от газовых обогревателей, инфракрасные обогреватели требуют минимального обслуживания и работают тихо. Кроме того, они не производят запаха и не выделяют токсины в воздух, которым дышит человек. Инфракрасное отопление воздействует напрямую, эффективно используя каждый ватт [2].

Инфракрасные обогреватели, также известные как лучистые обогреватели, используют невидимые инфракрасные световые волны. Подобно тому, что излучает солнце, инфракрасное или лучистое отопление нагревает окружающие предметы и людей, передавая тепло поверхностям и коже. Поскольку воздух не нагревается и не циркулирует, разница температур от потолка до пола колеблется в пределах 2-3 градусов. Также к преимуществам инфракрасных аппаратов можно отнести и быстроту нагрева. Если сравнивать, к примеру, инфракрасный обогреватель и масляный радиатор, то инфракрасный начнет выделять тепло уже через 30 секунд, направляя свою энергию на человека, в то время как масляный радиатор требует около 30 минут времени для нагрева.

Инфракрасные и газовые обогреватели используют лучистое тепло для обогрева окружающей среды. Но и в этом случае преимущество инфракрасных нагревателей от газовых заключается в том, что электричество, используемое в инфракрасных обогревателях, обеспечивает более быстрый и эффективный обогрев, чем у газовых, которые требуют больше времени для разогрева. Модульные же обогреватели имеют тен-

денцию неравномерно обогревать помещения, и большая часть выходящего теплого воздуха плавно поднимается к потолку в помещениях с высокими потолками.

Вывод: инфракрасные обогреватели обеспечивают ряд важных преимуществ, что позволяет рассмотреть их применение, как основную систему отопления дома, к надежности элементов которой предъявляют высокие требования [3]. Обогреватели инфракрасного излучения идеально подходят не только для обогрева зданий, они позволяют согреться людям даже на открытых участках в ветреную погоду.

Литература

1. Карницкий, В. Ю. Инфракрасное отопление как экономичный и эффективный вид отопления / В. Ю. Карницкий, В. С. Ушников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 12-3. – С. 96-98.
2. Барышников, А. А. Анализ технологии инфракрасного отопления / А. А. Барышников, Н. Ш. Мустафин // Региональное развитие. – 2016. – №5.
3. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 123-129.

УДК 620.192.45: 620.111.3

Тазитдинов Р. Р., Гапоненко С. О.

Казанский государственный энергетический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУНТА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА

Аннотация. *Представлены результаты математического моделирования воздействия грунта на напряженно-деформированное состояние линейного участка трубопровода. Рассмотрена одна из проблем, заключающаяся в отклонении от норм изгибов, возникающих в результате неравномерной просадки грунта под подземным линейным участком трубопровода. Разработан и изготовлен стенд для моделирования воздействия грунта на стенку трубопровода с целью апробации результатов математического моделирования.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, ANSYS, модальный анализ, трубопровод, воздействие грунта, напряженно-деформированное состояние, линейный участок.*

В качестве объекта исследования был выбран алюминиевый трубопровод диаметром $d = 30$ мм, толщиной стенки $\delta = 5$ мм, длиной $L = 1520$ мм (рис. 1, 2) [1].

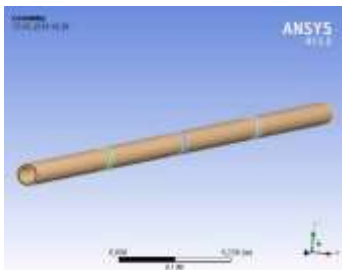


Рис. 1. Импортированная модель

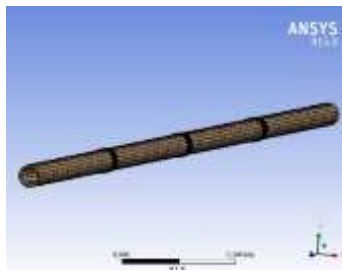


Рис. 2. Сетка конечных элементов

Работа заключалась в исследовании рассматриваемого трубопровода с применением модального анализа в программном комплексе ANSYS 15 [2]. Для определения собственных частот, форм (мод) необходим модальный анализ [3]. Модальный анализ является необходимым элементом расчета любого динамического анализа для определения оценки динамического поведения объекта [4]. Расчет собственных частот проводится в следующей последовательности:

1. импортируется геометрия исследуемого трубопровода в среду ANSYSWB из САПР Autodesk Inventor 2017 [5];

2. задаются свойства материалов: плотность: 2650 кг/м^3 ; модуль упругости: $0,7710 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; коэффициент Пуассона: 0,35; граничные условия.

Результатом исследования является 50 первых мод колебаний рассчитываемого трубопровода (таблица) [6], [7]. При анализе результатов модального расчета необходимо учитывать, что форма свободных колебаний вычисляется в относительных единицах и не позволяет определить абсолютные смещения [8].

Расчет трубопровода с тремя равноудаленными креплениями.

Результаты математического моделирования

Номер мод колебаний	Частота, Гц.	Номер мод колебаний	Частота, Гц.
1	255,46	26	4338,2
2		27	6303,4
3	255,47	28	

Окончание таблицы

4		29	6535,7
5	1479,9	30	6535,9
6		31	6536,1
7	1480	32	6536,3
8		33	6540,3
9	1545	34	
10	1545,1	35	6540,4
11	1545,4	36	
12	1545,5	37	7048,5
13	2101,1	38	7050,2
14		39	8676,3
15	3422,9	40	8676,4
16		41	9592,6
17	3746,6	42	9592,7
18		43	9592,9
19	3746,7	44	
20		45	9624,7
21	3767,6	46	
22	3767,8	47	9624,8
23	3768,1	48	
24	3768,3	49	10244
25	4338,1	50	

Литература

1. Захарова, В. Е. Модальный анализ собственных колебаний стальных трубопроводов / В. Е. Захарова, С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 27-30.
2. Леонтьев, Н. В. Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике» / Н. В. Леонтьев. – Нижний Новгород, 2016. – 101 с.
3. Гапоненко, С. О. Разработка комплексной методики контроля технического состояния инженерных коммуникаций на основе математического моделирования и экспериментальных исследований / С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 17-20.
4. Гапоненко, С. О. Математическое моделирование колебательных процессов линейно-протяженных энергетических объектов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 94-96.

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. Определение информативных частотных диапазонов для контроля местоположения заглубленных трубопроводов / С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 68-71.

7. Захарова В. Е. Математическое моделирование низкочастотных диагностических вибрационно-акустических колебаний линейно-протяженных энергетических объектов ЖКХ / В. Е. Захарова, С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: материалы 92-го заседания международного научного семинара им. Ю. Н. Руденко. – Иркутск: Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2020. – С. 257-263.

8. Гапоненко, С. О. Разработка математической модели объекта контроля для заглубленных полипропиленовых, полиэтиленовых и стальных трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Тинчуринские чтения. – 2019. – №1. – С. 93-98.

УДК 621.548

Тимершин А. Р.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

***Аннотация.** Рассмотрены основные перспективы применения ветровых генераторов, особое внимание уделено удаленным промышленным и добывающим комплексам.*

***Ключевые слова:** энергообеспечение, ветроэнергетика, ветрогенератор, альтернативная энергетика, тепловой насос.*

В настоящее время во всем мире наблюдается активное развитие альтернативной энергетики и ветроэнергетики в частности [1]. Для этого есть ряд причин, таких как: развитие технологий и промышленности, обеспокоенность мирового сообщества вопросами экологии и энергети-

ческой безопасности, основной же причиной является истощаемость углеводородных энергоносителей, таких как газ, различные виды угля, нефть и её производные. Уже сейчас мировая установленная мощность ветроэнергетических установок превысила 650 ГВт [2].

В России развернута обширная централизованная энергосистема, но даже она не может обеспечить энергией различные промышленные и добывающие комплексы, расположенные на севере страны и за полярным кругом. Эти районы характеризуются децентрализованной системой энергообеспечения, в большинстве своем основанной на использовании дизельных и газопоршневых станций, и вопрос обеспечения этих районов электроэнергией до сих пор актуален [3].

Одним из лучших вариантов решения энергетического вопроса является установка ветрогенераторов большой и малой мощности. У данного утверждения есть ряд обоснований. Первое – географическое расположение. Большинство комплексов находится на открытой территории, где средняя скорость потока ветра достигает 5-7 м/с, что является отличным показателем для установки ВЭУ большой мощности [4]. Ветрогенераторы также являются хорошим решением для обеспечения энергией стационарных платформ добычи нефти и газа, так как скорость ветра на прибрежных территориях значительно выше. Немаловажным является тот факт, что среднегодовая температура на данной территории составляет примерно - 10 °С, что оказывает положительное влияние на эффективность ветряных установок, ведь плотность холодного воздуха выше, нежели у теплого. Второй причиной является время возведения ветрогенератора, на подготовленной площадке оно может составлять от 7 до 10 дней. Последним же плюсом является возможность получения от ветряных станций не только электрической, но и тепловой энергии путём установки электрических котлов или же тепловых насосов, к надежности элементов которых предъявляются высокие требования [5, 6], что позволит предприятию отказаться от котельных, генерирующих тепло за счёт сжигания органического топлива, и перейти на автономное энергообеспечение [7].

Потенциал использования ВЭУ для энергообеспечения предприятий поистине огромен, и в большинстве случаев данный способ получения энергии более эффективен, по сравнению с другими альтернативными источниками, такими как солнечные панели и геотермальные источники.

Литература

1. Захарова, В. Е. Перспективы использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом / В. Е. Захарова // Научному прогрессу – творчество

молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 129-130.

2. Федотова, А. О. Анализ эффективности применения ветроэнергетических установок / А. О. Федотова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 67-69.

3. Курицына, К. С. Ветер как альтернативный источник энергии / К. С. Курицына // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. X междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 256-257.

4. Захарова, В. Е. Сравнение технических характеристик разных типов ветряных установок / В. Е. Захарова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. X междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 1. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 243.

5. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XI междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 256-258.

6. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104.

7. Хайруллина, А. И. Варианты применения ветрогенераторов для систем отопления / А. И. Хайруллина // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 70-71.

УДК 662.998.976

Туркунов Р. Н.

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

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье описывается влияние влаги на значения теплопроводности теплоизоляционных материалов. Рассматриваются процессы тепло-, влагообмена, происходящие в порах теплоизоляции.

Ключевые слова: влажность, пористость, теплопроводность, теплопередача, диффузия паров воды, диффундрация.

Влажностное состояние оказывает существенное влияние на процессы теплопроводности. Это явление напрямую относится к теплоизоляции ограждающих конструкций, а также оборудования, работающего в условиях контакта с водой (например, подземные трубопроводы) [1].

В общем случае величина теплопроводности влажного материала определяется по формуле

$$\lambda_w = \lambda_0 + \beta_w w,$$

где β_w – прирост теплопроводности на 1% объемной влажности; w – объемная влажность материала.

Значение β_w напрямую зависит от таких величин, как общая пористость и объемная влажность материала. По мере уменьшения объемной массы величина β_w возрастает. Исходя из этого, можно сказать, что на теплопроводность теплоизоляционных материалов отрицательно сказывается повышение влажности. [2].

Увеличение значения теплопроводности с повышением влажности носит характер линейной зависимости, и значение величины β_w при температурах выше нуля (около 0,002) вдвое ниже, чем при температурах ниже нуля (около 0,004). Однако стоит отметить, что линейное увеличение теплопроводности при повышении влажности происходит лишь на первых стадиях увлажнения, как правило, эта цифра не превышает 10-15% объемной влажности. Данное явление связано с характером обводнения материала по мере его водонасыщения. Уже при малом количестве влаги в теле материала начинается появление водных термических мостиков в местах наибольшего сужения пор и трещин, что приводит к ощутимому повышению значения теплопроводности материала по сравнению с его сухим состоянием. Дальнейшее повышение влажности в меньшей степени сказывается на увеличении теплопроводности теплоизоляции.

Изменение температуры оказывает большое влияние на процесс теплопередачи, при которой эксплуатируется влажное изделие. Это явление объясняется тем, что влага, находящаяся в материалах в воздушных порах, заполняет их не полностью. Именно поэтому в порах одновременно содержится воздух, влага, водяной пар. Передача тепла через такие поры может происходить конвекцией, теплопроводностью воздуха, диффузией паров воды в воздухе, излучением от стенок поропроводимостью воды.

Диффузию паров воды в воздухе длительное время не принимали во внимание, хотя влага при нагревании проявляет себя не как обычная составляющая материала, а как теплоноситель, которому свойственно

конденсироваться и испаряться. Из-за различия температур противоположных поверхностей пор возникает разница давлений насыщенных паров между этими поверхностями. В итоге происходит диффузия паров от более нагретой стенки к более холодной, где и происходит процесс конденсации влаги. После этого конденсированная вода переносится по системе капилляров в другую пору на холодной стороне стенки [3].

При температуре менее 60°C процесс теплопередачи происходит в большей степени за счет теплопроводности воды. В таком случае увеличение содержания воды в материале повышает его теплопроводность. При температуре около 60°C количество тепла, передаваемого за счет диффузии паров и проводимости жидкости, будет одинаковым. При этом увеличение влагосодержания будет вызывать повышение значения теплопроводности до тех пор, пока влаги в материале не станет достаточно для насыщения содержащегося в ней воздуха и для смачивания всех поверхностей пор, капилляров и трещин. Дальнейший процесс увеличения влагосодержания не влияет существенно на изменение теплопроводности [4].

При температуре более 60°C основным аспектом теплопередачи является теплопроводность, происходящая непосредственно при диффузии водяных паров. Максимальное увеличение значений теплопередачи достигаются, когда содержание в теплоизоляции влаги будет достаточно для смачивания всех поверхностей и, следовательно, насыщения водяными парами воздуха, находящегося в материале. С дальнейшим увеличением содержания воды насыщенный воздух из ряда пор вытесняется водой, и теплопроводность материала уменьшается.

При полном насыщении материала влагой его теплопроводность зависит только от теплопроводности самого материала и теплопроводности воды при данной температуре.

Сухие теплоизоляционные материалы более прочны по сравнению с влажными. Данное явление при отрицательных температурах сказывается на более сильной деструкции материала вследствие фазового превращения воды, что приводит к разрушению изделия. Падение показателя прочности, которое происходит при увлажнении теплоизоляции, связано с растворением связующих и уменьшением их прочности при набухании [5].

Увлажнение теплоизоляционных материалов в ходе эксплуатации необратимо приводит к увеличению объемной массы материала, что сказывается на утяжелении строительных изделий. Использование сильно увлажненной теплоизоляции в кровельных конструкциях может привести к аварийным последствиям.

Литература

1. Теплоизоляция. Материалы, конструкции, технологии. – М.: НТС «Строй-информ», 2008. – 444 с.
2. Филимонов, С. С. Теплообмен в многослойных и пористых теплоизоляциях / С. С. Филимонов, Б. А. Хрусталева, И. М. Мазилкин. – М.: Мир, 1990. – 561 с.
3. Лукинский, О. А. Герметизация, гидроизоляция и теплоизоляция в строительстве, ремонте и реставрации зданий и сооружений: учебное пособие / О. А. Лукинский. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 451 с.
4. Рассел, Джесси Теплоизоляция / Джесси Рассел. – М.: VSD, 2013. – 803 с.
5. Смирнова, Т. В. Теплоизоляция из каменной ваты / Т. В. Смирнова. – М.: АСВ, 2010. – 339 с.

УДК 662.998

Туркунов Р. Н.

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

ОТНОШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЙСТВИЮ ВЛАГИ

Аннотация. Одним из ухудшающих факторов строительно-эксплуатационных свойств в составе теплоизоляционных материалов является свободная жидкость. Она снижает прочность, морозостойкость, биостойкость. Особенно отрицательное влияние оказывает увлажнение на теплопроводность теплоизоляционных материалов. Исходя из этого, снижение влажности материала является одним из важнейших факторов улучшения основных свойств теплоизоляции.

Ключевые слова: влажность, пористость, сорбционная влажность, гигроскопичность, гидрофобизация.

Технологическая вода, содержащаяся в теплоизоляционных материалах, может оставаться в изделиях при изготовлении и эксплуатации. Под действием внешних условий в процессе эксплуатации содержание воды в изделиях изменяется. Даже при отсутствии прямого контакта материала с водой могут наблюдаться колебания равновесной влажности с некоторыми изменениями относительной влажности воздуха [1].

Влажность – это величина, характеризующая отношение массы влаги, содержащейся в теплоизоляционном материале, к его массе, находящейся в сухом состоянии (влажность по массе W_g) или к его объему (влажность объемная $W_{об}$).

При определении влажности по массе от влажности по объему пользуются зависимостью:

$$W_g = 1000W_{об} / \rho .$$

Количество влажности по массе при одном и том же содержании влаги в материале существенно зависит от его объемной массы. Снижение объемной массы при постоянном содержании влаги приводит к значительному возрастанию W_g . Поэтому объемная влажность является более объективным показателем степени увлажнения материала.

При контакте с водой или воздухом происходит увлажнение теплоизоляционных материалов. Способность материалов сорбировать влагу из окружающего воздуха называется гигроскопичностью, а увлажнение получаемое при этом – сорбционной влажностью.

Свойство гигроскопичности зависит от природы материалов, величины их поверхности, а также от характера пористой структуры. При равной поверхности материалы с большим количеством мелких капилляров более гигроскопичны, так как в них выше капиллярная конденсация паров воды. Сорбционная влажность материалов определяется их гигроскопичностью и температурой, а также относительной влажностью воздуха [2].

При оценке сорбционной влажности различных теплоизоляционных изделий применяются различные условия, при которых значения относительной влажности воздуха изменяются. Для проведения исследований образцы изоляции выдерживают в вакуум-эксикаторах над растворами солей или серной кислоты определенной концентрации; относительная влажность воздуха над водой при нормальной температуре должна быть не ниже 98%.

Для уменьшения сорбционного увлажнения материала применяют метод объемной гидрофобизации, а именно сокращают объем микропор, в которых при относительной влажности среды выше 50% начинается процесс конденсации влаги; кроме того, защищают поверхность изделий обкладочными материалами или затирающими растворами [3].

Характерное свойство теплоизоляционного материала увлажняться при соприкосновении с одной из поверхностей изделия с водой за счет всасывания влаги по капиллярным порам называется капиллярным подсосом (насыщением). Степень увлажнения материала и скорость испарения влаги в процессе эксплуатации зависит от величины капиллярного подсоса.

Капиллярное водонасыщение всегда ниже водопоглощения, так как крупные поры при капиллярном всасывании водой не заполняются. Кроме того, при большой высоте образца влага не может подняться на всю его высоту.

Водопоглощение характеризует способность теплоизоляционного материала впитывать и удерживать влагу. Определение водопоглощения теплоизоляционных материалов определяется экспериментально на образцах размером 10X10 см и толщиной, равной толщине изделия, выдерживая их в воде целые сутки, т. е. 24 часа.

Закрытые поры влагой не заполняются вообще или заполняются очень медленно, исходя из этого водопоглощение по объему всегда меньше истинной пористости материала. Водопоглощение теплоизоляционных материалов по массе из-за развитой пористости и низкой объемной массы обычно выше 100% [4].

Значения, характеризующие водопоглощение теплоизоляционных материалов по объему и по массе, составляют соответственно:

- для материалов с сообщающейся пористостью (перлит и др.) 30-40 и 350-400%: для материалов с волокнистой структурой водоудерживающая способность равна 80-85 и 400-650%;

- с ячеистой структурой: с закрытой пористостью (пеностекло, некоторые пенопласты) соответственно 2-15 и 80-120% [5].

Характер пористости и водопроницаемости твердой фазы материала оказывает значительную роль на водопоглощение теплоизоляционных материалов. Учитывая большой объем пористости и ее специфические особенности, становится ясно, что уменьшение водопоглощения эффективной теплоизоляции представляет собой сложную задачу, которая еще больше осложняется для материалов как с волокнистой структурой, так и высокими значениями пористости.

Литература

1. Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы, технологии / Л. П. Зарубина. – М.: ИДПО «Атомпроф», 2008. – 240 с.
2. Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии / Л. П. Зарубина. – М.: БХВ-Петербург, 2012. – 416 с.
3. Лукинский, О. А. Герметизация, гидроизоляция и теплоизоляция в строительстве, ремонте и реставрации зданий и сооружений: учебное пособие / О. А. Лукинский. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 451 с.
4. Рассел, Джесси Теплоизоляция / Джесси Рассел. – М.: VSD, 2013. – 803 с.
5. Смирнова, Т. В. Теплоизоляция из каменной ваты / Т. В. Смирнова. – М.: АСВ, 2010. – 339 с.

Федотова А. О.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА (ТТАИ)

***Аннотация.** В тезисе представлены основные преимущества применения теплообменных аппаратов, интенсифицированных (ТТАИ) и также приведены обоснования их применения при переходе от ЦТП к ИТП.*

***Ключевые слова:** теплообменный аппарат интенсифицированный (ТТАИ), профилированные трубки, трубный пучок, «планишетный» тепловой пункт.*

Теплообменные аппараты – устройства для осуществления теплопередачи между теплоносителями.

Одним из наиболее перспективных видов современных теплообменных аппаратов поверхностного типа являются интенсифицированные теплообменные аппараты, относящиеся к классу кожухотрубчатых – ТТАИ. Данный теплообменник применяется для систем вентиляции, отопления, ГВС производственных и жилых зданий, кондиционирования, на предприятиях химической, машиностроительной и других отраслей [1]. Помимо прочего, благодаря небольшим размерам, некоторые модели можно применять на судах.

ТТАИ имеют несколько исполнений: одно-, двух- и сложноходовое, благодаря которым становится возможным обеспечивать подачу теплоносителей по разным схемам движения.

Работа теплообменника осуществляется с теплоносителями, имеющими следующие параметры: температуру от -45 до +300°C и давление – до 1,6 МПа [2].

Основными особенностями данных теплообменников являются:

1. термодинамические профилированные трубки, увеличивающие тепловую эффективность и обеспечивающие эффект самоочистки при использовании по прямому назначению;
2. нерегулярная разбивка при компоновке трубного пучка снижает гидравлическое сопротивление межтрубной полости;

3. усредненный шаг расположения теплопередающих трубок в трубном пучке увеличивает удельную плотность теплопередающей поверхности и способствует увеличению коэффициента теплоотдачи;

4. использование трубок малого эквивалентного диаметра способствует росту удельной тепловой эффективности и повышает коэффициент компактности, что приводит к снижению массогабаритных характеристик;

5. тонкостенные трубки и корпус снижают металлоемкость теплообменного аппарата и исключают необходимость в фундаменте, а также применении грузоподъемных средств при осуществлении монтажа и демонтажа;

6. метод «плавающих» трубных решёток, примененный для установки трубного пучка в корпусе, уменьшает термические напряжения, способствуя повышению надёжности работы аппарата. Также создается возможность разборки теплообменника извлечением из корпуса трубного пучка. Это увеличивает ремонтпригодность и позволяет производить агрегатный ремонт аппарата путём замены одного из вышеупомянутых элементов [3].

При переходе от использования ЦТП к ИТП возникает острая проблема выбора оборудования. Учитывая пониженные затраты на приобретение теплообменника ТТАИ (примерно на 30% по сравнению с пластинчатыми), меньшие капитальные и эксплуатационные затраты, применение таких теплообменных аппаратов становится перспективным и экономически выгодным.

На основе аппаратов ТТАИ создаются так называемые «планшетные» тепловые пункты, отличающиеся более грамотным использованием места для установки оборудования. Такой эффект достигается за счет возможности вынесения теплообменника, имеющего корпус в виде трубы, за пределы непосредственного блок-модуля ИТП. Благодаря отсутствию требований к креплению теплообменного аппарата, меньшему весу и габаритам, переход от ЦТП к ИТП с использованием такой конструкции возможен даже в домах старой застройки, не предназначенных для размещения оборудования теплового пункта в самом здании [4].

Также данный вид теплообменных аппаратов является разработкой отечественного производителя, что автоматически исключает проблемы, связанные с импортозамещением [5]. Дополнительно для реализации ТТАИ будет увеличиваться число рабочих мест и совершенствоваться техническая база страны.

Обобщая приведенные данные, можно сделать следующий вывод: применение данного вида теплообменных аппаратов является надежным, удобным, менее затратным и более эффективным. Именно поэтому созданные на их основе тепловые пункты могут составить конкуренцию иностранным разработкам и закрепиться на российском рынке.

Литература

1. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – С. 73-74.
2. Ахметзянова, Л. Г. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения / Л. Г. Ахметзянова // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 106-108.
3. Федотова, А. О. Перспективные материалы для изготовления теплообменных аппаратов / А. О. Федотова // V Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – 2020. – № 5. – С. 183-185.
4. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения» (Казань, 24-27 апреля 2018 г.): в 3 т. – Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – С. 203-206.
5. Макуева, Д. А. Интенсификация теплообмена в теплообменном оборудовании за счет изменения внутренней геометрии канала / Д. А. Макуева // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXVI международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов (12-13 марта 2020 г., Москва): тез. докл. – М.: ООО Центр полиграфических услуг «Радуга», 2020. – С. 693.

УДК 699.86:621.3

Хакимуллин Б. Р.

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

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИМ И ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ

***Аннотация.** В статье представлены основные требования к звукопоглощающим материалам, рассмотрены коэффициенты отражения ограждающих конструкций.*

***Ключевые слова:** отражающая способность, шум, звукоизоляция, гашение звука.*

Звукопоглощающие материалы должны характеризоваться высокопористой структурой.

При этом эффективность звукопоглощения при прочих равных условиях зависит от параметров этой структуры, которые должны направленно регулироваться в зависимости от превалирующей частоты звуковых волн в данном помещении.

Основная суть физического явления, происходящего при гашении звука пористым телом, заключается в следующем. Воздух, находящийся в узких порах теплоизоляционных материалов, возбуждает колебания при падении на поверхность материала звуковых волн. При данном эффекте большая часть звуковой энергии расходуется. Высокая степень сжатия воздуха и его трение о стенки пор вызывают разогрев. За счёт данного процесса происходит преобразование кинетической энергии звуковых колебаний в тепловую энергию, которая затем рассеивается в среде.

Гашению звука помогает деформирование гибкого каркаса звукопоглощающего материала, на что также расходуется звуковая энергия; особенно этот вклад заметен в пористо-волоконистых материалах с открытой сообщающейся пористостью при ее общем объеме не менее 78%.

Звукоизолирующие качества ограждений основаны на применении специальных конструкций, как правило, многослойных, оказывающих повышенное сопротивление прохождению звуковых волн как ударного характера, так и распространяющихся в воздушной среде.

В основе передачи звукоизолирующих свойств ограждению лежат три основных физических явления:

1. процесс отражения воздушных звуковых волн от поверхности ограждения;
2. процесс поглощения звуковых волн материалом поглощения;
3. процесс гашения ударного или воздушного шума за счёт деформации элементов конструкции и материалов, из которых она изготовлена.

Одна из основных способностей наружных ограждений зданий – это отражать звуковые волны. В данном случае для повышения эффективности отражения воздушных звуковых волн стремятся применять массивные конструкции с гладкой наружной поверхностью.

Отражающая способность преграды характеризуются коэффициентом отражения β :

$$\beta = E_{\text{отп}} / E_{\text{над}} < 1,$$

где $E_{\text{отп}}$, $E_{\text{над}}$ – соответственно падающая и отраженная звуковая энергия.

Высокая отражающая способность ограждающих конструкций (перегородок), для внутренних помещений является недостаточной, так как отраженные звуковые волны создают усиление шума в наиболее шумном помещении. В таком случае применяются конструкции из множества слоёв, в состав которых входят элементы из звукоизоляционных матери-

алов, эффективность которых оценивается динамическим модулем упругости. В качестве звуко-теплоизоляционных прокладок применяются пористо-волоконистые материалы из минеральной и стеклянной ваты, древесных волокон (древесно-волоконистые плиты), засыпки из пористых зерен (керамзита, шлака и т. п.)

Снижению уровня ударных и звуковых шумов способствуют малый динамический модуль упругости звукоизоляционных материалов и наличие воздуха в порах. В данном случае снижение интенсивности звука происходит за счёт деформации элементов структуры звукоизоляционных материалов и частично за счёт звукопоглощения.

Качество звукоизоляционных ограждений оценивают их звукопроводностью τ :

$$\tau = E_{прош} / E_{под} < 1,$$

где $E_{прош}$ – прошедшая за преграду звуковая энергия.

В соответствии с действующими стандартами материал, применяемый для звукоизоляционных прокладок, должен иметь динамический модуль упругости E_0 не более 15 МПа.

Литература

1. Лукинский, О. А. Герметизация, гидроизоляция и теплоизоляция в строительстве, ремонте и реставрации зданий и сооружений: учебное пособие / О. А. Лукинский. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 957 с.
2. Шумоизоляция помещения: иллюстрированное пособие. Теория возникновения, способы борьбы, материалы, процесс установки. – М.: Монолит, 2015. – 565 с.
3. Перепечко, И. И. Акустические методы исследования полимеров / И. И. Перепечко. – М.: Химия, 2015. – 296 с.

УДК 697.334:662.998

Хакимуллин Б. Р.

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

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА АКУСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье рассматриваются основные функциональные свойства акустических материалов.

Ключевые слова: поглощение звука, пористость, звуковые волны, сопротивление продувания.

Функциональные свойства акустических материалов определяются их назначением и областью применения.

Звукопоглощающие материалы предназначены для гашения воздушных шумов и регулирования акустических характеристик помещений, именно поэтому они должны обладать хорошим звукопоглощением, которое характеризуется среднеарифметическим ревербационным коэффициентом звукопоглощения α , называемым часто просто коэффициентом звукопоглощения.

Во время падения звуковой волны на ограждающую поверхность часть звуковой энергии отражается и часть поглощается материалом. Коэффициент звукопоглощения представляет собой отношение, характеризующее количество поглощенной энергии $E_{\text{пол}}$ к падающей $E_{\text{пад}}$:

$$\alpha = (E_{\text{пад}} - E_{\text{отр}}) / E_{\text{пад}} = E_{\text{пол}} / E_{\text{пад}},$$

где $E_{\text{отр}}$ – энергия отраженной звуковой волны.

На величину α оказывают влияние уровень и характеристика звука (шума), свойства звукопоглощающего материала и, в первую очередь, характер и объём пористости этого материала, конструктивные особенности устройства звукопоглощающей облицовки ограждения. [1].

Решающее влияние на звукопоглощение оказывает частота звуковой волны, т. е. один и тот же материал может хорошо поглощать высокочастотный звук и плохо – низкочастотный. Поэтому α определяют для каждого материала при нескольких значениях частот. Весьма существенное влияние на α оказывают общий объём и характер пористости.

Наилучшие условия для поглощения звука создаются в материалах с сообщающейся пористостью. Для уменьшения количества отраженной энергии пористость звукопоглощающего материала должна быть открытой. С возрастанием частоты звука α одного и того же материала возрастает. При этом в диапазоне высоких частот его значения несколько снижаются. Наименьшим значением α звукопоглощающие материалы характеризуются в диапазоне низких частот (ниже 250 Гц). Низкочастотные волны в материал почти не проникают.

Выявлено, что высокочастотные волны лучше проникают в поры малых размеров без значительного отражения.

Материалы, значения α которых более 0,4 при частоте 1000 Гц, относят обычно к эффективным.

Эффективность звукопоглощающих материалов часто оценивают по косвенным показателям, которыми являются структурный фактор χ и сопротивление материала продуванию постоянным потоком воздуха r при постоянном давлении.

Структурный фактор зависит от объёма, вида и расположения пор. Для высокопористых материалов χ всегда больше единицы. Близкими к единице значениями χ характеризуются волокнистые материалы (стеклянная и минеральная вата). Значение структурного фактора, близкие к 4, характерны для твердых акустических материалов средней плотности (ячеистые бетоны, пеногипс, акустические штукатурки). Повышение значений χ связано с увеличением плотности акустических материалов и понижением их звукопоглощающих свойств [2].

Сопротивление продуванию r также зависит от объёма, вида и размера пор, а главное – от соотношения объёмов открытой и закрытой пористости.

Сопротивление продуванию достаточно хорошо характеризует звукопоглощение материала. При значениях r , близких к волновому сопротивлению воздуха, звукопоглощающий материал при достаточной толщине хорошо поглощает звуковые волны низких и средних частот. Хорошее поглощение высокочастотного звука обеспечивается при некотором повышении плотности материала.

Весьма большое влияние на эффективность звукопоглощения оказывает расположение звукопоглощающего материала относительно жесткой поверхности, перед которой его устанавливают.

Возможны два варианта установки звукопоглотителя: с относом и без относа от жесткой стенки. Принципиальное отличие этих двух вариантов заключается в том, что при отсутствии относа гашение звука происходит лишь в толще материала. Так как звукопоглощающие материалы имеют обычно толщину несколько сантиметров, то в этих условиях гасятся лишь высокочастотные звуковые волны [3].

При монтаже звукопоглотителя с относом звуковая волна проходит последовательно его толщу, затем воздушный зазор, который играет роль упругой прокладки, отражается от жесткой поверхности ограждения и вторично попадает в материал. При такой схеме гашения звука большая часть звуковой энергии гасится, даже если толщина звукопоглощающего материала незначительна. Наиболее эффективные звукопоглощающие материалы толщиной 2 см при монтаже с относом 20 см практически полностью поглощают звуковую энергию падающих волн.

Таким образом, функциональные свойства звукопоглощающих материалов оценивают коэффициентом звукопоглощения, а звукоизоляционных материалов – их плотностью для случая изоляции помещений от наружных шумов, распространяющихся в воздушной среде (чем плотнее материал, тем выше его отражающая способность и тем эффективнее защита от воздушного шума), и динамическим модулем упругости в случае изоляции ударных и структурных шумов (чем ниже значения этого показателя, тем эффективнее звукоизоляционный материал).

Литература

1. Лукинский, О. А. Герметизация, гидроизоляция и теплоизоляция в строительстве, ремонте и реставрации зданий и сооружений: учебное пособие / О. А. Лукинский. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 957 с.
2. Шумоизоляция помещения: иллюстрированное пособие. Теория возникновения, способы борьбы, материалы, процесс установки. – М.: Монолит, 2015. – 565 с.
3. Перепечко, И. И. Акустические методы исследования полимеров / И. И. Перепечко. – М.: Химия, 2015. – 296 с.

УДК 53.089.6

Чанчина В. Е., Гапоненко С. О.

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

ВИБРОСТЕНД ДЛЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ КАЛИБРОВКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Аннотация. Предложен низкочастотный способ калибровки пьезодатчиков. Устройство, реализующее данный способ, выполнено в виде вибростенда и осуществляет калибровку пьезометрических датчиков, а также создает регулируемое воздействие на датчики. Предложенное решение целесообразно применить в приборостроении, машиностроении и других отраслях промышленности, где необходима проверка изделий на стойкость к плоским и пространственным механическим воздействиям.

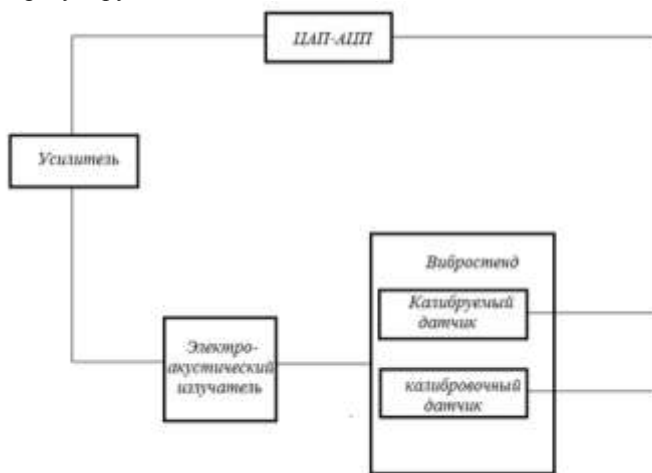
Ключевые слова: низкочастотный способ калибровки, пьезодатчик, вибростенд, регулируемое воздействие.

Вибрация – это механические колебания точки или механической системы. Вибрация тела или механизма всегда вызывается какими-то силами возбуждения, ее направлениями и частотой. По этой причине вибрационный анализ позволяет выявить силы возбуждения при работе машины. Эти силы зависят от состояния машины, и знание их характеристик и законов взаимодействия позволяет диагностировать дефекты.

Самыми распространенными датчиками для измерения вибраций являются пьезоэлектрические. Пьезоэлектрические датчики предназначены для измерения механических параметров (усилий, давлений, ускорений, массы, угловых скоростей, моментов, деформаций и т. п.), построения тепловых приборов (термодатчиков, датчиков расхода, вакуума, измерителей электрических параметров, датчиков тепловых потоков), а также для контроля составов, концентраций газов, влажности и микромасс. По разрешающей способности и точности эти устройства во многих случаях превосходят датчики, выполненные на других физических принципах [1].

Для получения достоверных результатов при измерении параметров колебаний исследуемого объекта необходимо знать калибровочные параметры применяемых датчиков. Основной целью калибровки пьезоэлектрических преобразователей является определение чувствительности в рабочем диапазоне частот и амплитуд. Для этих целей разработан низкочастотный способ калибровки пьезодатчиков [2-4].

Устройство, реализующее данный способ, выполнено в виде вибростенда и осуществляет калибровку пьезометрических датчиков, а также создает регулируемое воздействие на датчики.



Блок схема работы устройства

Звуковая частота, генерируемая программой, проходит через ЦАП-АЦП и подается в усилитель звукового сигнала, который, в свою очередь, передает сигнал электроакустическому излучателю. Стенкам стенда передаются колебания по оси чувствительности калибруемого датчика.

Параметры колебаний стенда фиксируются калибровочным и калибруемым датчиками, выходной сигнал от которых через ЦАП-АЦП направляется в компьютерную программу, которая определяет чувствительность датчиков в рабочем диапазоне частот и амплитуд.

Предложенное решение может найти применение в приборостроении, машиностроении и других отраслях промышленности, где требуется проверка изделий на стойкость к плоским и пространственным механическим воздействиям [5-6].

Литература

1. Шарапов, В. М. Пьезоэлектрические датчики / В. М. Шарапов, М. П. Мусиенко, Е. В. Шаропова; под ред. В. М. Шаропова. – М.: Техносфера, 2012. – 632 с.
2. Кондратьев, А. Е., Загретдинов, А. Р., Гапоненко, С. О., Хафизов, Р. Г. Программный комплекс для калибровки пьезоэлектрических преобразователей // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015613009, 27.02.2015. Заявка № 2014664207 от 30.12.2014.
3. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Е. Е. Костылева и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – №7-8. – С. 79-86.
4. Гапоненко, С. О. Установка для калибровки прибора низкочастотного виброакустического контроля / С. О. Гапоненко // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2016 (МНТК «ИМТОМ-2016»): материалы Международной научно-технической конференции. – Казань: Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий, 2016. – С. 288-292.
5. Гапоненко, С. О., Кондратьев, А. Е., Захарова, В. Е. Вибростенд для калибровки пьезодатчиков // Патент на полезную модель RU 178307 U1, 29.03.2018. Заявка № 2017127383 от 31.07.2017.
6. Gaponenko, S. O. Device for calibration of piezoelectric sensors / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev // Procedia Engineering. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017. 2017. – P. 146-150.

Чучалов А. А.

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

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

***Аннотация.** Рассмотрены преимущества и недостатки различных альтернативных источников энергии и произведена оценка возможности применения альтернативных источников энергии в Республике Татарстан.*

***Ключевые слова:** альтернативная энергетика, экология, Республика Татарстан, возобновляемые источники.*

На сегодняшний день одним из самых актуальных вопросов в отрасли энергетики является поиск нового вида топливных ресурсов. Задачей поиска новых источников топлива занимается альтернативная энергетика. Эта новая отрасль энергетики представляет собой совокупность направлений, изучающих способы получения, передачи и применения энергии, полученной при использовании возобновляемых источников энергии, которые обладают высокой экологичностью и низкой стоимостью за единицу получаемой энергии.

В настоящее время в Республике Татарстан наиболее распространены следующие виды альтернативных источников энергии: энергия ветра, энергия излучения солнца, геотермальная энергия, энергия биомассы.

Ветроэнергетика в Татарстане признана приоритетным направлением. До 2022 году в республике планируют построить 2 ветропарка, мощностью по 50 МВт каждый. В 2019 году Казанский государственный энергетический университет завершил все необходимые измерения для наибольшей эффективности установки оборудования в трёх районах республики – Спасском, Камско-Устьинском и Рыбно-Слободском. Значения среднегодовой скорости ветра составили: 7,7 м/с – Красновидово Камско-Устьинский район; 7,55 м/с – Рыбно-Слободский район; 7,35 м/с – Спасский район. Выбор трех районов РТ для ветроизмерений обусловлен их близостью к Куйбышевскому водохранилищу [1].

Не менее актуальным альтернативным источником энергии в Республике Татарстан считается энергия солнца. Несмотря на высокую экологичность и простоту эксплуатации оборудования, данное направление альтернативной энергетики не используется в крупных масштабах, но она по-прежнему остаётся перспективной для территории Республики

Татарстан, так как показатели уровня годовой солнечной активности составляют порядка 2,5-3 кВт/ч на квадратный метр в день. Наивысшие показатели инсоляции республики составляют 4 кВт/ч, что считается выше среднего для регионов России. Широкого применения солнечных панелей в регионе нет, но этот вопрос активно обсуждается, так как оборудование становится более дешёвым, а производительность растёт. Одним из крупнейших проектов данного вида энергии для Татарстана являются солнечные водонагреватели, которые используются в Альметьевском районе для нагрева воды в агропромышленном комплексе [2].

Энергия биомассы или биоэнергия – это возобновляемый источник энергии, включающий использование органического вещества, которое при переработке становится топливом для выработки энергии. На сегодняшний день в Татарстане реализуется ряд пилотных проектов, связанных с биоэнергетикой [3]. Так, в городе Набережные Челны были произведены реконструкции метантенков, систем энергоснабжения и утилизации отходов, для перехода на выработку и использование собственной электроэнергии и тепловой энергии, получаемой в результате производства биогаза при утилизации осадка сточных вод, транспортируемых трубопроводами, к надёжности которых предъявляются высокие требования [4]. Также в Буинском, Нурлатском, Актанышском, Спасском и Мамадышском районах республики рассматриваются проекты по переработке соломы для получения из нее сжиженного метана. Успешное развитие биотехнологий неразрывно связано с поиском новых, перспективных принципов построения биогазовых станций [5].

Геотермальная энергетика, в отличие от солнечной или ветровой энергетик, не требует значительных площадей для размещения объектов, что выделяет её из большинства альтернативных источников энергии. Данное направление энергетик в России находится на этапе развития, но уже сейчас в селе Урсала Альметьевского района Татарстана производится теплоснабжение зданий при помощи геотермальных вод. По подсчётам специалистов, такая технология окупает все затраты на её использование всего за 4 года [6].

Альтернативные источники энергии становятся всё более актуальными в последние годы, так как человечество заинтересовано в получении энергии, получаемой при помощи возобновляемых источников. В Республике Татарстан альтернативная энергетика пользуется высокой популярностью и развивается с высокой скоростью. Многие направления в республике находятся на стадии развития, но уже сейчас можно видеть, что энергия биомасс применяется в большом количестве районов Татарстана, что позволяет считать её наиболее используемым и эффективным альтернативным источником региона.

Литература

1. Федотова, А. О. Анализ эффективности применения ветроэнергетических установок / А. О. Федотова // Научному прогрессу – творчество молодых: Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 67-69.
2. Калинина, М. В. Оценка эффективности применения солнечных коллекторов разных модернизаций / М. В. Калинина // Научному прогрессу – творчество молодых: Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонауч. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 93-95.
3. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90.
4. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104.
5. Кондратьев, А. Е., Павлов, Г. И., Борисов, С. Г., Загретдинов, А. Р. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент RU 2422385, 2011.
6. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: матер. XIII Междунар. молод. науч. конф. – 2018. – Т. 2. – С. 160-162.

УДК 620.178.5

Шакурова Р. З., Кондратьев А. Е., Гапоненко С. О.
Казанский государственный энергетический университет

ЭНТРОПИЙНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Аннотация. В данной работе произведен анализ существующих методов обработки диагностических сигналов при оценке технического состояния оборудования. Выявлены недостатки традиционных методов обработки диагностических сигналов. Рассмотрена возможность применения энтропии Шеннона для контроля технического состояния энергетического оборудования.

Ключевые слова: *вибрация, механические колебания, диагностика, энтропия, обработка сигнала.*

В условиях непрерывно развивающихся технологий в области энергетического оборудования все большее внимание уделяется повышению надежности, обеспечению эффективной и экономичной его работы. Для оценки технического состояния оборудования используют все виды проникающих физических полей, излучений и веществ [1].

В настоящее время большое распространение получил метод вибродиагностики, согласно которому регистрируют и анализируют параметры колебаний объекта контроля [2].

Для обработки диагностических виброакустических сигналов используются различные методы статистики, вейвлет-преобразования и быстрое преобразования Фурье [3, 4].

Однако необходимо учитывать, что при вибродиагностике наличие дефекта в структуре объекта контроля вызывает сложные динамические взаимодействия, из-за чего применение традиционных методов обработки диагностической информации является недостаточным.

При наличии дефекта параметры вибрационного сигнала могут носить хаотический характер, что существенно влияет на диагностические сигналы. Таким образом, традиционные методы обработки сигналов не всегда позволяют эффективно идентифицировать эти нерегулярные составляющие сигнала [5].

Использование традиционных частотных методов обработки сигнала затрудняется также тем, что появление и развитие во времени дефекта приводит к перераспределению энергии между составляющими спектра результирующего диагностического сигнала, при этом усугубление дефекта сопровождается увеличением степени сложности и хаотичности диагностического сигнала [6].

Таким образом, для идентификации диагностической информации при оценке технического состояния энергетического оборудования целесообразно применять энтропийные показатели [7].

Изначально энтропийные параметры были применены для оценки состояния термодинамической системы, но позже Клод Шеннон предложил применить показатели энтропии в теории информации. Для вычисления энтропии Шеннон предложил использовать следующую формулу:

$$H = - \sum_{i=1}^N p(x_i) \log p(x_i),$$

где p – вероятность i -го уровня переменной X с диапазоном изменчивости N .

Очевидно, что наличие дефекта в объекте контроля вызовет изменение собственных вибрационных параметров объекта, то есть изменит распределение его энтропийных параметров, а это значит, что изменится и значение энтропии. Энтропия Шеннона позволяет оценить вариабельность процессов распределения колебательной энергии в упругом объекте, из чего можно судить о наличии дефекта и влияние его на диагностический сигнал по увеличению энтропии Шеннона.

Литература

1. Gaponenko, S. O., Kondratiev, A. E., Ibadov, A. A. Mathematical modelling of vibrations of an elastic shell under the influence of ground. In: International Science and Technology Conference, 2019.
2. Гапоненко, С. О., Кондратьев, А. Е., Шакурова, Р. З. Виброакустический способ оценки технического состояния проводящих инженерных коммуникаций. Патент на изобретение RU 2734724 C1, 22.10.2020. Заявка № 2020114188 от 20.04.2020.
3. Гапоненко, С. О. Повышение эффективности энергетических систем и систем транспортировки энергоносителя с использованием методов математического моделирования / С. О. Гапоненко, Р. З. Шакурова // Туполевские чтения (Школа молодых ученых): материалы XXIV международной молодежной научной конференции. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019. С 641-644.
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. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series // Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method // A. E. Kondratiev, S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, S. A. Nazarychev – 2019.
6. Гапоненко, С. О., Кондратьев, А. Е., Шакурова, Р. З., Тазитдинов, Р. Р. Информационно-диагностический комплекс для контроля технического состояния трубопроводов. Патент на изобретение RU 2713563 C1, 05.02.2020. Заявка № 2019114353 от 07.05.2019.
7. Гапоненко, С. О. Определение информативных частотных диапазонов для контроля местоположения заглубленных трубопроводов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественн. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. – С. 68-71.

Секция «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 621.3:004

Гаврилов Н. А.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON

***Аннотация.** В статье представлены основные параметры технологии GPON. Перечислены основные структурные элементы и существующие типы топологий GPON сети. Рассмотрены общие правила построения, а также преимущества и недостатки рассматриваемой сети.*

***Ключевые слова:** технология GPON, структурные элементы GPON сети.*

GPON (GigabitPassiveOpticalNetwork) оборудование – Гигабитная пассивная оптическая сеть доступа – это одна из технологий PON (пассивных оптических сетей), основана на стандартах серии ITU-T G.984.

Современные методы GPON предназначены для проведения многофункционального широкополосного доступа в Интернет, подключения телефонии и телевидения, IPTV с соединением на скорости до 1 Гбит/с при помощи одного оптоволоконного кабеля [1]. Передача upstream и downstream происходит в оптическом волокне на разных длинах волн, посредством частотного разделения трактов приема и передачи (Wavelength-Division Multiplexing – WDM). Мультиплексоры WDM, работающие в составе OLT и ONT, разделяют прямой (входящий) и обратные (исходящие) сигналы, транслируемые на разных длинах волн (прямой – 1,49 мкм, обратный – 1,31 мкм) и сигнал кабельного телевидения на длине волны 1,55 мкм. В направлении от абонента для объединения информационных потоков применяется принцип временного мультиплексирования доступа (TDMA – time division multiple access), когда каждому абоненту устанавливается свое индивидуальные расписания по передаче данных, с учетом поправки на задержку, связанную с удалением данного ONT от OLT, в который он может передавать информацию. Проектирование сети GPON начинается с определения сетевых узлов, на ко-

торых будет размещено активное оборудование и от которых будет строиться кабельная сеть до абонентов. Далее проводится выбор необходимого активного оборудования, определение мест установки абонентских терминалов (ONU), выбор топологии сети, выбор трасс прохождения кабеля и мест установки разветвителей, выбор оптического кабеля и пассивных компонентов сети, расчет оптического бюджета мощности и потерь для каждой ветви и определение оптимальных коэффициентов деления всех разветвителей.

Основные структурные элементы GPON сети:

1) Optical Line Terminal (OLT) – центральное стационарное устройство, необходимое для агрегации всех потоков оптических сетей.

2) Optical Distribution Network (ODN) – распределительная оптическая сеть, которая, в свою очередь, состоит из сплиттеров, которые разветвляют оптический сигнал на различные ветви оптического дерева (или сети); из магистрального оптического фидера; из распределяющих оптических волокон основного дерева GPON сети; и отводных оконечных абонентских кабелей (Drop-окончаний), которые в зависимости от типа оконечного абонентского устройства и количества каскадов сплиттеров на сети могут быть оптическим волокном, кабелями Ethernet, xDSL, E1;

3) Optical Network Unit (ONU) или Optical Network Termina (ONT) – оконечные оптические абонентские устройства, содержат входной оптический интерфейс PON и могут иметь различные выходные интерфейсы: FXS, FXO, 10/100/1000 Base-T, E1, BRI, RF. В зависимости от того, к какому типу они относятся, они имеют различные варианты установки: в распределительном шкафу, в здании, в помещении абонента и предоставляют конечным абонентам различные порты доступа в зависимости от типа и модели устройства.

4) Системы управления сетью AMS (Access Management System), которая служит для управления и мониторинга оборудованием PON.

Существуют различные типы OLT, ONU, ONT, ODN для GPON, которые являются оборудованием PON нового поколения. Все это оборудование доступно на FS.COM и характеризуется высокой степенью интеграции, гибкой совместимостью, надёжностью и способностью обеспечивать высокое качество обслуживания (Quality of Service, QoS), веб-менеджмент, а также способностью к гибкому росту производительности.

Основные типы топологий построения оптических сетей доступа: «точка-точка», «кольцо», «звезда», «шина», «дерево», и их комбинации – гибридная топология.

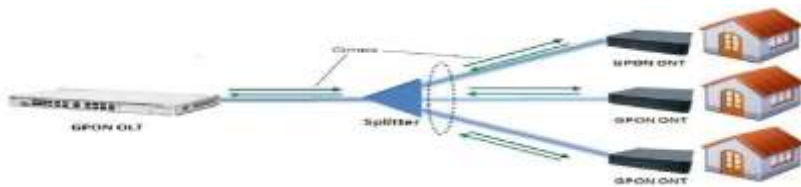


Рис. 1. Типовая схема GPON сети

Общие правила построения сети по технологии GPON:

1. магистральную и распределительную сети рассчитывают с перспективой подключения всех квартир или домов без исключения;
2. на сети может быть использована как однокаскадная схема включения разветвителей без последовательного включения сплиттеров, так и многокаскадная схема с последовательным размещением разветвителей. Количество уровней каскадирования зависит, в основном, от суммарного вносимого затухания разветвителей, коэффициента ветвления PON интерфейсов оборудования OLT и требований к полосе пропускания для каждого абонента.
3. применяют два основных вида сплиттеров: планарные и сварные. Сплиттеры могут быть в гильзе или корпусе, оконцованные и неоконцованные. Они устанавливаются в оптических распределительных коробках (ОРК) или в оптических распределительных шкафах (ОРШ).

Основные преимущества технологии GPON:

- экономия волокон. До 128 абонентов на одно волокно, протяженность сети – до 60 км.
 - эффективное использование полосы пропускания оптического волокна. Скорость до 2,488 Гбит/с по нисходящему потоку и 1,244 Гбит/с – по восходящему.
 - надежность. В промежуточных узлах дерева находятся только пассивные оптические разветвители, не требующие обслуживания.
 - масштабируемость. Древовидная структура сети доступа дает возможность подключать новых абонентов самым экономичным способом.
 - возможность резервирования как всех, так и отдельных абонентов.
- Гибкость.
- использование ATM (пакетная технология коммутации) в качестве транспорта позволяет предоставлять абонентам именно тот уровень сервиса, который им требуется;
 - возможны симметричный и асимметричный режимы работы.

Из недостатков следует выделить дороговизну этой технологии и долгий срок окупаемости.

Литература

1. Проектирование и строительство сетей абонентского доступа на основе GPON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vionet.ru/stati/Proektirovanie-i-stroitelstvo-setey-abonentskogo-dostupa-na-osnove-GPON/> (дата обращения 29.03.2021).

УДК 628.382

Жураев А. А.

Научный руководитель: Попов И. И., д-р физ.-мат. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО КОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩЕГО АДАПТИРОВАТЬ ЕЕ К ПРОЦЕССАМ ПРИРОДНОЙ ГАРМОНИИ

***Аннотация.** Рассмотрен вопрос воспроизведения параметров технологии магнетронного распыления на основе акустического кодового воздействия, позволяющих адаптировать ее к процессам природной гармонии.*

***Ключевые слова:** параметры акустического кодового воздействия, магнетронное распыление, природная гармония.*

Актуальность работы. Современные тенденции развития нанoeлектронных приборов базируются на новых свойствах объемных и тонкопленочных наноразмерных объектов, из которых нитевидные нанокристаллы являются одним из перспективных видов этих объектов.

В основе технологий нанoeлектронного приборостроения значительное место занимают структуры, содержащие квантовые точки. В настоящее время технологии производства квантовых точек являются трудоемкими и дорогостоящими, не позволяющими формировать специально задаваемую форму поверхности. Поэтому тема исследований, посвященная разработке и исследованию технологии получения заданной текстуры тонких пленок меди, отражающей признаки природной гармонии, является актуальной задачей современной науки и техники.

Объект исследования. Эффект адаптации параметров технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии на основе акустического кодового воздействия.

Предмет исследования. Параметры акустического кодового воздействия, обеспечивающего адаптацию параметров технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии.

Цель работы: воспроизведение параметров технологии магнетронного распыления на основе акустического кодового воздействия, позволяющих адаптировать ее к процессам природной гармонии.

Основные полученные результаты:

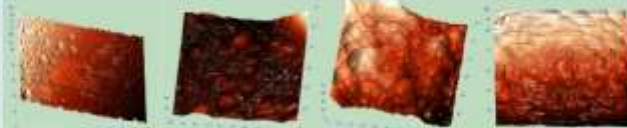
1. разработана технология коррекции формы наноразмерных кристаллических волокон тонких медных пленок на основе технологии их магнетронного распыления;
2. получены оптимальные значения параметров технологии формирования тонких медных пленок, обеспечивающие оптимальные формы кристаллических волокон тонких медных пленок;
3. получено воспроизведение режима формирования гармоничных сочетаний кристаллических волокон тонких медных пленок при значениях отношения длительности модулирующего импульса к паузе между импульсами, равного 3,14...;
4. разработана модель формализации параметров технологии магнетронного распыления в признаках природной гармонии, обеспечивающих режим их адаптации к процессам природной гармонии.

Оптимизация параметров технологии формирования тонких медных пленок методом технологии магнетронного распыления
(выбор режима формирования контрольного варианта медной пленки)

Параметры	1 опыт	2 опыт	3 опыт	4 опыт	5 опыт
I (A)	1	0,5	1	1	1
t (C)	150	150	100	150	150
T (мин)	3	5	5	10	
Сканы					

Таблица перебора, тока, температуры, времени

Вывод. В качестве основного выбран режим технологии магнетронного распыления тонких медных пленок при $I = 1 \text{ А}$; $t = 5 \text{ мин}$; $T = 150 \text{ С}$.

Параметры	Контроль	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
$I \text{ (А)}$	1	1	1	1
$t \text{ (С)}$	150	150	150	150
$T \text{ (мин)}$	5	5	5	5
$\tau_{\Pi}^{(M)} / \tau_{\Pi}^{(M)}$	–	3,14	3,14	3,14
$\tau_{\Pi}^{(M)} \text{ мкс}$	–	159	159	159
$\tau_{\Pi}^{(M)} \text{ мкс}$	–	74074	142857	25641
$\tau_{\Pi}^{(M)} \text{ мкс}$	–	56182	108351	19448
$\tau_{\Pi}^{(M)} \text{ мкс}$	–	17892	34507	6193
Снимки				

Параметры опыта
по воспроизведению режима формирования гармоничных сочетаний
кристаллических волокон тонких медных пленок
при отношении $\tau_{\Pi}^{(M)} / \tau_{\Pi}^{(M)}$, равном π

Заключение

В результате проведенных исследований обозначенная цель полностью достигнута. Достигнуто воспроизведение параметров технологии магнетронного распыления на основе акустического кодового воздействия в соответствии с признаками природной гармонии, содержащимися в универсальном первичном элементе мироустройства.

Поставлены задачи по формированию параметров модулирующих импульсов акустического излучения и ее внедрение, модернизация технологического оборудования и проведения экспериментальной исследований работоспособности новой технологии магнетронного распыления тонких пленок решены в полном объеме.

Достигнута коррекция формы наноразмерных кристаллических волокон тонких медных пленок, получаемых методом магнетронного распыления, путем подбора параметров кодовой последовательности акустических импульсов. Наиболее совершенные формы получены при отношении паузы между импульсами кодовой последовательности к длительности импульса равной 3,14...

Касимов В. А., Лазарева А. В., Петрова Е. А.
Научные руководители: Минуллин Р. Г., д-р физ.-мат. наук, профессор;
Филимонова Т. К., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
Казанский государственный энергетический университет

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ЛОКАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. В работе описывается разработанный алгоритм работы программы определения температуры проводов, рассматривается возможность контроля температуры проводов линий электропередачи по изменениям запаздывания локационных сигналов.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, провода, температура, локационное зондирование, запаздывание сигнала, алгоритм, программа.

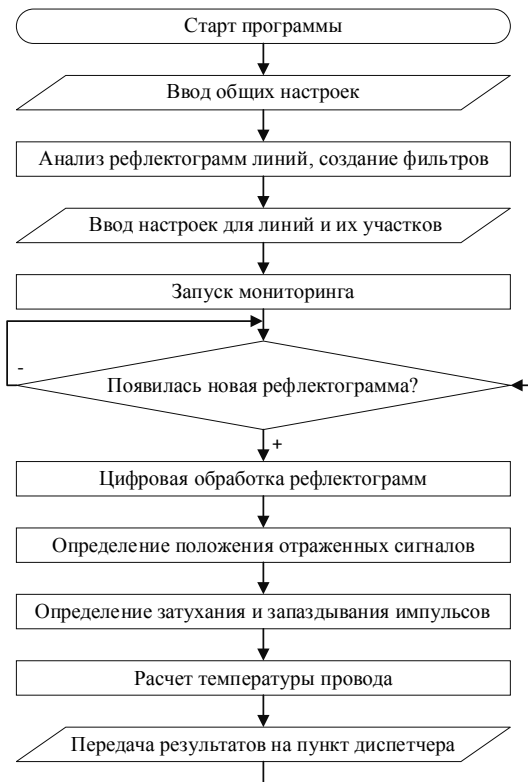
Воздушные линии электропередачи являются наименее надежными элементами энергосистемы. Одной из причин аварий на воздушных линиях электропередачи является то, что под действием нагрузочных токов и высокой температуры окружающей среды в летний период провода могут провисать ниже безопасного расстояния до земли. При этом передвигающаяся под линией электропередачи техника может задеть провисшие провода, вызвав аварию в виде обрыва или замыкания проводов, которая может сопровождаться поражением электрическим током людей.

Согласно экспериментальным данным локационного зондирования, изменение температуры проводов вызывает изменение затухания и запаздывания локационных сигналов, распространяющихся по проводам ЛЭП. Была поставлена задача определения температуры проводов по изменениям параметров локационных сигналов.

Кроме температуры проводов, на параметры локационных сигналов будут влиять образование гололедно-изморозевых отложений на проводах. Влияние второго фактора в разы и десятки раз превосходит влияние первого, в связи с этим в период с отрицательной температурой окружающей среды определение температуры проводов локационным методом будет затруднено [1]. Но, с другой стороны, в летний период из-за высокой температуры окружающей среды наиболее вероятно опасное провисание проводов, поэтому задача определения температуры проводов

наиболее актуальна в летний период, когда изменение параметров локационных сигналов происходит преимущественно из-за влияния температуры проводов.

Был разработан алгоритм работы программы определения температуры проводов по изменениям локационных сигналов, иллюстрируемый рисунком.



Блок схема алгоритма программы определения температуры провода

При первом запуске программы вводятся основные настройки: эталонная рефлектограмма ЛЭП, параметры ЛЭП, диапазоны цифровой фильтрации и обработки рефлектограмм, коэффициент зависимости запаздывания сигналов от температуры проводов. Затем запускается автоматическая проверка появления новых необработанных файлов рефлек-

тограмм. Из необработанного файла считывается описание рефлектограммы и ее амплитудные отсчеты, которые поступают в блок цифровой фильтрации. После подавления помех производится сравнение текущей рефлектограммы с эталонной для определения затухания и запаздывания отраженного сигнала, и затем определяется температура проводов. На заключительном этапе осуществляется передача результатов на диспетчерский пункт по протоколу МЭК 60870-5-104.

Таким образом, при сверхнормативном провисании проводов вследствие их нагрева солнечной радиацией и нагрузочными токами информация будет своевременно передана диспетчеру для принятия им оперативных решений, например, о разгрузке линии электропередачи.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3279.2021.4.

Литература

1. Современные методы обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи. Локационный метод / Р. Г. Минуллин, Э. Ю. Абдуллазянов, В. А. Касимов, М. Р. Яруллин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 50-58.

УДК 621.315.1

Касимов В. А., Лазарева А. В., Петрова Е. А.
Научные руководители: Минуллин Р. Г., д-р физ.-мат. наук, профессор;
Филимонова Т. К., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
Казанский государственный энергетический университет

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ЗАПАЗДЫВАНИЕ ЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

***Аннотация.** В работе рассматривается возможность контроля температуры проводов линий электропередачи по изменениям запаздывания локационных сигналов. Описывается влияние температуры проводов на удлинение проводов, анализируется корреляционное поле запаздывания локационных сигналов и температуры окружающей среды.*

***Ключевые слова:** воздушные линии электропередачи, провода, провес, температура, локационное зондирование, запаздывание сигнала.*

Контроль температуры проводов воздушных линий электропередачи (ЛЭП) является актуальной задачей, так как от температуры провода зависит стрела провеса провода, а сверхнормативное провисание проводов может привести к аварии. Наличие данных о температуре проводов позволит своевременно определять аварийные режимы эксплуатации воздушных линий электропередачи.

Влияние температуры проводов на состояние провода в пролете может быть описано с помощью уравнения [1]:

$$\frac{\sigma_n}{\gamma_n} sh \frac{\gamma_n^l}{2\sigma_n} = \frac{\sigma_m}{\gamma_m} sh \frac{\gamma_m^l}{2\sigma_m} \left[1 + \frac{\sigma_n - \sigma_m}{E} + \alpha(\theta_n - \theta_m) \right], \quad (1)$$

где σ – напряжение в нижней точке провода, γ – нагрузка на провод, l – длина пролета, θ – температура провода, α – температурный коэффициент линейного удлинения, E – модуль упругости, индексом m отмечены переменные исходного режима, индексом n – рассчитываемого режима.

В качестве исходного режима принимается один из экстремальных режимов нагрузки проводов. После определения исходного режима по (1) рассчитывают произвольные режимы. Зависимость длины провода L в пролете длиной l_x от напряжения в нижней точке провода σ_0 и нагрузки на провод γ имеет вид [1]:

$$L = \frac{\sigma_0}{\gamma} sh \left(\frac{\gamma l_x}{2\sigma_0} \right). \quad (2)$$

С использованием (1, 2) были рассчитаны теоретические зависимости относительного удлинения δl проводов (рис. 1) от температуры окружающей среды θ для воздушной ЛЭП 110 кВ с проводами марки АС 120/19.

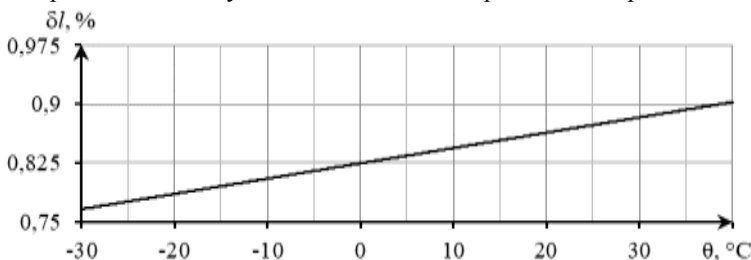


Рис. 1. Зависимость относительного удлинения проводов δl от температуры провода марки АС 120/19 (110 кВ)

Для контроля температуры провода предлагается использовать метод локационного зондирования проводов воздушных ЛЭП [2]. При локационном зондировании в ЛЭП отправляется импульсный сигнал, который

после отражения от неоднородностей волнового сопротивления ЛЭП (конец линии и другие) принимается приемником локационного устройства. Зная скорость распространения сигналов по времени распространения определяем длину пути распространения сигналов. Распространение сигналов по ЛЭП описывается с помощью модальной модели распространения сигналов по многопроводным линиям [3].

При изменении температуры провода происходит изменение длины (2) и провеса провода (3), а, значит, длины пути распространения сигналов, что может быть определено по времени распространения локационных сигналов. В качестве примера на рис. 2 представлено корреляционное поле удельного запаздывания δt сигналов в действующей ЛЭП 110 кВ и температуры окружающей среды θ .

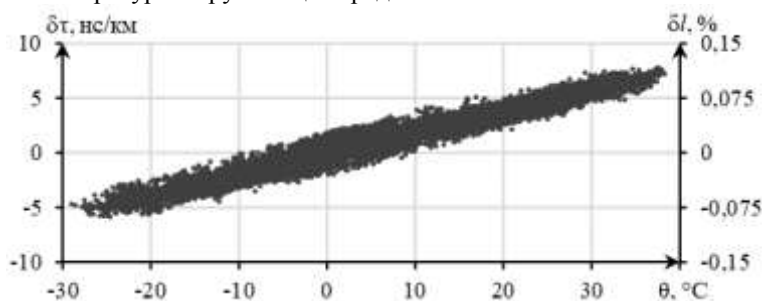


Рис. 2. Корреляционное поле удельного запаздывания δt локационных сигналов на действующей ЛЭП 110 кВ и температуры окружающей среды θ

На правой вертикальной оси графика (рис. 2) дополнительно отложены значения относительных удлинений проводов, вызывающих соответствующие удельные запаздывания локационных сигналов. Минимальные экспериментальные значения удельных запаздываний наблюдались при температуре окружающей среды около $-30\text{ }^\circ\text{C}$ и составили примерно -5 нс/км , а максимальные значения наблюдались при температуре $38\text{ }^\circ\text{C}$ и составили $7,5\text{ нс/км}$.

Получаемый в результате анализа экспериментальных данных (рис. 2) коэффициент регрессии удельного удлинения провода от температуры окружающей среды составляет $0,0029\text{ } \%/^\circ\text{C}$ (при $R^2 = 0,95$). Однако данное значение примерно в 1,5 раза превосходит температурный коэффициент линейного удлинения провода и коэффициент пропорциональности между удлинением и температурой, получаемый при расчете состояния провода по (1, 2).

Таким образом, наблюдаемое запаздывание локационных сигналов не может быть полностью описано лишь температурным удлинением про-

водов при изменении температуры окружающей среды, поэтому для контроля температуры проводов необходимо либо собирать экспериментальные данные для определения коэффициента регрессии, либо для теоретического описания исследовать дополнительные факторы: влияние стрелы провеса провода (расстояния между проводом и землей) на скорость распространения сигналов в ЛЭП и влияние нагрузочных токов, протекающих по ЛЭП.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3279.2021.4.

Литература

1. Кессельман, Л. М. Основы механики воздушных линий электропередачи / Л. М. Кессельман. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 352 с.
2. Современные методы обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи. Локационный метод / Р. Г. Минуллин, Э. Ю. Абдуллазянов, В. А. Касимов, М. Р. Яруллин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 50-58.
3. Костенко, М. В. Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения / М. В. Костенко, Л. С. Перельман, Ю. П. Шкарин. – М.: Энергия, 1973. – 272 с.

УДК 621.396

Конкин Н. А., Пасова А. Д.

Научный руководитель: Рябова Н. В., д-р физ.-мат. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСИОНОСФЕРНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования состояния ионосферы Земли методами машинного обучения для решения задач прогнозирования суточного хода полного электронного содержания.

Ключевые слова: ионосфера, машинное обучение, полное электронное содержание.

Исследование состояния ионосферы Земли играет важную роль при исследовании состояний транссионосферных (спутниковых) каналов

связи [1]. Из-за изменения состояния ионосферы, а именно полного электронного содержания, системам связи необходима соответствующая подстройка характеристик передающего и приемного оборудования. Решением данных проблем является анализ параметров трансionoсферных радиоканалов и прогнозирование их значений.

Целью исследования является применение методов машинного обучения в решении задач прогнозирования суточных вариаций полного электронного содержания.

Задачи исследования:

1. обработка спутниковых навигационных RINEX файлов и получение из них данных о полном электронном содержании ионосферы;
2. формирование базы данных, полученных в пункте 1 значений;
3. анализ и выбор методов машинного обучения;
4. построение прогнозных кривых методами машинного обучения.

В ходе работы была подготовлена PostgreSQL база данных за несколько месяцев, таблицы которой содержат данные о времени, широте, долготе, полном электронном содержании ионосферы. В ходе анализа существующих алгоритмов машинного обучения для проведения эксперимента были использованы методы градиентного спуска, линейной регрессии и «случайного леса» библиотеки Scikit-learn [2] языка программирования python.

Перед началом работы с алгоритмами прогнозирования исходные данные были исследованы на предмет наличия корреляций между наборами данных таблицы. Результаты представлены графически на рис. 1.

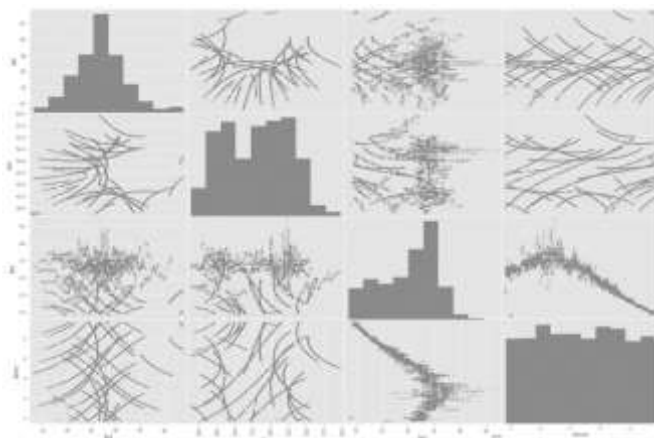


Рис. 1. Матрица зависимостей набора данных таблиц базы данных, где «lat» – широта, «lon» – долгота, «tec» – полное электронное содержание, «time» – время

В ходе анализа матрицы были определены явные зависимости между широтой и долготой, широтой и временем, долготой и временем, полным электронным содержанием и временем. В работе были важны именно регрессионные зависимости, на роль которых подошла корреляция полного электронного содержания и времени. Пример итоговых прогнозных кривых по трем выбранным алгоритмам регрессионного машинного обучения представлен на рис. 2. На рис. 2б изображен экспериментальный набор данных. Точность прогнозных кривых оценивалась по критерию R^2 , и наибольшей оказалась точность модели «случайного леса» (рис. 2а), которая составила примерно 96% против 93% по методу градиентного спуска. Метод линейной регрессии показал наименьшую сходимость прогнозных и экспериментальных данных, этот показатель можно улучшить, применив полиномиальную модель.

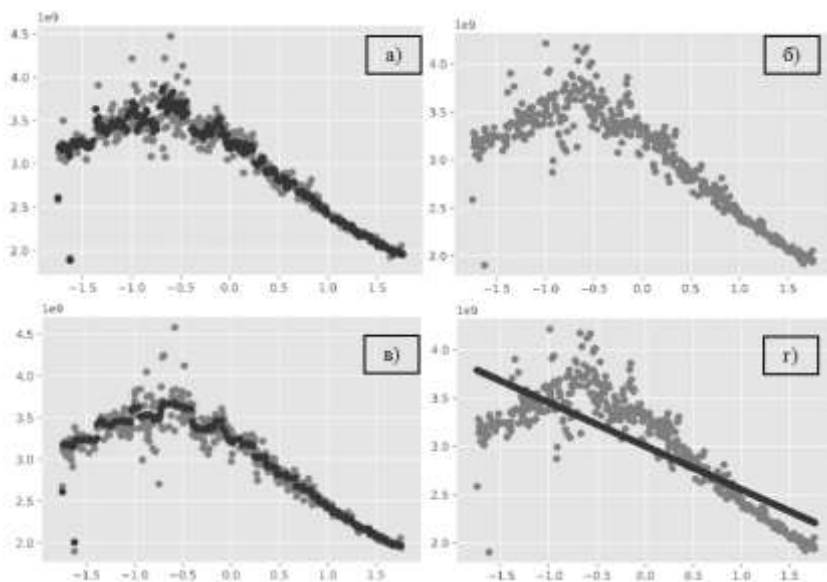


Рис. 2. Прогнозные кривые регрессионных алгоритмов машинного обучения, черными точками обозначены прогнозные зависимости, серыми – оригинальный набор данных: а) кривая по методу «случайного леса», б) экспериментальная зависимость полного электронного содержания от времени, в) метод градиентного спуска, г) линейная регрессия

Итогами проведенного исследования является обширная база данных экспериментальных значений, полученных из спутниковых навигацион-

ных RINEX файлов, а также алгоритмы машинного обучения, адаптированные под зависимости полного электронного содержания ионосферы Земли от времени.

Литература

1. Модель процесса обработки информации для оценки энергетических потерь в трансионосферном радиоканале связи / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. – 2018. – Т. 8. № 3. – С. 118-123.
2. Scikit-learn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/> (дата обращения 01.04.2021).

УДК 621.396.62

Павлов Е. В.

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

ТЕХНОЛОГИЯ LORA ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ LPWAN СЕТЕЙ

Аннотация. В данной статье произведен обзор технологии LoRaWAN. Проанализированы достоинства и недостатки технологии, а также проведено тестирование модулей радиосвязи Acsip S76G.

Ключевые слова: LoRa, LPWAN.

Введение

Основные требования к каналам связи – высокая эффективность работы, отказоустойчивость в различных условиях и возможность самоорганизации сети. Этим требованиям отвечают энергоэффективные сети дальнего действия (LPWAN) – беспроводная технология для передачи небольших объемов данных на большие расстояния.

Нами была поставлена задача – исследовать возможности технологии беспроводной передачи данных LoRa для построения сетей LPWAN.

Материалы и методы

Был использован модуль радиосвязи LoRa Acsip S76G. Основные используемые методы: анализ, систематизация, синтез, эксперимент.

Технология LoRa представляет собой физический уровень передачи данных, который может использоваться с различными протоколами передачи данных и в различных сетевых архитектурах: звезда, точка, точка-

точка. Однако наиболее популярным решением является использование LoRa в LPWAN с использованием протокола LoRaWAN.

LoRaWAN – это открытый стандарт передачи данных, который обеспечивает высокий уровень развития сети и предназначен для большого количества устройств (до 1000000) с большим радиусом действия и низким энергопотреблением, который стандартизирован LoRa Alliance (ассоциация корпораций, продвигающих эту технологию).

LoRa использует частотный диапазон, разрешенный для использования в Российской Федерации. Системы LoRa существуют для диапазонов 433 и 868 МГц, но частоты 868 МГц более свободны и, следовательно, более оптимальны.

Связь между шлюзами и оконечными устройствами двусторонняя. Тем не менее, предполагается, что основная часть данных передается с оконечных устройств на шлюзы. Технология LoRa обеспечивает скорость беспроводной передачи от 0,3 до 50 кбит/с.

LoRa обеспечивает большой радиус действия на открытой местности (до 15 км), а также высокую проникающую способность, так что информация может поступать от устройств, используемых в труднодоступных местах. В городских условиях радиус действия заметно уменьшается и составляет порядка 1-6 км в зависимости от плотности застройки.

Модуль Acsip S76G – это интегрированное решение, основанное на RF-модуле SX1276 и протоколе STM32F0. Модуль способен работать в диапазоне от 137 МГц до 1020 МГц. Рекомендуется использовать STLinkV2 или подобное программное обеспечение. Модуль также поддерживает технологии LoRa и LoRa-WAN.

При тестировании модулей радиосвязи Acsip S76G использовался режим точка-точка на частоте 868 МГц. Удалось получить дальность связи, равную 12 км. по прямой видимости.

Заключение. При проверке связи в условиях не прямой видимости удалось получить надежную дальность связи, равную 5 км, а по прямой видимости – выше 12 км. Скорость передачи данных составляла 1200 байт/с. Этой скорости достаточно для опроса большинства устройств.

Литература

1. Кумаритова, Д. Л. Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей / Д. Л. Кумаритова, Р. В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Том 4. – № 4. – С. 33-48.
2. Роенков, Д. Н. Основы технологии LoRa. Перспективы ее применения / Д. Н. Роенков, Н. В. Яронова // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 4. – С. 31-35.

3. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/ne/2015/11/2-maksimalnaya-dalnost-svyazi-po-radiokanalu-v-sisteme-kak-etogodobitsya> (дата обращения 12.03.2021).

УДК 628.328

Павлов Я. С.

Научный руководитель: Попов И. И., д-р физ.-мат. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ИСТОЧНИК ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ К ПРОЦЕССАМ ПРИРОДНОЙ ГАРМОНИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

***Аннотация.** Рассматривается вопрос автоматизации метода воспроизведения параметров технологии магнетронного распыления, адаптируемой к процессам природной гармонии.*

***Ключевые слова:** магнетронное распыление, природная гармония, акустическое кодовое воздействие.*

Объект исследования – эффект адаптации параметров технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии на основе акустического кодового воздействия.

Предмет исследования – параметры программно-конфигурированного акустического кодового воздействия, обеспечивающего адаптацию параметров технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии.

Цель исследования: автоматизация метода воспроизведения параметров технологии магнетронного распыления, адаптируемой к процессам природной гармонии.

Задачи исследований включают

- обоснование актуальности исследований;
- разработку и создание источника программно-конфигурированных импульсных сигналов и последовательностей (источник ПКИСП) с перестройкой параметров их импульсной последовательности (источника ПКИСП);

- разработку и создание устройства сопряжения источника ПКИСП с установкой магнетронного распыления;
- проведение экспериментальных исследований работоспособности ПКИСП при адаптации технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии.

Основные полученные результаты

1. Показано, что с помощью метода программного конфигурирования сигналов можно получать электрические импульсные кодовые последовательности с перестройкой их параметров, сопрягаемых с параметрами электроакустического преобразователя сигналов.
2. Разработана и экспериментально реализована полезная модель устройства преобразования электрической импульсной кодовой последовательности в акустическую и ее сопряжением с технологией магнетронного распыления.
3. Получены образцы тонких пленок меди методом магнетронного распыления без воздействия акустической кодовой импульсной последовательности (контрольный вариант) и при ее наличии, формируемой с помощью источника ПКИСП (опытный вариант).
4. Получены результаты анализа сформированных контрольной и опытной пленок и установлено изменение формы кристаллических волокон и появление их системной совокупности кристаллических волокон, отражающей наличие признаков природной гармонии при ее формировании.

Метод адаптации технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии

На рис. 1 представлена схема установки магнетронного распыления с источником программно-конфигурированных импульсных сигналов и последовательностей.

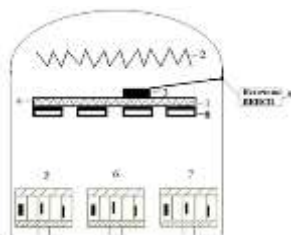


Рис. 1. Установка магнетронного распыления с источником программно-конфигурированных импульсных сигналов и последовательностей:

- 1 – карусель с подложками; 2 – нагреватель; 3 – пьезокерамический излучатель;
- 4 – поверхностная акустическая волна; 5, 6, 7 – магнетроны;
- 8 – пленки меди; 9 – источник программно-конфигурированных импульсных сигналов и последовательностей

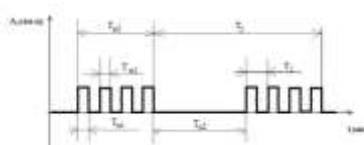


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия несущего и модулирующего сигналов (в мкс.) с условными обозначениями: T_1 – период несущего сигнала; T_2 – период модулирующего сигнала; $T_{дл1}$ – длительность импульс несущего сигнала; $T_{дл2}$ – импульс модулирующего сигнала; $T_{п1}$ – пауза несущего сигнала; $T_{п2}$ – пауза модулирующего сигнала

С помощью предлагаемой методики продемонстрировано, что по заданным значениям частоты и скважности акустических импульсов можно рассчитать параметры кодовой последовательности акустических импульсов как несущей, так и модулирующей кодовых последовательностей, необходимые для коррекции текстуры получаемых тонких пленок меди.

Результаты проведенного эксперимента

Экспериментальные результаты исследований работоспособности ПКПС при адаптации технологии магнетронного распыления к процессам природной гармонии (сканы пленок контрольного и опытного вариантов).



Рис. 3. Сканы медных пленок: а) изображение тонкой пленки меди без воздействия; б) изображение тонкой пленки с воздействием

Получены результаты анализа сформированных контрольной и опытной пленок и установлено изменение формы кристаллических волокон и появление их системной совокупности кристаллических волокон, отражающей наличие признаков природной гармонии при ее формировании.

Выводы

Показана принципиальная возможность изменения формы кристаллических волокон и системности их расположения в текстуре тонких пленок меди исходя из значений параметров автоматически программно-настраиваемого кодовой последовательности акустических импульсов.

Экспериментально продемонстрирована возможность формирования тонких пленок меди с получением вместо прямоугольной формы кристаллических волокон пленки (имевшей место в контрольном варианте пленки) винтообразных форм с частотой периода винта, зависящей от частоты НЧ-модуляции. Выявлена связь периодов винтовой навивки двух волокон с переходом в одно волокно с большим периодом навивки волокна.

УДК 621.396.674

Попов В. С.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН С УВЕЛИЧЕННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ НА ВОСЕМЬ ПРОЦЕНТОВ И УМЕНЬШЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА ДВЕНАДЦАТЬ ПРОЦЕНТОВ В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО РАЗМЕРОВ АКТИВНОГО ВИБРАТОРА

***Аннотация.** Созданы конструкции моделей трехэлементных вибраторных антенн с увеличенным рефлектором на восемь процентов и уменьшенным директором на двенадцать процентов в длинах волн относительно активного вибратора. Определены их параметры при различных расположениях директора и рефлектора и выявлены варианты, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольший средний коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад и наименьший средний уровень КСВ.*

***Ключевые слова:** вибраторная антенна, директор, рефлектор, относительная полоса рабочих частот, коэффициент усиления, коэффициент стоячей волны, отношение вперед-назад.*

Цель работы: выявление конструкций трехэлементных вибраторных антенн с увеличенным рефлектором на восемь процентов и уменьшенным директором на двенадцать процентов в длинах волн относительно активного вибратора, обеспечивающих наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад и наименьший средний уровень КСВ.

В процессе работы выполнена автоматизация процессов расчета частотно зависимых параметров антенн в программе *MMANA GAL Pro* с их обработкой и расчетом характеристик антенн в табличном процессоре *MS Excel*.

Ввиду необходимости моделирования большого количества конструкций антенн, использованы возможности программы *Tronan Macro Machine* для создания моделей антенн и получения частотно зависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса [1]. Использована авторская методика формирования частотно зависимых параметров множества моделей директорных антенн.

В табличном процессоре *MS Excel* рассчитаны параметры заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн и построены зависимости относительной полосы рабочих частот, средних значений коэффициента усиления, отношения излучения вперед/назад, KCB в полосе рабочих частот по уровню $KCB = 1,5$ и 2 при расстояниях от активного вибратора до директора в пределах $0,04 \cdot \lambda \dots 1,03 \cdot \lambda$. Создана база данных параметров промоделированных антенн и зарегистрирована в Роспатенте [2].

Анализ полученных данных показывает, что исследованные конструкции трехэлементных директорных антенн с удлиненным рефлектором на восемь процентов и укороченным директором на двенадцать процентов в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников $0,004$ длины волны с изолированной траверсой при расстояниях от активного вибратора до рефлектора и от активного вибратора до директора от $0,04 \cdot \lambda$ до $1,03 \cdot \lambda$ с шагом $0,01 \cdot \lambda$ обеспечивает следующие предельно достижимые параметры:

– по уровню $KCB = 1,5$: $P_{OTH} = 5,52 \%$ ($d_{AB-ДИР} = 0,59 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,19 \cdot \lambda$); $G_{AVER} = 6,19$ дБи ($d_{AB-ДИР} = 0,38 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,15 \cdot \lambda$); $F/B_{AVER} = 9,39$ дБ ($d_{AB-ДИР} = 0,28 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,17 \cdot \lambda$); $KCB_{CP} = 1,2$ ($d_{AB-ДИР} = 0,38 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,17 \cdot \lambda$);

– по уровню $KCB = 2$: $P_{OTH} = 11,45 \%$ ($d_{AB-ДИР} = 0,13 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,21 \cdot \lambda$); $G_{AVER} = 6,18$ дБи ($d_{AB-ДИР} = 0,38 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,15 \cdot \lambda$); $F/B_{AVER} = 9,44$ дБ ($d_{AB-ДИР} = 0,3 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,19 \cdot \lambda$); $KCB_{CP} = 1,4$ ($d_{AB-ДИР} = 0,51 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,16 \cdot \lambda$);

В случае необходимости обеспечения максимальных значений параметров антенны для равнозначных весовых коэффициентов значимости параметров рекомендуются конструкции обеспечивающие:

– по уровню $KCB = 1,5$ $P_{OTH} = 5,48 \%$, $G_{AVER} = 6,11$ дБи и $F/B_{AVER} = 9,35$ дБ, $KCB_{CP} = 1,23$ при расстоянии $d_{AB-ДИР} = 0,29 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,18 \cdot \lambda$;

– по уровню $KCB = 2$ $P_{OTH} = 10,17 \%$, $G_{AVER} = 5,96$ дБи и $F/B_{AVER} = 9,44$ дБ, $KCB_{CP} = 1,47$ при расстоянии $d_{AB-ДИР} = 0,21 \cdot \lambda$, $d_{AB-РЕФЛ} = 0,18 \cdot \lambda$.

Литература

1. The radiation patterns of an antenna in MMANA for Tronan Macro Machine / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, В. В. Павлов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619372 от 07.12.2011 г. Роспатент. – Москва, 2011.

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620505 – Параметры трехэлементных вибраторных антенн с увеличенным рефлектором на 8 процентов и укороченным директором на 12 процентов в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников 0,004 длины волны с изолированной траверсой / В. В. Павлов, В. А. Иванов, М. И. Рябова, Н. Г. Павлова, В. С. Попов; заявитель и правообладатель Поволжск. госуд. технолог. ун-т. – Заявка № 2019622495; заявл. 19.12.2019; опубли. 18.03.2020, Бюл. № 03, 2020. – 1 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=DB&rn=1484&DocNumber=2020620505&TypeFile=html.

УДК 621.391.8

Стрельников А. А.

Научный руководитель: Рябова Н. В., д-р физ.-мат. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ В СРЕДЕ PYTHON С РЕЖИМОМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АДДИТИВНОЙ СМЕСИ ГАУССОВСКОГО ШУМА И ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА

Аннотация. *Представлены графики смеси гауссовского шума и полезного сигнала, код программы микширования сигнала с шумом на языке программирования python.*

Ключевые слова: *случайный сигнал, шум, аддитивный белый гауссовский шум, Python.*

Рассматривается задача смешения исходного полезного сигнала с аддитивным белым гауссовским шумом для его дальнейшего применения в обработке сигналов.

В практике приёмопередачи сигналов неотъемлемой частью их обработки является работа уже не с чистым сигналом, а с его смешением со *случайным сигналом* – функцией времени, значения которой заранее неизвестны и могут быть предсказаны лишь с некоторой вероятностью. В подавляющем большинстве случайный сигнал представлен классом *шум*: беспорядочными колебаниями, состоящими из набора разных частот и амплитуд. Характеризуются случайные процессы с такими величинами, как математическое ожидание и дисперсия.

В задачах цифровой обработки сигналов с помощью случайных величин можно моделировать воздействие реальной среды на прохождение сигнала от источника к приёмнику данных. Зачастую при прохождении сигнала через шумящее звено к сигналу добавляется так называемый *белый шум*. Как правило, спектральная плотность такого шума равномерно распределена на всех частотах. Поскольку белый шум физически добавляется к амплитудам сигнала в выбранные отсчеты времени, он называется *аддитивный*. Таким образом, основной источник шумов носит название *аддитивный белый гауссовский шум*.

Наш исходный сигнал будет представлен в виде треугольного сигнала. Для работы с языком высокого уровня python будет код выглядеть таким образом, как показано на рис. 1.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
phase=10
length=50 # should be position
amplitude=10
w=np.arange(0,100,0.2)
def triang(x,phase,length,amplitude):
    alpha=(length/2)/(length/2)
    return amplitude/2*amplitude*((x-phase)/length-length/2) \
    *np.exp(((x-phase)/length-length/2)*((x-phase)/length-length/2) \
    *amplitude-alpha*((x-phase)/length/2))*((x-phase)/length-length/2)
tr=triang(x,phase,length,amplitude)
```

Рис. 1. Получения треугольного сигнала на языке Python

Для работы с математическими данными используется библиотека matplotlib с синтаксисом команд, схожих с синтаксисом языка matlab. За формирование различных треугольных импульсов отвечает функция `triang` в составе библиотеки matplotlib. Выведем графики получившегося сигнала, а также распределения мощности сигнала в dB. К получившемуся сигналу необходимо добавить *аддитивный белый гауссовский шум* (рис. 4 а). Код и графики представлены на рис. 2 и 3.

<pre>plt.plot(x, tr) plt.title('Signal') plt.ylabel('Voltage (V)') plt.xlabel('Time (s)') plt.show() plt.plot(tr)</pre> <i>a</i>	<pre>from matplotlib.pyplot import * np.random.seed(2) dat = np.random.randn(500) plt.figure(figsize=(8, 4), dpi=120) plt.subplot(2, 2, 1) plt.title('Random signal', fontsize=14) plt.plot(dat) plt.xlabel(0, dat.size) plt.grid(True) m1=dat + tr + dat plt.subplot(2, 2, 2) plt.plot(m, m1) plt.title('S') plt.xlabel('x') plt.grid(True) y_volt = tr + dat x_volt = y_volt ** 2 y_db = 10 * np.log10(y_volt) plt.subplot(2, 2, 3) plt.plot(y, 10 * np.log10(y_volt**2)) plt.title('Signal with noise (dB)') plt.xlabel('Time (s)') plt.grid(True) plt.show()</pre> <i>б</i>
---	--

Рис. 2. Получения графиков треугольного сигнала и распределения мощности сигнала(*a*), получение шума и добавление его к сигналу (*б*) на языке Python

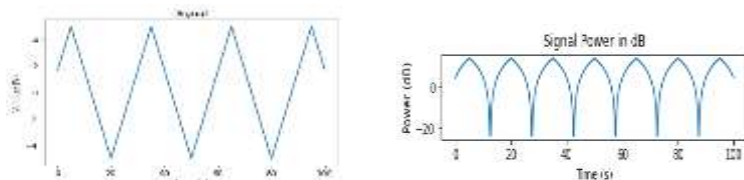


Рис. 3. Графики треугольного сигнала и распределения мощности сигнала

Как можно убедиться, шум негативно повлиял на новый вид сигнала. И теперь при приёме на устройство необходима его дальнейшая обработка для получения исходного сигнала. Добавление шума также сказывается и на графике распределения мощности сигнала (рис. 4 б, в).

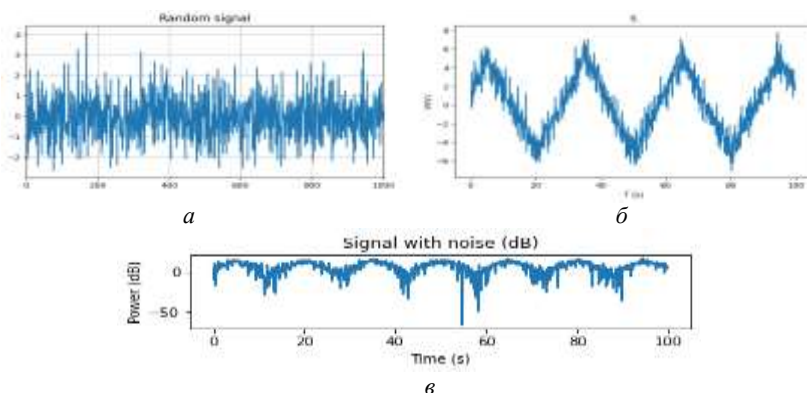


Рис. 4. Графики белого шума (а), искажённый шумом исходный сигнал (б), распределение мощности (в)

Результатами работы являются полученные в python графики исходного сигнала, аддитивного белого гауссовского шума и его влияние на искажение изначального сигнала.

Выводы. Микширование сигнала и шума просто необходимо для моделирования работ каналов связи и проверки работы обнаружителей сигнала и систем фильтров, поскольку только мультипликативный сигнал с шумом позволяет сделать выводы о правильной работе и настройке обнаружительных систем, а искусственное добавление шума помогает оценить эффективность методов фильтрации.

Литература

1. Аллен Б. Дауни Think DSP. Цифровая обработка сигналов на Python / пер. с англ. Бряндинский А. Э. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 160 с.

Тошбоев Н. Н.

Научный руководитель: Бельгибаев Р. Р., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА SNMP

***Аннотация.** В результате работы представлены материалы анализа для выбора ПО мониторинга состояния сети, а также полный расчет пропускной способности городской сети и сети предприятия.*

Ключевые слова: системы сетевого управления, протокол SNMP.

Введение. В настоящее время индустрия связи переживает серьезные изменения революционного плана, проявляющиеся в быстром объемном росте, расширении номенклатуры и качества услуг, появлении и быстром развитии новых технологий. Среди наиболее значимых изменений, происходящих в сфере телекоммуникаций и существенно влияющих на её облик, изменение роли и значения систем сетевого управления можно смело поставить на одно из первых мест. За последнее десятилетие автоматизированные системы сетевого управления проделали стремительную эволюцию от вспомогательного средства поддержки технической эксплуатации до системообразующего компонента современной телекоммуникационной инфраструктуры, в значительной степени определяющего её возможности и технико-экономические характеристики.

Теоретические основы протокола SNMP.

Наиболее распространенным протоколом управления сетями является протокол SNMP (Simple Network Management Protocol), его поддерживают сотни производителей. Главные достоинства протокола SNMP – простота, доступность, независимость от производителей. В значительной степени именно популярность SNMP задержала принятие CMIP, варианта управляющего протокола по версии OSI. Протокол SNMP разработан для управления маршрутизаторами в сети Internet и является частью стека TCP/IP.

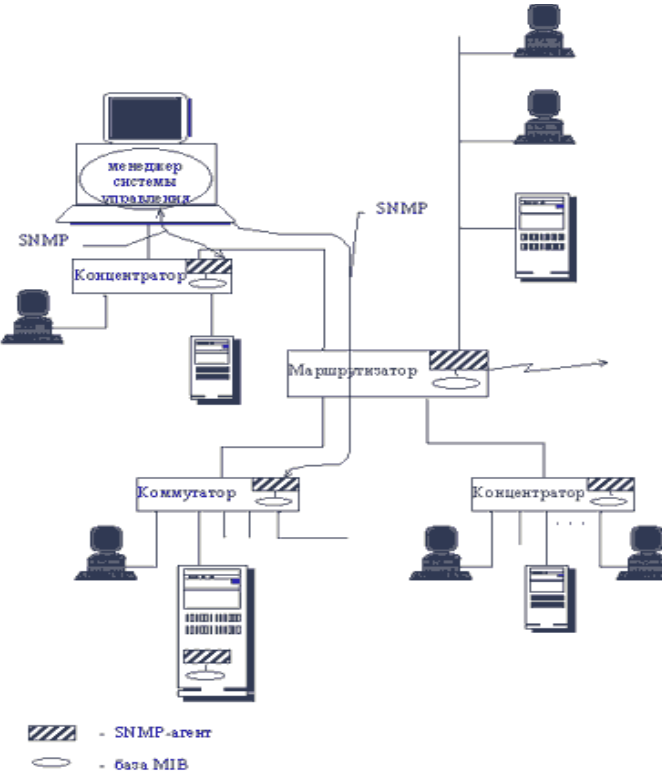
SNMP – это протокол, используемый для получения от сетевых устройств информации об их статусе, производительности и характеристиках, которые хранятся в специальной базе данных сетевых устройств, называемой MIB (Management Information Base).

Сетевое устройство называется управляемым только тогда, когда оно поддерживает сбор и хранение в памяти данных описываемых в MIB и доступных по протоколу SNMP.

Следует сказать, что не все сетевые устройства, представленные на сегодняшнем рынке, могут похвастаться своей управляемостью. Обычно управляемостью жертвуют в угоду дешевизны и простоты, но не следует забывать, что сложные и дорогие устройства обязаны быть управляемыми и предоставлять возможность управления собой по SNMP.

Структуры данных, доступных по SNMP, в разных устройствах могут быть очень различны: от целочисленных констант до сложных составных списков и таблиц. Структура стандартных MIB достаточно проста, однако за производителями аппаратных и программных средств оставлено право устанавливать в своих продуктах поддержку собственных MIB. Сейчас управляемые устройства часто поддерживают исключительно сложные MIB, предоставляющие весьма подробную информацию об их функционировании.

Типичная структура системы управления изображена на рисунке.



Структура системы управления

Закключение. Данная работа посвящена исследованию проектирования сетей на базе протокола SNMP.

Проведен анализ существующих подходов реализации схемы взаимодействия систем агент-менеджер, установлено и использовано на практике ПО данной системы.

Исследованы потоки управляющей информации в большой городской сети и предоставлены нюансы их организации.

Была спроектирована ЛВС предприятия, рассчитаны канальные скорости, подобрано соответствующее оборудование, определены агенты и менеджеры в сети и подобрано ПО для их функционирования.

Также можно добавить, что технология на базе протокола SNMP является очень популярной и используется повсеместно в наше время в связи с будущими развивающимися технологиями.

Литература

1. Гребешков, А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / А. Ю. Гребешков. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
2. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебное пособие для студентов вузов / В. Л. Бройдо, О. П. Ильина. – 3-е изд. – СПб: Питер, 2008. – 766 с.
3. Нерсисянц, А. А. Методические указания по расчёту локальной вычислительной сети «Ethernet» по дисциплине «Сети связи и системы коммутации». – Ростов-на-Дону, 2019. – 11 с.
4. Нерсисянц, А. А. Методические указания по расчёту времени реакции в основных процессах управления по дисциплине «Сети связи и системы коммутации». – Ростов-на-Дону, 2018. – 13 с.
5. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 5-е изд. – СПб: Питер, 2016. – 992 с.: ил.
6. Катунин, Г. П. Телекоммуникационные системы и сети: учеб. пособие для студентов вузов связи и колледжей: в 3 т. / Г. П. Катунин и др.; под ред. В. П. Шувалова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – Т.3. – 522 с.

УДК 539.376

Гаймин С. Н., Шейкина О. В.

Поволжский государственный технологический университет

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ВОДОРΟΣЛИ ХЛОРЕЛЛА В КОЛБАХ НА УСТРОЙСТВАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

***Аннотация.** Представлены результаты эксперимента по культивированию хлореллы с использованием трех вариантов питательных сред и устройств различного типа.*

***Ключевые слова:** хлорелла, состав питательной среды, культивирование, технология.*

Введение. В наше время всё большую популярность приобретает разведение разных водорослей. Одной из таких водорослей является водоросль хлорелла, так как она очень богата по составу, используется в медицине, косметической промышленности, а также как добавка для растений и животных. Культивирование данной водоросли несёт экономическую и экологическую выгоду. Поэтому важной задачей является разработка технологии культивирования, которая при наименьших затратах даст большей выход биомассы.

Цель исследования заключалась в изучении скорости роста биомассы хлореллы в зависимости от питательной среды и способа культивирования.

Методика исследований. Эксперимент проводился с помощью культивирования водоросли в колбах на устройствах различного типа и с использованием трёх разных питательных сред. Было использовано четыре устройства для культивирования – культиватор KB-5, шейкер Heldolf Unimax 10, устройство УЭР-03, Environmental Shaker-incubator ES-20/60. KB-5 представлял собой специальное устройство для культивирования, обеспечивающее оптимальную температуру 36 градусов, обильное освещением и сильное перемешивание вращением. Шейкер Heldolf Unimax 10 – устройство, осуществляющее вращательные движения с регулируемой скоростью. УЭР-03 – вращающее устройство, находящееся в климатостате и предназначенное для экспонирования рачков. Environmental Shaker-incubator ES-20/60 шейкер представляет собой термошкаф со

встроенной встряхивающей платформой. В эксперименте использованы три питательных среды – Тамийя, модифицированная Кноппа и модифицированная Пратта. Состав среды Тамия: KNO_3 –5,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 2,5 г/л, KH_2PO_4 – 1,25 г/л, ЭДТА – 0,037 г/л, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,009 г/л, раствор микроэлементов – 1 мл. Раствор микроэлементов состоял из двух растворов А и Б, которые готовились отдельно. Состав раствор А: H_3BO_3 – 2,86 г/л, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 1,81 г/л, $\text{ZnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,222 г/л. Состав раствора Б: MoO_3 – 17,64 г/л, NH_4VO_3 – 22,96 г/л. Состав модифицированная среда Кнопа: $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ – 0,25 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,006 г/л, KH_2PO_4 – 0,06 г/л, KCl – 0,08 г/л, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,009 г/л. Состав модифицированной среды Пратта: $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01 г/л, KH_2PO_4 – 0,01 г/л, KNO_3 – 0,1 г/л. Характеристика вариантов опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика вариантов опыта

№ варианта	Устройство для культивирования	Температура, °С	Питательная среда
1	KB-5	36	Тамийя
2	Heldolf Unimax 10 150 об/мин.	20	Тамийя
3			Мод. Кнопа
4			Мод. Пратта
5	УЭР-03	20	Тамийя
6			Мод. Кнопа
7			Мод. Пратта
8	Environmental Shaker-in- cubator ES-20/60 90 об/мин.	30	Тамийя
9			Мод. Кнопа
10			Мод. Пратта

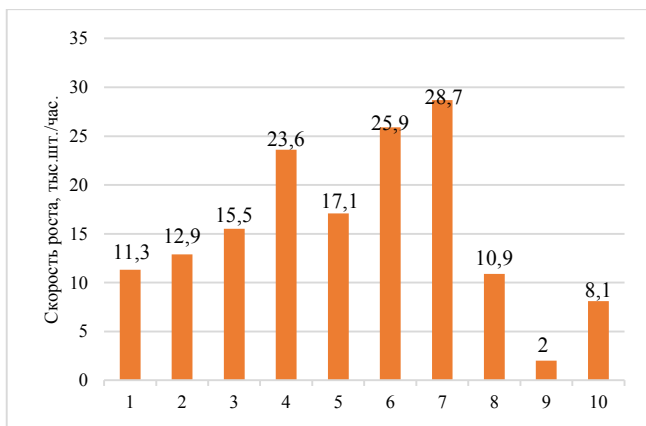
Образцы культивировались в течение десяти дней. Для оценки роста использовался подсчёт клеток в камере Горяева, для которого каждый день в одно и то же время брались пробы.

Результаты исследований. В таблице 2 показано, как менялось количество клеток в период культивирования с 24 сентября по 2 октября в разных вариантах опыта. Лучшей скоростью роста отличаются образцы 4, 6 и 7. При этом два последних культивировались в УЭР-03, который, на наш взгляд, показал лучшие результаты из всех устройств для культивирования. Также выявлена лучшая среда для культивирования – это среда Пратта, так как образцы 4 и 7 культивировались именно на этой питательной среде. Среда Тамийя показала средние результаты культивирования, при этом на разных устройствах скорость роста хлореллы отличалась незначительно (образцы 1, 2, 5 и 8).

Таблица 2. Результаты подсчёта количества клеток в Камере Горяева

№ вар.	Количество клеток в 1 литре, млн. шт.							
	24.09	25.09	26.09	28.09	29.09	30.09	01.10	02.10
1	7,6	7,2	7,8	8,6	8,8	10,4	9,9	10,0
2	7,2	6,7	7,8	7,3	8,5	10,2	9,6	10,0
3	6,6	6,9	7,0	7,9	8,6	9,0	9,9	9,9
4	5,8	8,4	7,6	8,7	10,2	10,3	10,7	10,9
5	6,6	7,5	7,1	8,9	8,0	9,4	9,9	10,3
6	4,9	6,1	6,9	8,8	9,4	10,0	10,2	10,5
7	6,9	6,2	7,2	11,1	11,3	12,7	13,0	13,1
8	7,4	7,9	8,6	8,4	10,0	9,9	9,3	9,7
9	9,9	8,2	8,6	9,2	10,6	9,7	10,2	10,4
10	7,4	6,2	8,7	8,7	8,5	8,8	9,0	9,2

Самые плохие результаты для всех питательных сред получены при культивировании с использованием Environmental Shaker-incubator ES – 20/60, что можно объяснить недостаточным освещением (образец 8, 9 и 10). Среда Кнопа также позволила обеспечить хорошую скорость роста культуры при использовании устройств Heldolf Unimax 10 и УЭР-03 (3 и 6 образец).



Скорость роста водоросли хлореллы, тыс. шт./ч.

Вывод. Исследования показали, что максимальная скорость роста культуры хлореллы наблюдалась при использовании устройства УЭР-03 при температуре 20°C и питательной среды Пратта.

Девлохова Ш. М.

Научный руководитель: Кусакин А. В., канд. с.-х. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБОЗНАЧЕНИЮ ВОДООХРАННЫХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ СЕРНУРСКОГО И ПАРАНЬГИНСКОГО РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

***Аннотация.** В связи с осуществлением хозяйственной деятельности в пределах водоохранных зон и прибрежных защитных полос, водные объекты испытывают антропогенную нагрузку, которая зачастую приводит к деградации водных объектов. Мероприятия по обозначению водоохранных зон и прибрежных защитных полос направлены на информирование граждан и юридических лиц о специальном режиме осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водных объектов и истощения вод посредством внесения таких зон в единый государственный реестр недвижимости и установки специальных информационных знаков.*

Ключевые слова: вода, земля, водоохранные зоны.

Цель исследований заключается в определении водных объектов на территории Республики Марий Эл для выполнения работы по закреплению на местности границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос специальными информационными знаками.

Всего на территории республики протекает 169 рек протяженностью более 10 км. Значительный ущерб водным ресурсам Республики Марий Эл наносят животноводческие комплексы, фермы, склады химических удобрений, с которых во время весенних и дождевых паводков загрязняющие вещества попадают в водные объекты.

Кроме того, в местах съездов к реке производится мойка машин, на площадках после мойки остаются мусор, масляные пятна, грязь. Указанные причины ведут к деградации водных объектов, их засорению и истощению. Все эти причины подтверждают актуальность работы.

В границах прибрежных защитных полос и водоохранных зон водным кодексом вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности, о чем на местности предупреждают специальные информационные знаки [1].

Размещение специальных информационных знаков на картографическом материале на всем протяжении границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов мы проводили в характерных

точках рельефа, а также в местах пересечения водных объектов дорогами, в зонах отдыха и других местах массового пребывания граждан.

Собственники земель, землевладельцы и землепользователи земельных участков, на землях которых находятся водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы водных объектов, должны обеспечивать беспрепятственный доступ представителей органов государственной власти в целях осуществления размещения на соответствующих земельных участках специальных информационных знаков и поддержания их в надлежащем состоянии [2].

Для соблюдения специального режима на территории водоохранных зон и прибрежных защитных полос, предотвращения загрязнения вод, а также поддержания гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, санитарного и экологического состояния водных объектов была проведена инвентаризация водных объектов, расположенных на территории Сернурского и Параньгинского районов Республики Марий Эл. На территориях данных районов в начале предполагается установить 109 информационных знаков «Водоохранная зона» и «Прибрежная защитная полоса», в том числе в Сернурском районе – 66 и в Параньгинском – 43.

На территории Сернурского района:

- для реки Шолнерка 7 знаков с шириной водоохранной зоны 100 м и 7 знаков с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для реки Ялнерка 8 знаков с шириной водоохранной зоны 100 м и 8 знаков с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для реки Тулбень 5 знаков с шириной водоохранной зоны 100 м и 5 знаков с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для реки Шаба 9 знаков с шириной водоохранной зоны 100 м и 9 знаков с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для водохранилища на ручье б/н у д. Кужнурово 3 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на ручье б/н у д. Красная Горка 3 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на ручье б/н в д. Б. Ключи 2 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой.

На территории Параньгинского района:

- для реки Койла 3 знака с шириной водоохранной зоны 100 м и 3 знака с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для водохранилища на ручье б/н у д. Дубровка 6 знаков с шириной водоохранной зоны 50 м и прибрежной защитной полосы 50 м;

- для водохранилища на ручье Параньгинка у п. Параньга 3 знака с шириной водоохранной зоны 100 м и 3 знака с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для водохранилища на р. Лаж в д. Куянково 3 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на р. Купайка в д. Купай 2 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на р. Койла у д. Портчара 6 знаков с шириной водоохранной зоны 50 м и 6 знаков с шириной прибрежной защитной полосы 50 м;
- для водохранилища на р. Ирсерма у д. Олоры 2 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на р. Олорка у д. Сидорово 3 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на р. Усола у д. Усола 2 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на р. Олминка у д. Б.Олма 1 знак с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой;
- для водохранилища на ручье б/н у д. Вочарма 3 знака с шириной водоохранной зоны 50 м, совпадающей с прибрежной защитной полосой.

Установление на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, в том числе посредством специальных информационных знаков, осуществляется в порядке, установленном приказом Минприроды РФ от 13 августа 2009 г. №249 «Об утверждении образцов специальных информационных знаков для обозначения границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов».

Литература

1. Российская Федерация. Водный кодекс. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы: федер. закон: [принят Гос. Думой 12 апреля 2006 г.: одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 г.]. – М.: Ось-89, 2006. – 46 с.
2. Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос на водных объектах: постановление Правительства РФ от 10.01.2009 № 17 // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 3. – Ст. 415.

Дерягина М. С., Конюхова О. М.
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ САПРОПЕЛЯ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Аннотация. *Проведен анализ месторождений сапропеля в Республике Марий Эл с выбором подходящего для сбора сапропеля водного объекта.*

Ключевые слова: *сапропель, гуминовые кислоты, месторождения сапропеля, удобрения.*

Сапропель является одним из наиболее доступных источников получения гуминовых кислот. Гуминовые кислоты представляют собой группу веществ, извлекаемых щелочами, в виде более или менее темно-окрашенного раствора гуматов натрия, калия или аммония и осаждаемых кислотами в виде аморфного осадка – геля [1].

Проведя мониторинг по добыче сапропеля в Республике Марий Эл, нами были выбраны следующие водные объекты:

1. озеро «Посьяр» Килемарского района. Большое округлое озеро площадью 78 га имеет плоскодонную котловину глубиной до 3,7 м. Озеро междюнного происхождения. Дно озера заилено. Использовать сапропель рекомендуется для производства удобрений.

2. озеро «Кундуштурское» Советского района. Единственное озеро в этом районе. Площадь водной поверхности около 53 га, максимальная глубина 12,5 м. Озеро имеет карстовое происхождение [2].

3. озеро «Водопойное» Юринского района. Озеро Водопойное находится в Руткинском лесничестве. Площадь озера составляет 57 га. Расположено в левобережье реки Юронга на территории Козиковского сельского поселения. По форме озеро имеет подковообразную форму длиной 600 м., шириной 200 м. По всей береговой линии озера мощные сплавины, на которых растет клюква [3].

В результате анализа научных статей и источников из интернета было выявлено, что основные запасы озерного сапропеля будут изучены в Килемарском, Горномарийском и Звениговском районах.

Исходя из всего вышеперечисленного, для дальнейшего отбора проб сапропеля и изучения его химического состава были выбраны следующие месторождения сапропеля: «Озеро Посьяр» Килемарского района, «Озеро Кундуштурское» Советского района, «Озеро Водопойное» Юринского района.

Литература

1. Химический состав сапропелей различных месторождений и возможности их использования в животноводстве / В. И. Георгиевский, Н. С. Шевелев, А. А. Хорольский и др. // Известия ТСХФ. – 1988. – №2. – С. 155-161.
2. <http://komanda-k.ru> (дата обращения 30.03.2021).
3. <https://12gis.ru/ozero-vodopoynoye.html> (дата обращения 30.03.2021).

УДК 504.062.2

Мамаева А. Ю., Шейкина О. В.

Поволжский государственный технологический университет

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ БОЯРЫШНИКА (*CRATAEGUS L.*) ПО ISSR-МАРКЕРАМ

Аннотация. Представлены результаты молекулярно-генетических исследований сортов боярышника по ISSR-маркерам. Определены показатели генетической изменчивости для 21 сорта боярышника ($na=1,8506$, $ne=1,5393$, $h=0,3107$, $P=85,06\%$).

Ключевые слова: генетическая особенность, ISSR-маркеры, *Crataegus L.*

Введение. Род боярышник (*Crataegus L.*) является одним из древних представителей семейства розоцветных (*Rosaceae Juss.*), насчитывающий около 1000 видов [1]. Исследования, выполняемые в целях оптимизации природопользования и охраны биоразнообразия, относятся к наиболее приоритетным направлениям развития науки [2]. В связи с проблемой сохранения биоразнообразия огромное значение приобретает вопрос об изучении генетики растений, подвергающихся антропогенному воздействию из-за декоративных или лекарственных свойств. К таким растениям относятся представители рода Боярышник.

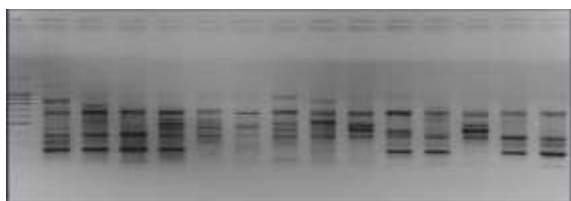
Цель исследования – выявить генетические особенности видов боярышника (*Crataegus L.*) и установить характер их генетического взаимоотношения.

Материалы и методы. Объектами исследований являются листья 21 сорта боярышника. Молекулярно-генетический анализ включал следующие этапы: 1) выделение геномной ДНК с использованием СТАВ-метода; 2) проведение ПЦП с ISSR-праймерами; 3) электрофоретическое разделение и визуализация продуктов ПЦП; 4) анализ данных. Амплифи-

кация проводилась с 6 ISSR-праймерами [3]. Электрофоретическое разделение продуктов ISSR-PCR проводилось в 1,5% агарозном геле, содержащем этидий бромид с последующей визуализацией под ультрафиолетовым светом. Анализ проводился в программном пакете «Quantity One». Для определения длины амплифицированных фрагментов использовали маркер молекулярной массы: 100bp+1,5Kb+3Kb (Sibenzim). Математическую обработку проводили в программе PopGen.

Результаты

Анализ электрофореграмм показал, что изученные сорта боярышников имеют различия по ISSR фрагментам ДНК. Данные праймеры дали большой диапазон вариаций длин и количества амплифицируемых фрагментов ДНК (рисунок).



Электрофореграмма 1-14 образцов ДНК видов боярышника с праймером ISSR-14

По результатам ISSR-анализа ДНК установлено, что данные праймеры выявляют 87 амплифицированных фрагментов ДНК. Количество ПЦР-фрагментов у разных праймеров варьирует от 11 ((CA)6AC) до 19 ((CA)6AYT). Размеры амплифицируемых фрагментов находятся в пределах от 140 до 1975 пар нуклеотидов (таблица 1).

Таблица 1. Результаты ISSR-анализа

№ праймера	Праймер	Количество фрагментов ДНК		Размеры амплифицируемых фрагментов, bp
		Всего	Полиморфизм	
4	(CA)6AYT	19	19	140-1750
5	(CA)6AG2	12	12	380-1500
6	(CA)6GT	14	14	290-1570
7	(CA)6AC	11	11	200-1500
11	(AG)8T	14	14	250-1250
14	(AG)8YT	17	17	250-1250
Всего		87	87	

На основе амплифицированных фрагментов ДНК составлены генетические паспорта в виде таблиц и формул 21 вида боярышника. Формула генотипа содержит сведения использованного метода, праймеров и амплифицированных фрагментов ДНК, обнаруженных у данного вида. Например, генетическая формула генотипа *C. calpodendron*:

ISSR / 4 – 1450, 1100, 900, 800, 760, 700, 570, 400, 380, 250, 200, 170, 140 / 5 – 1000, 900, 800, 750, 600, 500, 450 / 6 – 1570, 1480, 1300, 1100, 970, 860, 750, 660, 600, 500, 450, 290 / 7 – 850, 470, 200 / 11 – 1250, 900, 800, 700, 620, 540, 500, 400, 350, 250 / 14 – 1250, 860, 820, 680, 520, 500, 450, 380, 320, 300, 250.

Расчеты показали, что в исследуемой группе сортов боярышника число аллелей (na) составило 1,8506, эффективное число аллелей (ne) – 1,5393, генетическое разнообразие по Нею (h) – 0,3107, процент полиморфных локусов (P) – 85,06 %. (таблица 2).

Таблица 2. Результаты расчета показателей генетического разнообразия в программе PopGen по ISSR-маркерам

Показатель генетического разнообразия	Значение показателя
Число аллелей (na)	1,8506
Эффективное число аллелей (ne)	1,5393
Генетическое разнообразие по Нею (h)	0,3107
Процент полиморфных локусов (P)	85,06 %

Таким образом, представлены результаты молекулярно-генетических исследований 21 сорта боярышника коллекции БСИ ПГТУ с использованием амплифицированных фрагментов ДНК на основе 6 ISSR-маркеров. По результатам ISSR-анализа ДНК установлено, что данные праймеры выявляют 87 амплифицированных фрагментов ДНК. В полиморфном состоянии находятся 74 ISSR- локуса (85,06 %) из 87 обнаруженных.

Литература

1. Соловьева, Н. М. Боярышник / Н. М. Соловьева, Н. В. Котелова – М.: Агропромиздат, 1986. – 72 с.
2. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Правительством РФ от 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8).
3. Hui-yu L., Jing J., Gui-feng L. et al. Genetic variation and division of *Pinus sylvestris* provenances by ISSR markers // Journal of Forest Reseach. – 2005. – V. 16. № 3. – P. 216-218.

Черепанова А. А., Канарский А. В., Шейкина О. В.
Поволжский государственный технологический университет

ЭНДОФИТНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ЛИСТВЕННИЦЫ, СПОСОБНЫЕ К ГИДРОЛИЗУ АРАБИНОГАЛАКТАНА

Аннотация. Данное исследование направлено на повышение уровня безотходного производства лиственницы сибирской, в составе которого обнаружено до 15% арабиногалактана.

Ключевые слова: микроорганизм, арабиногалактан, лиственница, культивирование, В-галактозидаза.

Введение. Из эндофитных микроорганизмов в настоящее время выделено множество биологически активных веществ, однако, они до сих пор остаются недостаточно изученным и используемым в промышленно-сти источником этих веществ [4].

В качестве промышленных продуцентов β -галактозидазы используют дрожжи, микроскопические грибы и бактерии [2]. Фермент дрожжей и бактерий – внутриклеточный, в свободном состоянии недостаточно стабильный, поэтому необходимо дополнительное использование ионов магния и марганца в качестве активаторов фермента [1].

Грибы синтезируют как внутриклеточную, так и внеклеточную форму β -галактозидазы. Грибная β -галактозидаза более стабильна, чем внутриклеточный фермент дрожжей и бактерий. Другое преимущество грибной β -галактозидазы – более широкая субстратная специфичность, что объясняется значительной долей фракции внеклеточного фермента у грибов [3].

Цель исследования – получение и культивирование эндофитных микроорганизмов лиственницы, синтезирующих фермент β -галактозидаза.

Материалы и методы. Объектом исследования является штамм, выделенный из побегов лиственницы сибирской и синтезирующий фермент для гидролиза арабиногалактана.

Данное исследование включало несколько ключевых этапов: 1) выделение эндофитных микроорганизмов из побегов лиственницы; 2) определение видовой принадлежности штаммов микроорганизмов на основе изучения морфологии и секвенирования ITS rDNA; 3) оценка способности микроорганизмов синтезировать фермент β -галактозидазы и выделять его в культуральную среду.

Дополнительно оценивали условия, влияющие на рост штамма микроорганизмов и накопление максимальной биомассы, а именно: источник углерода (арабиногалактан), источники азота, физико-химические факторы (рН и температура). Также проведено исследование факторов, способствующих индукции процесса спорообразования у грибов: минеральные элементы питания, освещение, соотношение углерода и азота в составе питательной среды.

Исследование проводилось на базе центра коллективного пользования научным оборудованием «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» (ЦКП «ЭБЭЭ» ПГТУ).

Результаты. В результате первого этапа эксперимента было выделено большое количество различных микроорганизмов, лучший их рост был отмечен на среде Чапека с добавлением арабиногалактана, что говорит об успешной переработке микроорганизмами сложного полисахарида. Благоприятная концентрация арабиногалактана при приготовлении плотной питательной среды – 1,5%, для жидкой же среды – 3-5%. Эффективная рН среды находилась в пределах $4,0 \pm 0,8$. Наиболее благоприятная температура культивирования – 24-30°C.

Для определения видовой принадлежности производили молекулярную идентификацию штамма на основе секвенирования фрагментов рибосомальной ДНК (ITS1 rDNA). Полученные данные использовались для поиска гомологичных последовательностей в базе GenBank с помощью алгоритма BLAST. Таким образом, было идентифицировано 4 вида грибов, полученных из лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb.

Фермент β -галактозидаза способен быстро расщеплять сложные углеводы и превращать их в простые сахара, которые хорошо усваиваются всеми микроорганизмами. В нашем случае таким углеводом является арабиногалактан – водорастворимый полисахарид, побочный продукт промышленной переработки лиственницы.

Тестирование штаммов на наличие фермента β -галактозидаза проводили при помощи индикаторных дисков, предназначенных для определения образования β -галактозидазы микроорганизмов. Данный метод основан на способности микроорганизмов гидролизовать о-нитро- β -D-галактопирозид. Фермент β -галактозидаза расщепляет его с образованием глюкозы и о-нитрофенола, имеющего жёлтый цвет, поэтому при окрашивании суспензии в жёлтый цвет – отмечали положительный результат.

Контроль способности штаммов к синтезу нужного фермента осуществляли путём анализа содержания редуцирующих веществ в питательной среде во время длительного культивирования в лабораторном биореакторе. Длительное глубинное культивирование производили на питательных средах, в составе которых единственным источником углерода служил арабиногалактан.

Выводы. В качестве индуктора для биосинтеза β -галактозидазы обычно используют лактозу и галактозу. Новизна нашего исследования в том, что в питательной среде в качестве источника углерода мы используем только сложный полисахарид – арабиногалактан, который под воздействием выделяемой эндобитами внеклеточной формы β -галактозидазы расщепляется на моносахара и используется микроорганизмами. Таким образом, мы частично решаем проблему безотходного производства лиственницы и предлагаем дешёвый субстрат для культивирования промышленных штаммов микроорганизмов на биотехнологических предприятиях.

Литература

1. Получение производных арабиногалактана с некоторыми биогенными металлами / Г. П. Александрова, Е. В. Суворова, Л. А. Грищенко и др. // Химия и технология растительных веществ: матер. II Всеросс. конф. – Казань: изд-во Института органической и физической химии имени А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской Академии наук, 2002. – 186 с.
2. Некоторые новые методы количественного учёта микроорганизмов и изучения их свойств: метод. рекомендации; науч. ред. Ю. М. Возняковская. – Л.: Б. и., 1982. – 52 с.
3. Эффективность культивирования дрожжей *debaryomyces hansenii* и *guehomyses pullulans* на питательных средах из арабиногалактана. / И. А. Галяутдинова, А. В. Канарский, З. А. Канарская и др. // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, №16. – С. 96-99.
4. Биосинтез ксиланаз и целлюлаз грибами рода *trichoderma* на послеспиртовой барде / Ю. А. Морозова, Е. В. Скворцов, Ф. К. Алимова и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15. – №19. – С. 120-122

Секция «ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ»

УДК 630*2

Косилов А. Г., Мартыненко А. А.

Научный руководитель: Бастаева Г. Т., канд. с.-х. наук, доцент
Оренбургский государственный аграрный университет

СОСТОЯНИЕ БОЛЬШЕСУРМЕТСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ АБДУЛИНСКОГО РАЙОНА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

***Аннотация.** Представлено современное состояние 77-летних лиственничных культур, имеющих статус памятника природы областного значения.*

***Ключевые слова:** лесокультурное дело, памятник природы, натурная таксация.*

П. И. Рычкова по праву считают родоначальником лесокультурного дела в Оренбургской области, в 1767 году им опубликованы статьи о значении леса, описании качества древесных пород и их древесины [1].

По распоряжению военного губернатора П. К. Эссена в 1817 г. были предприняты попытки создания искусственных лесонасаждений в Оренбургской области. В XIX веке лесокультурное дело было продолжено военным губернатором В. А. Перовским, основные силы были направлены на создание парков, садов, аллей в черте и за пределами города. Позже им был написан труд «Наставление» по лесонасаждениям. Одним из знаковых этапов истории лесокультурного дела Оренбургской области можно считать создание в 1836 году училища земледелия и лесоводства в г. Оренбурге.

В условиях степи создание лесных насаждений – очень сложный и трудоемкий процесс, требующий тщательно взвешенного научного подхода. Поэтому имеющиеся удачные примеры созданных искусственных насаждений представляют не только практический, но и научный интерес.

Территория Оренбургской области включает 35 административных районов, где сосредоточены порядка 1035 природных памятников, имеющих геологическое, ботаническое, ландшафтно-рекреационное, ландшафтно-ботаническое, лесокультурное значение, общая площадь которых составляет более 175 тыс. га [2].

Лесокультурные памятники нашей области занимают площадь, равную 4811,8 га (9,9%) от общей площади памятников природы.

В 4,5 км по направлению на северо-восток от села Большой Сурмет Абдулинского района расположен памятник природы областного значения общей площадью 2,5 га. Посадки были созданы в период с 1943-1945 гг. с целью изучения возможностей степного лесоразведения. В насаждениях представлены культуры лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.).

Род лиственница (*Larix Mill*) является наиболее представленным в лесах России. Все виды лиственниц имеют свои географические формы, отличающиеся по физиологическим особенностям и характеру роста деревьев.

Насаждения лиственницы выполняют важную средообразующую, природоохранную, агроэкологическую функцию.

Нами проведено обследование лесокультурного и культурно-исторического памятника с целью определения основных таксационных показателей и оценки лесопатологического состояния.

С целью изучения состояния лесокультурного объекта нами были изучены Большесурметские культурные насаждения лиственницы сибирской. Проведена натурная таксация, согласно которой установлено, что растут культуры по I классу бонитета, возраст 77 лет, средняя высота 25,0 м, средний диаметр 21,3 см, запас стволовой древесины составил 374 м³/га.

Общее количество сохранившихся деревьев лиственницы сибирской составило 1827 шт., из общего количества на долю здоровых деревьев приходится 78,8% (1441 шт.), усыхающих 3,0% (54 шт.), сухостойные 3,0% (54 шт.), пораженных энто- и фитовредителями 15,2% (278 шт.).

Согласно постановлению Правительства Оренбургской области от 25 февраля 2015 года №121-п «О памятниках природы областного значения Оренбургской области (с изменениями на 18 января 2021 года)», на территории расположения памятников природы и их охранных зон, а также в отношении самих памятников природы запрещается всякая хозяйственная и иная деятельность, угрожающая состоянию и сохранности охраняемых объектов [2]. Однако в действующем Приказе МПР от 16.07.2007 г. №181 «Об утверждении Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях (с изменениями на 12 марта 2008 года)», отмечено, п. 4 – что «в лесах, расположенных на особо охраняемых природных тер-

риториях, сплошные рубки осуществляются только в случае, если выборочные рубки не обеспечивают замену лесных насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций» (часть 4 статьи 17 Лесного кодекса Российской Федерации) [3]. Поэтому мы считаем, что здесь крайне необходимо удалить путем выборочной санитарной рубки сухостойные деревья в количестве 54 шт.

Кроме того, после обследования данных культур, мы отметили, что под пологом леса обильно идет порослевое возобновление клена остролистного (*Acer platanoides* L.), из вредителей встречается шишковая огневка, частично лиственница сибирская заражена спорами мучнистой росы, а сама территория особо охраняемого объекта достаточно захламлена.

Поэтому мы считаем необходимым проведение здесь разрешенную согласно п. 15 очистку лесов от захламления из-за создавшейся угрозы возникновения очагов вредных организмов и пожарной безопасности в лесах.

Проведение запланированного комплекса работ обеспечит:

- улучшение аэрации почвы вследствие уменьшения степени задержания;
- снижение конкуренции внутри биогеоценоза;
- поддержание санитарного состояния;
- повышение эстетических качеств лесных насаждений;
- сохранение ландшафтной структуры.

Литература

1. Бастаева, Г. Т. Современное состояние лесокультурного памятника А. Н. Карамзина Бугурусланского района Оренбургской области / Г. Т. Бастаева, А. И. Колтунова, М. А. Ермолаева // Междунар. науч.-практ. конф. – Оренбург: Институт степи УрО РАН. 2017. – С. 130-133.
2. О памятниках природы областного значения Оренбургской области: постановление Правительства Оренбургской области от 25 февраля 2015 года №121-п (с изменениями на 18 января 2021 года).
3. Об утверждении Особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях: Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16 июля 2007 года №181 (с изменениями на 12 марта 2008 года).

Семёнов М. А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики,
селекции и биотехнологии*

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Аннотация. В статье обосновывается необходимость разработки новой технологии лесовосстановления сосны обыкновенной с учётом достижений современной лесной науки.

Ключевые слова: способ лесовосстановления, сосна обыкновенная, био-группа, лесостепной район и район степей Европейской части Российской Федерации (ЕЧР).

В условиях лесостепного района и района степей ЕЧР сосновые леса входят в зону физико-географического оптимума и, в целом, характеризуются высокой устойчивостью и потенциалом [1, 2]. Роль таких насаждений с учётом глобальных климатических изменений резко возрастает. Качество сосновых лесов определяется, в первую очередь, успешностью мероприятий по их созданию [2, 3]. Поэтому лесовосстановление сосны обыкновенной в условиях лесостепного района и района степей ЕЧР требует пристального внимания лесоводов и учёных [4]. С экологической точки зрения, особое значение приобретает внедрение в практику лесного хозяйства способов лесовосстановления сосны с сохранением типичной лесной среды. [2, 3].

Цель данной работы – обоснование необходимости разработки новой технологии лесовосстановления сосны обыкновенной, ознакомление с позицией ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех» по данному вопросу.

При создании культур сосны обыкновенной в настоящее время применяется следующая стандартная технология: производится нарезка борозд плугом ПКЛ-70 на глубину 8-12 см (обработка фрезой ФЛН-0,8) с расчётом удаления задерненного слоя почвы при среднем расстоянии между рядами 1,7-2,5 м. Посадка семян происходит в дно борозд. Сеянцы оказываются на уровне ниже поверхности почвы, их корни попадают в более плотный, бедный органикой и менее благоприятный для роста слой. Усиливается конкурентное взаимодействие с травянистой растительностью и лиственной порослью. Таким образом, без проведения

лесоводственных уходов сосна обыкновенная будет вытесняться осиной на всей лесокультурной площади [1].

Существуют и альтернативные технологии – посадка в пласт плужной борозды и создание лесных культур сосны обыкновенной с закрытой корневой системой.

В ряде случаев применение перечисленных технологий приводит к формированию продуктивных насаждений. При этом следует отметить существующие недостатки:

- проведение уходных работ резко увеличивает себестоимость выращивания сосновых насаждений;
- необратимо изменяется типичная лесная среда;
- успешность мероприятий зачастую полностью зависит от качества посадочного материала.

Таким образом, существующие технологии нуждаются в доработке. Разработка новой технологии лесовосстановления сосны обыкновенной обусловлена также необходимостью устранения указанных недостатков.

Предложение ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» – разработать способ лесовосстановления сосны обыкновенной на основании метода биогрупп – сформировано на основании ранее проведённых исследований [1, 2]. Густая высадка сеянцев в несколько рядков ведёт к ускоренному смыканию крон. Культуры принимают форму «пирамиды». Смыкание лидирующих деревьев в будущем создаёт основной древесный полог, при сохраняющейся на фоне лесной среде, соответствующей конкретному типу лесорастительных условий. Формируемая при этом лесная среда максимально приближена к естественной. Таким образом, в дальнейшем не нужно будет проводить сложные лесохозяйственные мероприятия. Также снизится общая себестоимость работ [1].

При этом в целях разработки технологии необходимо уточнение размеров биогрупп, их количества на 1 гектар, расстояния в рядах и между ними внутри биогруппы.

При разработке нового способа лесовосстановления будут использованы селекционные достижения ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех». Сотрудниками института отобраны ценные сорта сосны обыкновенной «Острогажская» и «Красавица», характеризующиеся повышенной устойчивостью к засухе и корневой губке. Обозначенные достижения предполагается использовать при разработке нового способа лесовосстановления сосны обыкновенной в части получения селекционного улучшенного посадочного материала.

Разработка нового способа лесовосстановления позволит:

- достичь в перспективе положительных экономического и экологического эффектов;
- снизить себестоимость выращивания лесных культур сосны обыкновенной различного целевого назначения;
- сохранить естественную лесную среду;
- повысить приживаемость и сохранность культур за счёт использования селекционного улучшенного посадочного материала на основе достижений ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех»;
- сформировать устойчивые высокопродуктивные насаждения сосны обыкновенной различного целевого назначения.

При разработке способа лесовосстановления будет описана вся технологическая цепочка от выращивания посадочного материала до проведения уходных работ.

Литература

1. Семёнов, М. А. Механизмы формирования экосистемного биологического разнообразия при искусственном лесовосстановлении / М. А. Семёнов, Н. Н. Харченко. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ им. Г. Ф. Морозова», 2017. – 177 с.
2. Kuznetsova, N. F., Semenov, M. A., Sautkina, M. Yu. Pine forests of East European plain: distribution trends, functions and development problems // *Pinus: growth, distribution and uses*. – New York: Nova Science Publ., 2019. – P. 1-47.
3. Кузнецова Н. Ф. Леса Среднерусской лесостепи, как объект *ex situ* / Н. Ф. Кузнецова // Вестник ПГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2020. – № 4 (48). – С. 10-21.
4. Разработка сценариев адаптации системы ведения лесного хозяйства в управляемых лесах лесостепного района и района степей Европейской части Российской Федерации в связи с ожидаемыми изменениями климата: Промежуточный отчёт о научно- исследовательской работе // Федеральное агентство лесного хозяйства. – Воронеж: ВНИИЛГИСбиотех, 2018. – 90 с. – Рег.№ НИОКТР АААА-А17-117041810010-0. Рег.№ ИКРБС АААА-Б19-219012590174-5.
5. Камалов, Р. М. Результаты испытания потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Кировской области / Р. М. Камалов, М. Ю. Чугреев // Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 50-летию ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии». – Воронеж, 2020. – С. 131-134.

Сулейманов Н. Д., Улитина А. В.

Научный руководитель: Лявданская О. А., канд. биол. наук, доцент
Оренбургский государственный аграрный университет

БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКОЙ ЛЕСОПОЛОСЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ОРЕНБУРГА)

Аннотация. *Представлены данные анализа состояния лесной полосы и ее сохранности в пределах территории г. Оренбурга.*

Ключевые слова: *лесная полоса, таксационные описания, биоэкологическая оценка.*

Лесная полоса заложена в октябре 2010 году работниками Сакмарского лесхоза по периметру ботанического сада Оренбургского государственного университета. Общая длина полосы составила 1960 метров, ширина полосы – 10 метров. Ботанический сад Оренбургского государственного университета – первый и единственный в Оренбургской области, расположенный на территории степной зоны.

С 10 по 15 мая 2010 года проведены мероприятия по подготовке почвы площадью 2,9 га, вспашка без отвала глубиной 20-25 см. За 2011 год проводили 3 мероприятия по культивации и 2 раза вносили органическое удобрение из расчета 100 т /га, с последующей задачей заделки его на глубину вспашки.

Нами проведена биоэкологическая оценка лесной полосы с целью определения качественного состояния, созданного на территории г. Оренбурга в Промышленном районе, которое имеет важное значение в поддержании экологического каркаса. Оценка жизненного состояния давалась согласно методическим разработкам В. А. Алексеева [1]. В основу обобщенной биоэкологической характеристики древесно-кустарниковых пород нами положена классификация Л. П. Баранника.

Посадочный материал для лесной полосы был выращен на территории ботанического сада к осени 2010 года, при этом высота сеянцев возрастом 2-3 года составляла около 0,5 м.

Инвентаризация показала, что лесная полоса, заложенная по периметру ботанического сада, состоит из древесных пород: с северной стороны по ул. Березка – ива каспийская (*Salix caspica*) 560 шт., лиственница сибирская (*Larix sibirica Ledeb.*) 560 шт., яблоня домашняя (*Malus*

domestica) 560 шт., по южной стороне ул. Рокоссовского – липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* 'Tristis') по 450 шт., и с западной стороны по ул. Терешковой – липа мелколистная, дуб черешчатый, рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) по 400 шт. и с восточной стороны по ул. Рощина – липа мелколистная, дуб черешчатый, береза повислая – по 450 шт.

При таком расположении и подборе древесно-кустарниковой растительности в будущем лиственница сибирская, имеющая красивую декоративную форму, будет затенять иву и яблоню, т. к. плотность посадки достаточно высокая. Эстетическая оценка лесной полосы с северной стороны очень низкая и в дальнейшем будет только снижаться. Прогнозируя развитие лесной полосы с восточной стороны, можно сказать, что береза и дуб находятся в конкурентной борьбе за свет и влагу, при этом таксационные показатели показывают превышение березы в высоту над дубом на 1,7 м в высоту и на 3,1 см по диаметру. Дуб хорошо сочетается с липой, в этом случае они уместны в одной полосе, но береза, со временем сформирует раскидистую крону, под тенью которой дуб будет угнетен. Древесные породы с южной стороны подобраны относительно грамотно, рябина обыкновенная и сосна хорошо сочетаются, сосне в первые годы жизни необходимо притенение и влага, рябине – освещенность и умеренная влажность. Данные породы не будут конкурировать и проявят все свои биоэкологические функции в условиях города. Клен остролистный, наоборот, плохо уживается с сосной и помимо внешней конкуренции, по нашему мнению и мнению многих ученых, вступает в конкурентные отношения корневой системы [2].

Расстояние между деревьями составляет 1,5 метров, что не соответствует требованиям закладки лесных полос, отсутствуют закрайки, которые должны составлять не менее 1,5 метров.

Полученные нами данные по адаптации растений в городской среде показывают, что с северной стороны сухостойные растения всех жизненных форм (кустарники и деревья) составляют 14% всех растений, с восточной стороны – 30%, с южной – 12% и с западной – 40%. Созданная трудом многих людей лесная полоса находится в неухоженном состоянии, сорняковая, преимущественно злаковая растительность, достигает размеров молодых деревьев.

Определяя жизненное состояние всех деревьев, можно отметить, что жизненное состояние деревьев лучше у насаждений южной стороны, наименее жизнеспособное насаждение с западной стороны. Более декоративную форму формирует яблоня, видимо, получает больше света и продувается ветром.

По нашему мнению, учитывая лесоводственные особенности и биоэкологические характеристики древесно-кустарниковых растений, такой тип размещения растений приведет к естественному отпаду, чрезмерное загущение снижает эстетическую оценку и может стать источником массового распространения болезней и вредителей. Плодовые деревья яблони и рябины рядом с автомобильными дорогами сажать нельзя, воздействие выхлопных газов автомобилей негативно скажется на плодах, которые могут поедать не только птицы, но и дети.

Представители семейства Розоцветные (*Rosáceae*) являются промежуточными хозяевами многих вредителей древесно-кустарниковой флоры, таких как: пузырчатая ржавчина можжевельника, плодовая листовертка, плодожорки. Дуб черешчатый в условиях антропогенной нагрузки в условиях г. Оренбурга практически всегда поражается мучнистой росой и может стать источником поражения для растений ботанического сада. Отсутствие минерализованной полосы создает опасность насаждениям при возникновении пожаров, т. к. по линии лесной полосы большое количество сухой травы, и до момента появления листвы она может стать источником пожара.

При закладке лесных полос в условиях города необходимо получать заключение специалистов в области лесного дела, т. к. в данном случае одновозрастные деревья при совместном произрастании по-разному формируют свои декоративные, лесоводственные и таксационные параметры. Большое значение имеет грамотный подбор древесных пород, их совместимость, расстояние между деревьями. Совмещение трех древесных пород в одной полосе показало, что эстетические и биоэкологические функции со временем утрачиваются, и она превращается в непроходимые «джунгли».

Литература

1. Алексеев, В. А. Некоторые вопросы диагностики и классификации, поврежденных загрязнениями лесных экосистем / В. А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38-51.
2. Бастаева, Г. Т. Состояние дендрологического сада ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» / Г. Т. Бастаева, Ю. Л. Нирян // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2020. – № 8-1. – С. 43-47.

УДК 630.53

Черных Л. В., Камальтдинов А. М.

Научный руководитель: Черных В. Л., д-р с.-х. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СООТНОШЕНИЯ ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА НА ВЫСОТЕ 1,3 МЕТРА И НА ВЫСОТЕ ПНЯ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

***Аннотация.** Предложена математическая модель для вычисления диаметров деревьев дуба на высоте 1,3 метра по измерениям диаметров и высот пней.*

***Ключевые слова:** дуб, диаметр пня, модель, высота пня.*

Введение. В настоящее время острой проблемой в лесном хозяйстве Российской Федерации являются незаконные рубки. Работники лесного хозяйства сталкиваются с конечным результатом – вырубленными участками леса. В этом случае важно восстановить исходный древостой для определения вырубленного запаса и назначения штрафа. С давних пор для этого используются специальные нормативы для восстановления диаметров стволов на высоте груди по диаметрам на высоте пня. Существующие таблицы либо составлены для Европейской части Российской Федерации, либо для локального района Сибири (южная часть Средней Сибири). Работники лесного хозяйства неоднократно отмечали то, что таблицы «Справочника таксатора» для крупномерных стволов часто не соответствуют фактическим данным.

Существуют таблицы, разработанные для перехода от диаметра пня к диаметру на высоте 1,3 метра дерева. Однако они не учитывают многообразия факторов, способных значительно влиять на эти показатели. В них не учитываются ни условия произрастания, ни высота оставляемого пня. Между тем ошибки, вызванные различием этих условий, могут быть весьма существенными. Применение таких таблиц оправдано в случае установления объема одного срубленного дерева, но не при освидетельствовании мест рубок.

Цель работы направлена на выявление зависимости соотношения диаметров деревьев дуба на высоте 1,3 метра от диаметров и высот пней для условий Кирского лесничества Чувашской Республики.

Предметом исследования являются закономерности соотношения диаметров деревьев дуба на высоте 1,3 метра от диаметра пня и его высоты для условий Кирского лесничества Чувашской Республики.

Экспериментальный материал представляет собой результаты измерений параметров модельных деревьев дуба в количестве 122 шт.

Интерпретация результатов

Расчеты показали, что статистические показатели параметров пней при разных высотах по дубу для условий территории Кирского лесничества Чувашской Республики достоверны – $t_{st} > 3$. Точность оценки параметров высокая и составляет менее 2,8%.

Нами разработаны три вида математических моделей связи для прогноза диаметров деревьев дуба на высоте 1,3 метра в зависимости от диаметров пней и их высот. При анализе моделей для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра в зависимости от диаметров пней и их высот по дубу (таблица), видим, что оптимальной моделью служит двухфакторная модель (№2) линейная по диаметру пня, а учет высоты пня в уравнении по экспоненциальной зависимости дает лучшие результаты.

Виды моделей для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра
в зависимости от диаметров пней и их высот по дубу

№ пп	Вид модели	Количество факторов	Коэффициент корреляции, ед.
1	$d_{13} = 5,03101 + 0,704273 \cdot dp$	1	0,895
2	$d_{13} = 20,5662 + 0,773439 \cdot dp - 23,3619 \cdot \exp(-hp)$	2	0,939
3	$d_{13} = -2,21475 + 0,770274 \cdot dp + 17,845 \cdot hp$	2	0,936

Следует отметить, что модель №1 считается однофакторной и не учитывает высоту пня, а также имеет низкий коэффициент корреляции ($r=0,895$) в сравнении с моделью №2 ($r=0,938$).

Математическая модель №3 дает хорошие результаты, но адекватность ее экспериментальным данным ниже примерно на 1%. Таким образом модели № 2 и №3 можно использовать на практике.

Выводы. Применение модельных значений диаметров древесных стволов дуба на высоте 1,3 м, рассчитанные по математическим моделям, по сравнению с таблицами Б. П. Шевцова имеют существенные различия и при высоте пня 30 см составляют в среднем – 4,6% (занижают значения диаметров), а в сравнении с таблицами Верхунова П. М. такие погрешности составляют – 16,8%.

Литература

1. Шевцов, Б. П. Таблицы для учета лесосечного фонда основных лесообразующих пород Северного Кавказа / Б. П. Шевцов. – Майкоп: РИПО «Адыгея. 2000. – 352 с.
2. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загребов, В. И. Сухих, А. З. Швиденко и др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

УДК 630.53

Черных Л. В., Смирнов В. В.

Научный руководитель: Черных В. Л., д-р с.-х. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ И ПИХТЫ НА ВЫСОТЕ 1,3 МЕТРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ ДИАМЕТРОВ И ВЫСОТ ПНЕЙ В УСЛОВИЯХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

***Аннотация.** Описана математическая модель, характеризующая относительные значения диаметров деревьев ели и пихты Челябинской области на высоте 1,3 метра.*

***Ключевые слова:** ель, диаметр пня, высота пня, уравнение.*

Введение. В настоящее время вопросы, связанные с незаконными рубками, приобрели актуальность в части определения объема древесных стволов. Установлено, что при определении объема отдельного дерева или их совокупности по измерениям диаметров пней возникают значительные погрешности в вычислении диаметра дерева на высоте 1,3 м, а оцениваемые объёмы незаконной рубки будут значительно отличаться от фактических объемов [1].

Следовательно, направление исследования закономерностей связи диаметра деревьев березы на высоте 1,3 метра от диаметра пня имеет важное значение для восстановления запаса вырубленных лесных насаждений в условиях Челябинской области при оценке ущерба незаконных рубок является актуальным.

Цель работы направлена на выявление закономерностей относительных значений диаметров деревьев пихты и ели на высоте 1,3 метра от диаметров и высот пней для условий Челябинской области.

Объектом исследования являются древостои ели и пихты горных лесов Челябинской области.

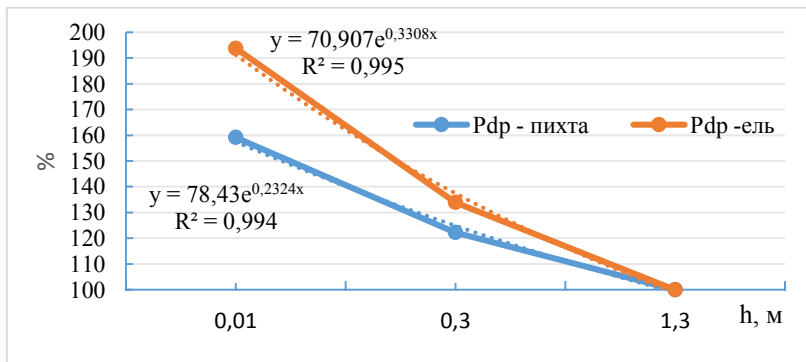
Предметом исследования являются соотношения диаметров деревьев пихты и ели на высоте 1,3 метра от диаметра пня для условий Челябинской области

Экспериментальный материал представляет собой результаты измерений на пробных площадях параметров модельных деревьев ели в количестве 86 шт. и пихты – 43 шт.

Интерпретация результатов. Исходные данные измерений диаметров модельных деревьев ели и пихты послужили основой разработки математических моделей связи для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра в зависимости от диаметров пней и их высот.

Статистический анализ параметров образующей древесного ствола показал, что изменчивость диаметров на различных высотах в абсолютных выше, чем в относительных величинах [2]. Например, на высоте 30 см коэффициент изменчивости составляет для ели 7,5% в относительных величинах и 34,0% в абсолютных значениях. Следовательно, для выявления общих закономерностей соотношения диаметров древесных стволов на различных высотах необходимо использовать относительные значения.

Для прогноза относительных значений диаметров древесного ствола нами выбрана модель экспоненциального вида, которая наиболее адекватно описывает образующую древесного ствола. На рисунке приведены такие модели для ели и пихты, которые характеризуются высоким коэффициентом детерминации, равными 0,995 и 0,994 соответственно.



Математическая модель для прогноза относительных значений диаметров на высоте 1,3 метра в зависимости от высот пней деревьев ели и пихты Челябинской области

Выводы. При таксации древесных стволов ели и пихты Челябинской области использование модельных значений относительных диаметров стволов на высоте 1,3 метра по измерениям диаметров пней и их высот устраняет ошибки в определении абсолютных значений диаметров стволов на высоте 1,3 метра до 35...45%.

Литература

1. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загреев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко и др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
2. Черных, В. Л. Информационные технологии в лесном хозяйстве: учебное пособие / В. Л. Черных, В. В. Сысуев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 378 с.

УДК 630.53

Черных Л. В., Степанов А. А.

Научный руководитель: Черных В. Л., д-р с.-х. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ НА ВЫСОТЕ 1,3 МЕТРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ ДИАМЕТРОВ И ВЫСОТ ПНЕЙ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. *Предложена математическая модель для вычисления диаметров деревьев березы на высоте 1,3 метра по измерениям диаметров и высот пней.*

Ключевые слова: *береза, диаметр пня, высота пня, уравнение.*

Введение. В решении проблемы незаконных рубок сегодня заинтересованы все участники лесных отношений. Под незаконной рубкой понимается повреждение лесных насаждений или самовольное выкапывание в лесах деревьев, кустарников, лиан и классифицируется как нарушения, образующие состав части 1 статьи 8.28 КоАП РФ и части 1 статьи 260 УК РФ.

При рассмотрении методики определения объема и ущерба от незаконной рубки лесных насаждений было выявлено, что в документе присутствуют грубые ошибки при определении объема отдельного дерева и их

совокупности. Например, в п. 2 «Методики определения размера возмещения вреда» диаметр пня приравнивается к диаметру древесного ствола на высоте 1,3 метра. Такое утверждение противоречит фактическим закономерностям изменения образующей древесного ствола (диаметров) по его высоте. Установлено, что диаметр пня может быть больше, чем диаметр на высоте 1,3 метра на 5-100% и более. Это значит, что чем меньше высота пня, тем больше различия между диаметрами на рассматриваемых высотах измерений [1].

Таким образом, направление исследования закономерностей связи диаметра деревьев березы на высоте 1,3 метра от диаметра пня имеет важное значение для восстановления запаса вырубленных лесных насаждений при оценке ущерба незаконных рубок и оценке эффективности проведения лесохозяйственных мероприятий является актуальным.

Цель работы направлена на выявление закономерностей соотношения диаметров деревьев березы на высоте 1,3 метра от диаметров и высот пней для условий Чувашской Республики.

Объектом исследования являются древостои берёзы Кирского лесничества Чувашской Республики.

Предметом исследования является исследование соотношения диаметров деревьев березы на высоте 1,3 метра от диаметра пня для условий Кирского лесничества Чувашской Республики.

Экспериментальный материал представляет собой результаты измерений параметров деревьев березы и пней на пробных площадях в количестве 121 шт. Для восстановления таксационных показателей деревьев были измерены диаметры древесных стволов на высотах 0 м (*диук*); 0,1 м (*d10*); 0,2 м (*d20*); 0,3 м (*d30*); 0,4 м (*d40*); 0,5 м (*d50*); 1,3 м (*d1,3*).

Интерпретация результатов. Исходные данные измерений диаметров модельных деревьев березы послужили основой разработки математических моделей связи для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра в зависимости от диаметров пней и их высот. Анализ моделей для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра в зависимости от диаметров пней и их высот по березе (таблица), показал, что оптимальной моделью можно считать двухфакторную модель (№2). В этой модели диаметр пня имеет линейную зависимость с диаметром на высоте 1,3 м, а учет высоты пня в уравнении по экспоненциальной зависимости.

Виды моделей для прогноза диаметров на высоте 1,3 метра
в зависимости от диаметров пней и их высот по березе

№мо- дели	Уравнение	Количе- ство факто- ров	Коэффи- циент кор- реляции, ед.
1	$y=(9,93745)+(0,511717)*dp$	1	0,798
2	$y=(25,879)+(0,662699)*dp+(-27,6193)*EXP(-hp)$	2	0,903
3	$z=(-0,913445)+(0,655584)*x+(21,0129)*y$	2	0,898

Следовательно, оптимальная модель №2 адекватно и корректно прогнозирует диаметр на высоте 1,3 метра при высоте пня до 10 см для всех диаметров пней, для высот 20 см, 30 см, 40 см и 50 см для диаметров более 8 см, 12 см, 20 см и 24 см соответственно. Такие ограничения по диаметру позволяют не допускать грубых ошибок при учете запаса древесных стволов березы на лесосеках.

Выводы. Применение табулированных значений диаметров на высоте 1,3 метра при разных высотах пня в сравнении с фактической высотой пня примерно 30 см, которая принята при составлении таблиц Межибовского А. М. [2], снижает ошибку расчета диаметра ствола на высоте 1,3 метра на +64,2% или -15,5%.

Литература

1. Верхунов, П. М. Таксация леса / П. М. Верхунов, В. Л. Черных – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 306 с.
2. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. / В. В. Загребов, В. И. Сухих, А. З. Швиденко и др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.

**Секция «ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ
И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ»**

УДК 630.2

Анисимов И. С., Анисимов Н. С.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

**ТЕХНОЛОГИЯ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА
ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛАПКИ**

***Аннотация.** Предложена технология искусственного воспроизводства пихтовых насаждений при производстве пихтового масла.*

***Ключевые слова:** искусственное воспроизводство, пихтовое масло, пихтовая лапка.*

Пихтовое масло имеет широкий спрос и пользуется популярностью среди населения. Оно славится своими целебными свойствами в качестве эффективного средства от простудных заболеваний, проблем с желудочно-кишечным трактом (ЖКТ) и суставами, нервных расстройств. Этот ингредиент также используется при изготовлении косметических средств и лечебных препаратов (мазей и кремов), в косметологических салонах [2, 13].

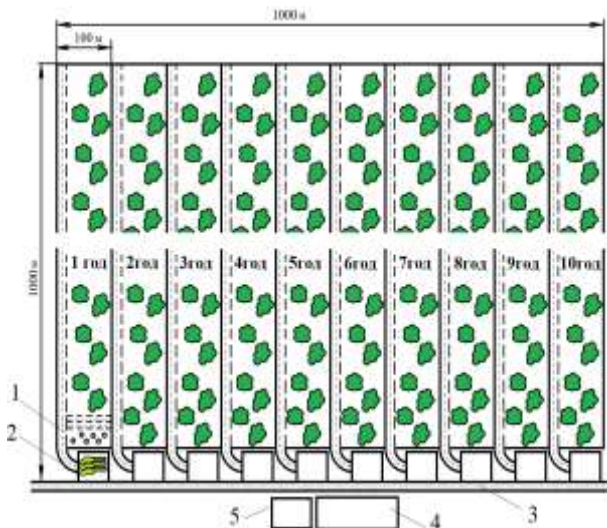
Пихтовые леса в Среднем Поволжье занимают 10,5 тыс. га, что составляет 0,11% покрытой лесом площади, и участие их в составе лесов региона постоянно уменьшается [1, 14].

В сложившейся ситуации в европейской части России возникла необходимость в поиске решений организации бесперебойного снабжения этих предприятий достаточным количеством необходимого сырья.

Один из возможных подходов в решении вопроса – искусственное воспроизводство пихтовых насаждений с целью их дальнейшего использования при производстве пихтового масла.

Лесной участок разбивается на 10 равных лесосек, каждую из которых предполагается осваивать поочередно в течение десяти лет.

По завершении работ по заготовке древесины осенью производят подготовку почвы к посадке, а затем производят саму посадку саженцев.



Лесной участок:

- 1 – пасечный волок; 2 – погрузочный пункт; 3 – лесовозный ус;
4 – площадка для переработки хвойной лапки; 5 – бригадный домик

После завершения работ на первой лесосеке заготовка древесины переходит на вторую лесосеку, где выполняют весь комплекс работ по аналогии, которые ранее производились на первой лесосеке. В такой же последовательности в течение десяти лет проводят работы на последующих лесосеках, при этом параллельно осуществляется уход за ранее посаженными насаждениями.

По истечении десяти лет, когда вырубка деревьев переходит на десятую лесосеку, на первой лесосеке достигнет зрелости пихтовый древостой, который является пригодным для производства из него пихтового масла. При этом следует отметить, что сырье, которое достигает возраста десяти лет, может перерабатываться полностью, т. е. вместе с хвойной лапкой, перерабатывается и сам ствол, непосредственно сразу после соответствующего измельчения.



Рис. 2. Вид плантации после десяти лет освоения

При использовании данной технологии необходима разработка конструкции устройства для образования лунок под посадку контейнеризированных семян пихты по технологии непрерывного лесопользования при производстве пихтового масла.

Выводы. Выработка методического подхода к проектированию пихтовых лесных культур для производства хвойной лапки, перспективных для непрерывного лесопользования при производстве пихтового масла, будет периодически повторяющейся, что дает возможность иметь бесперебойное поступление сырья в переработку и позволит производить пихтовое масло непосредственно там же, где заложена пихтовая плантация.

Литература

1. Тагильцев, Ю. Г. Эфирные масла некоторых хвойных пород Дальнего Востока и их химический состав / Ю. Г. Тагильцев, Р. Д. Колесникова, В. А. Чугуевский // Проблемы рационального лесопользования на Дальнем Востоке. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1980. – С. 50-61.
2. Цехановский, А. И. Производство пихтового масла из лесосечных отходов / А. И. Цехановский, Н. Д. Карепин // Лесозэксплуатация и лесное хозяйство. Реф. инф. – 1966. – № 9. – С. 4.
3. Bourrell, C., Perineau, F. Catnip (*Nepata cataria L.*) essential oils: analysis of chemical constituents, bacteriostatic and fungistatic properties // J. Ess. Oil Res. – 1993. – Vol. 5, N 5. – P.159-167.
4. Kolesnikova, R., Tagiltsev, Yu. The Essential Oils of the Far East Conifers // Abstracts of the Scientific Program XI International Congress of Essential Oils, New Delhi. 1989. – P. 63-69.

Иванова А. В.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УГНЕТЕНИЯ ПНЕЙ

Аннотация. *Предложено устройство для угнетения пней при лесовосстановительных работах.*

Ключевые слова: *лесовосстановление, пень, химический уход, химический раствор, рубки ухода, рубки главного пользования.*

После вырубki деревьев остаются пни, которые затрудняют дальнейшее проведение лесовосстановительных работ после рубок. Поэтому часто возникает необходимость в их изъавлении [1, 2, 3, 4].

В зависимости от ситуации приходится удалять как надземную, так и подземную части пня, для чего используют различные способы.

Все способы корчевания можно условно разделить по степени трудоемкости на:

- ручные;
- механизированные.

Кроме того, их можно разделить по воздействию на пень/корни, то есть:

- корчевание;
- разрушение.

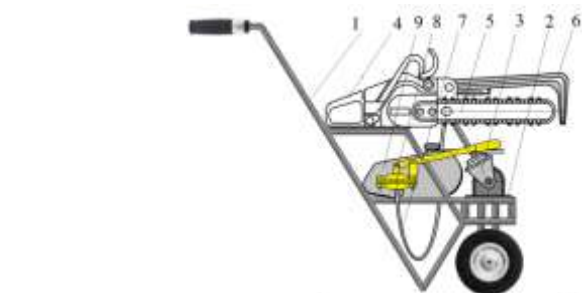
К ручному корчеванию можно отнести:

- химическое разрушение;
- выжигание;
- взрывание;
- выращивание грибов.

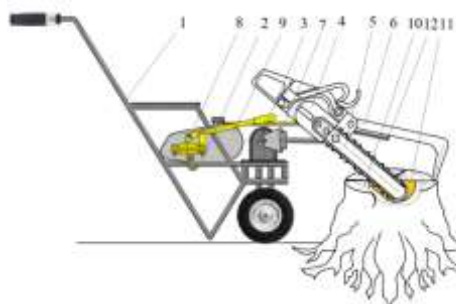
Эти способы не требуют привлечения тяжелой техники.

В статье рассматривается вопрос химического разрушения пня путем ввода арборицидной смеси.

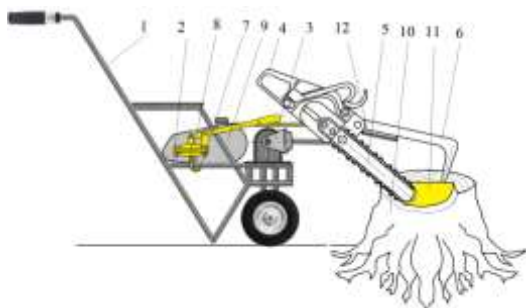
Была предложена конструкция устройства для угнетения пней (рис. 1а) путем ввода инъекции в пень с последующим химическим его разрушением.



а)



б)



в)

Рис. 1. Устройство для угнетения пней:

а) общий вид устройства для угнетения пней (транспортное положение);

б) осуществление пропила в пне; в) внесением арборицидной смеси:

1 – рама, 2 – площадка, 3 – шарнирно-неподвижная опора, 4 – бензиномоторная пила, 5 – пильная шина, 6 – подпружиненный насадок, 7 – шланг, 8 – механизм впрыска, 9 – бак, 10 – пень, 11 – пропил

Предлагаемое устройство для угнетения пней содержит раму 1 с площадкой 2, на которой размещена шарнирно-неподвижная опора 3, на свободном конце которой шарнирно закреплена бензодвигательная пила 4 с пильной шиной 5, а в верхней части пилы шарнирно установлен подпружиненный насадок 6 впрыска арборицидной смеси, который связан через шланги 7 с механизмом впрыска 8, закрепленный на баке 9 для арборицидной смеси, при этом бензодвигательная пила и подпружиненный насадок впрыска смонтированы на опоре с возможностью изменения положения в вертикальной плоскости.

Устройство работает следующим образом.

Устройство перемещается в сторону пня 10, останавливается около него. После чего осуществляют запуск бензодвигательной пилы 4. Затем пилу поворачивают относительно шарнирно-неподвижной опоры 3 в сторону пня и осуществляют пропил 11 (рис. 1б), при этом подпружиненный насадок 6 за счет пружины 12 прижимается к пню (рис. 1б). При смещении шины к краю пня, также происходит смещение и насадка. После завершения пропила пилу останавливают и при помощи механизма впрыска 8 осуществляется подача арборицидной смеси в пропил 11 (рис. 1в).

Вывод. Предлагаемое устройство повышает эффективность биологического воздействия арборицидной смеси за счет внесения ее непосредственно в глубокий пропил пня. Кроме того, данное устройство работает автономно, а энергетические затраты при этом невелики.

Литература

1. Бартенев, И. М. Эффективные и экологически безопасные технологии удаления пней на вырубках. / И. М. Бартенев, Е. В. Поздняков // Лесотехнический журнал. – 2013. – №4. – С. 146-151.
2. Поздняков, Е. В. Способы и современные средства механизации для удаления пней / Е. В. Поздняков, Д. Ю. Дручинин // Молодой ученый. Ежемесячный научный журнал. – 2013. – № 11 (58). – С. 173-176.
3. Чмелев, В. В. Обзор технических средств для удаления пней / В. В. Чмелев, М. В. Драпалюк // Лес. Наука. Молодежь – 2004: сб. материалов по итогам научно-исследовательской работы молодых ученых за 2004 г. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – С. 189-193.
4. <https://rcycle.net/drevesina/pni#i-2> (дата обращения 03.04.2021).

Капитонова Ю. А.

Научные руководители: Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Царев Е. М., д-р. техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫРАБОТКИ ОКОРЕННЫХ СОРТИМЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

***Аннотация.** Рассматриваются способы утилизации отходов в процессе выработки окоренных сортиментов на лесосечных работах при использовании модифицированной харвестерной головки с окорочным устройством.*

***Ключевые слова:** харвестерная головка, кора, экологическая эффективность.*

На деревообрабатывающих предприятиях после процесса окорки сортиментов образуются большие запасы коры. Эффективность ее утилизации любым из возможных способов зависит от реальной стоимости коры как сырья с учетом расходов на сбор, транспорт, хранение и предварительную подготовку ее к переработке. Концентрация полезных микроэлементов выше в кроне и ветвях, поэтому удаление не только стволов, но и всех древесных остатков приводит к закислению почвы и потере питательных веществ в лесной почве более, чем в три раза. Из-за высокого содержания в древесной золе минералов и микроэлементов, необходимых для поддержания и обогащения питательности почв, целесообразно возвращение золы обратно в естественный цикл природы. Правильное осуществление лесозаготовительных работ, предусматривающее стабильность экосистемы леса и сохранность полезных и питательных свойств лесных земель, является актуальной проблемой.

Цель работы: поиск альтернативных способов повышения эффективности использованием отходов в виде коры при выработке окоренных сортиментов.

Решаемая задача: изучение способов утилизации коры и их влияние на экологическую эффективность лесной биомассы.

Описание проекта. В существующей практике возможны следующие способы переработки коры [1, 2, 3].

1. Вывоз на свалку. Самый простой способ (рис. 1а).

Минусами можно назвать платежи за лицензию, затраты на обслуживание техники для вывозки и, конечно же, ухудшение экологии.

2. Вывоз коры в отвалы (рис. 1б). Это вариант для производств, у которых нет возможности перерабатывать отходы и которые поэтому вынуждены избавляться от коры, чтобы не захлампыть территорию предприятия (так называемые обременительные отходы).

3. Переработка коры на удобрения. В этом случае используют кору, измельченную в корорубках и молотковых мельницах (рис. 1в). При доизмельчении коры в молотковых мельницах можно получить мелкодисперсный материал, который находит широкое применение в разных технологиях.



Рис. 1. Способы переработки коры:
а) свалка коры, б) кора в отвале, в) кора на удобрение

4. Получение золы. В настоящее время основным методом утилизации коры в больших количествах при сравнительно простом процессе является ее сжигание.

Возможны следующие способы сжигания коры:

1. на открытом воздухе в осенне-весенний период при формировании собранной коры в валы, в результате которой образуется нижняя зола (пепел), а летучая фракция (летучая зола) удаляется вместе с дымовыми газами. После этого пепел разбрасывается.

2. в пределах топki, в результате которой образуется нелетучая зола, которая оказывается более богатой основными компонентами и более щелочной. Летучая фракция (летучая зола — зола, которая образуется при сжигании угля и мелких частиц сжигаемого топлива, которые покидают угольные котлы вместе с дымовыми газами и пепел, который остаётся на дне котла, называется донной или нижней золой, имеющей почти те же свойства, что и у летучей золы), сажа, богата микроэлементами и тяжелыми металлами и имеет менее щелочную реакцию.

Одним из новых вариантов выработки окоренных сортиментов с последующей переработкой лесосечных отходов является использование модернизированного рабочего органа валочно-сучкорезно-раскряжевной машины с окорочным устройством, представленным на рис. 2 (а, б, в).

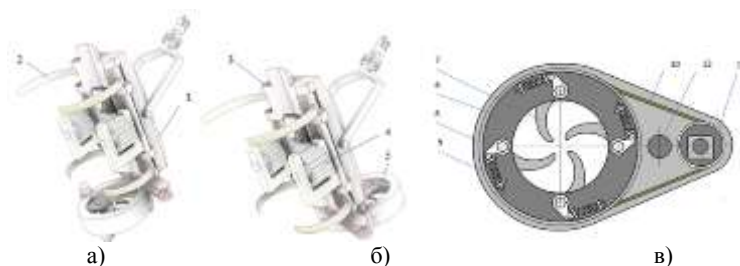


Рис. 2. Рабочий орган ВСПМ: а) вид рабочего органа сбоку при рабочем положении статора; б) вид рабочего органа сбоку при исходном положении статора; в) окорочное оборудование (вид сверху): 1 – корпус, 2 – сучкорезные ножи, 3 – оси, 4 – поворотные вальцы, 5 – статор, 6 – ротор, 7 – коросниматели, 8 – коромысло, 9 – прижимные пружины, 10 – ременная передача, 11 – гидромотор, 12 – вал

Полученные в результате выработки окоренных сортиментов кора, сучья и вершинная часть собираются в кучи и поступают далее на рубильную машину. После этого полученная измельченная древесина идет на сжигание для получения золы или в компостную яму для перегнивания. Следуя технологической цепочке, полученная зола или компост разбрасываются по лесосеке.

Таким образом, сбор, сжигание (в топках или на открытом воздухе) и формирование компоста непосредственно на лесосеке с последующим внесением его в лесную почву является альтернативным решением использования отходов лесозаготовок.

Использование данного способа выработки окоренных сортиментов и рабочего органа валочно-сучкорезно-раскряжевой машины для его осуществления позволяет концентрировать большую часть отходов лесосечных работ на лесосеке.

Полученная в результате сжигания зола вносится в почву в качестве удобрения для восстановления стабильности экосистемы леса и сохранности полезных и питательных свойств лесных земель.

Литература

1. Волынский, В. Переработка и использование древесной коры / В. Волынский // ЛесПромИнформ. – 2012. – №2 (84). – С. 168-171.
2. Головков, С. И. Энергетическое использование древесных отходов / С. И. Головков, М. Ф. Коперин, В. И. Найденов. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 224 с.
3. Девятловская, А.Н. Утилизация древесной коры деревоперерабатывающих предприятий / А. Н. Девятловская, Л. Н. Журавлёва, Н. В. Девятловский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pihtahvoya.ru/chvoynie-derevya-i-kustarniki-dalnego-vostoka/udobrenie-iz-kori-derevev>.

Попова М. А.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРБОЛИТА

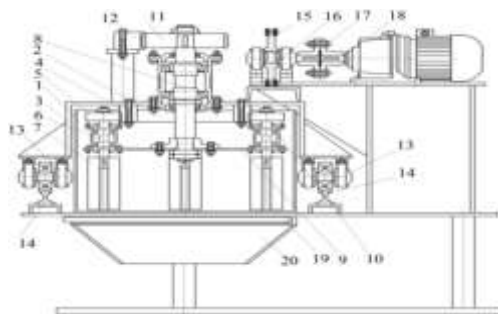
Аннотация. Предложена конструкция смесителя для производства арболита с целью повышения его качества.

Ключевые слова: арболит, смеситель, шнек.

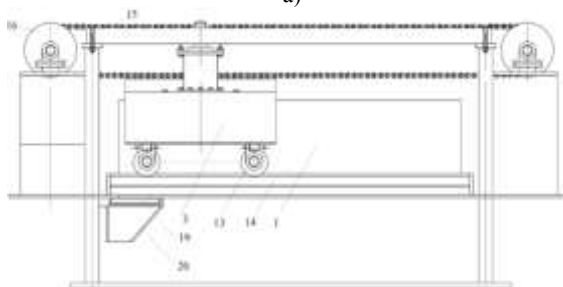
Актуальность темы. В настоящее время при строительстве используется множество материалов: древесина, кирпич, пенобетон, газобетон. Арболит – это легкий бетон, состоящий из минеральных вяжущих и заполнителей (отходов лесозаготовок, деревообработки, конопли и другого органического целлюлозного сырья), а также химических добавок и воды.

Цель работы – разработка конструкции устройства по производству смеси из древесного материала и связующего материала с целью повышения качества арболита за счет объемного перемешивания древесных частиц со связующими материалами [1]. Для производства арболита используются разные конструкции смесителей [2, 3], основным недостатком которых является низкое качество перемешивания древесных частиц со связующим материалом, что приводит к снижению качества продукции. Для решения поставленной задачи были проведены литературные и патентные исследования, которые позволили разработать новое устройство.

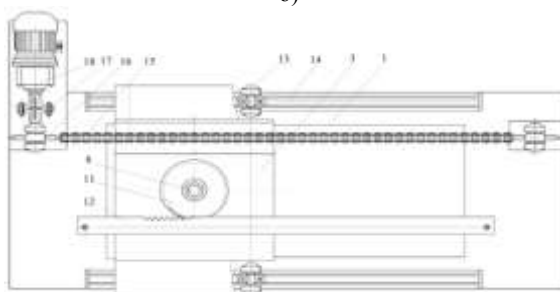
Описание устройства. Предлагаемое устройство (рисунок) содержит корпус 1 в виде прямоугольного сечения, внутри которого смонтировано перемешивающее устройство в виде опорно-поворотного устройства 2, смонтированного на корпусе портала 3, у которого на неподвижном его кольце жестко установлен зубчатый венец 4, входящий в зацепление с шестеренками 5, установленными на валах 6 перемешивающих лопаток 7, причем по центру перемешивающего устройства смонтирован центральный вал 8, у которого на одном свободном конце жестко закреплена цилиндрическая пластина 9 с подшипниковыми корпусами 10 перемешивающих лопаток 7, а на другом шестерня 11, связанная с зубчатой рейкой 12, при этом внизу портала 3 жестко закреплены ходовые тележки 13 с возможностью перемещения по рельсовым путям 14, а вверх по длине портала 3 жестко закреплена цепь 15, которая через звездочку 16 и муфту 17 связана с электродвигателем 18.



а)



б)



в)

Предлагаемая конструкция устройства для производства арболита:

а) – общий вид, б) – вид сбоку, в) – вид сверху:

- 1 – корпус; 2 – опорно-поворотное устройство; 3 – портал; 4 – зубчатый венец;
 5 – шестеренки; 7 – перемешивающие лопатки; 8 – центральный вал; 9 – цилиндрическая пластина; 10 – подшипниковые корпуса; 11 – шестерня; 12 – зубчатая рейка; 13 – ходовые тележки; 14 – рельсовые пути; 15 – цепь; 16 – звездочка;
 17 – муфта; 18 – электродвигатель; 19 – шибер; 20 – выгрузочное окно

Устройство работает следующим образом. Во внутреннее пространство корпуса 1 устройства загружается щепа со связующими и водой.

Включается электродвигатель 18, от которого вращение передается на звездочку 16, которая за счет цепи 15 перемещает портал либо в один конец корпуса, либо – в другой.

За счет зубчатой рейки 12 приходит во вращение центральный вал 8, приводя во вращение пластину 9, на которой размещены подшипниковые корпуса 10 с перемешивающими лопатками 7, так как шестеренки 5 перекачываются по зубчатому венцу 4, они приводят во вращение валы 6 и перемешивающие лопатки 7.

При этом происходит перемешивание за счет вращения перемешивающих лопаток 7 относительно своих осей, а также за счет перемещения вместе с порталом 3, а это сказывается на ее качестве перемешивания.

После завершения перемешивания смеси открывается шибер 19, и она удаляется через выгрузочное окно 20 наружу.

Вывод. Предлагаемая конструкция устройства обеспечивает высокое качество перемешивания смеси при производстве арболита за счет объемного перемешивания древесных частиц со связующими материалами, что приводит к повышению качества продукции, а именно арболита.

Литература

1. Справочник по производству и применению арболита / П. И. Крутов, И. Х. Наназашвили, Н. И. Склизов и др.; под ред. И. Х. Наназашвили. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.
2. Хараташвили, И. А. Прогрессивные строительные материалы / И. А. Хараташвили, И. Х. Наназашвили. – М.: Стройиздат, 1987. – 232 с.
3. Применение арболита / А. Н. Чемоданов, Ю. А. Горинов, Р. Г. Сафин и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 3. – С. 43-54.

УДК 630.43+630.432

Порубов А. В.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

ПОЖАРНЫЙ ГРУНТОМЕТ

Аннотация. *Предложена конструкция пожарного грунтомета для тушения лесных пожаров с помощью создания (прокладки) минерализованных полос и запылки крошки движущегося огня грунтом (низовые пожары).*

Ключевые слова: *пожарный грунтомет, минерализованные полосы, огонь, низовой пожар.*

Грунтомет – это самодвижущаяся (тракторная) либо движущаяся за счет тяги оператора машина, предназначенная для тушения лесных пожаров с помощью создания (прокладки) минерализованных полос и засыпки кромки движущегося огня грунтом (низовые пожары) [1, 2, 3].

Наиболее широко известны способы борьбы, основанные на использовании воды (растворов химикатов, пуске встречного огня (отжига) и прокладывании заградительных полос). В практике борьбы с лесными пожарами также широко распространен способ создания минерализованных полос и засыпки кромки пожара грунтом с помощью лопат. Грунт был и остается одним из наиболее эффективных огнетушащих средств. Использование грунта для непосредственной борьбы с лесными пожарами путем метания его специальными грунтометами представляет большую перспективу, так как в древостоях наиболее горимых типов леса, произрастающих на сухих почвах, в равнинных условиях всегда в непосредственной близости от кромки огня грунт имеется в неограниченном количестве.

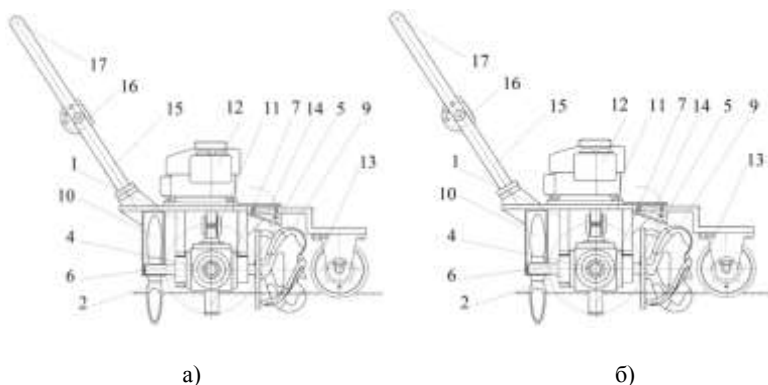
Целью работы является разработка конструкции устройства для прокладки противопожарных минерализованных полос и тушения низовых лесных пожаров грунтом, особенно в безводных массивах с целью увеличения производительности и повышения эффективности работы.

По данной теме были проведены патентные и литературные поиски подобных конструкций [1].

Решение задачи. Нами была предложена конструкция пожарного грунтомета, представленного на рисунке.

Предполагаемое устройство состоит из рамы 1 внизу которой смонтирован конический редуктор 2 с четырьмя выходными валами 3,4,5,6 (рисунк).

При этом на двух из них 3 и 4 установлены фрезы-рыхлители 7 и 8 в продольном направлении, на третьем 5 валу установлена отвальная фреза 9, а на четвертом валу 6 – фреза-метатель 10, Редуктор 2 соединен посредством муфты 11 с силовой установкой 12, размещенной в верхней части рамы. Спереди рамы установлено колесо 13 в ограничителе хода 14 с возможностью изменения положения в вертикальной плоскости, при этом сзади корпус соединен с силовым упором 15 П-образной формы, на боковых стойках которого установлены регулировочные узлы 16, связанные с поперечиной 17, имеющей возможность изменять свое положение в вертикальной плоскости.



Пожарный грунтомет:

а) общий вид (сбоку транспортное положение б) общий вид грунтомета (вид сбоку в рабочем положении:

1 – рама; 2 – конический редуктор; 3, 4, 5, 6 – выходные валы; 7, 8 – фрезы-рыхлители; 9 – отвальная фреза; 10 – фреза-метатель; 11 – соединительная муфта; 12 – силовая установка; 13 – колесо; 14 – ограничитель хода; 15 – силовой упор; 16 – регулировочные узлы; 17 – поперечина

Устройство работает следующим образом. Перед началом работы из транспортного положения (рис. а) необходимо перевести агрегат в рабочее положение. При этом в ограничителе хода 14 вилку колеса 13 необходимо установить в верхнее положение и зафиксировать. Затем корпус повернуть в горизонтальное положение (рис. б).

После включения силовой установки 12 приводятся в действие соответственно фрезы рыхлители 7 и 8, а впереди – отвальная фреза 9. При этом происходит разрыхление почвы, а также за счет фрез рыхлителей 7 и 8 перемещение установки вперед.

При поступательном движении агрегата следом идущая фреза-метатель 10 захватывает и отбрасывает разрыхленный грунт в сторону с целью образования минерализованной противопожарной полосы.

Вывод. Таким образом, предлагаемая конструкция пожарного грунтомета увеличивает не только поступательную скорость агрегата и его производительность, но и повышает эффективность работы, накрывая грунтом кромку огня.

Литература

1. Николаева, В. Л. Лесопожарный грунтомет / В. Л. Николаева // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XV междунар. молодежн. научн. конф.

по естественнауч. и техн. дисц.: в 2 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2020. – С. 168-171.

2. <https://protivpozhara.com/tipologija/prirodnaye/tushenie-lesnyx-pozharov> (дата обращения 03.04.2021).

3. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gruntomet-dlya-tusheniya-lesnyh-pozharov-naznachenie-i-harakteristika> (дата обращения 03.04.2021).

УДК 539.376

Татаринов Д. С.

Научные руководители: Царев Е. М., д-р техн. наук, профессор;

Анисимов С. Е., канд. техн. наук, доцент;

Рукомойников К. П., д-р техн. наук, профессор

Поволжский государственный технологический университет

КОНСТРУКЦИЯ ХАРВЕСТЕРНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ОКОРЕННЫХ СОРТИМЕНТОВ

Аннотация. *Представлена конструкция харвестерной головки для выработки окоренных сортиментов.*

Ключевые слова: *валка, раскряжевка, обрезка сучьев, окорка, коросниматели, сучкорезные ножи.*

Конструкция относится к лесной промышленности, в частности к технологии выполнения лесосечных работ и может быть использована при лесосплаве.

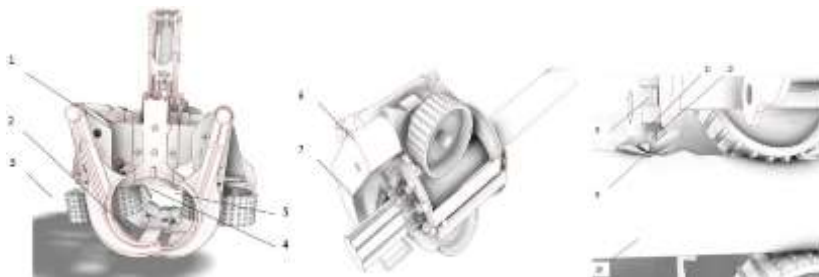
В данной статье по заявленной теме при разработке конструкции харвестерной головки с выработкой окоренных сортиментов был произведен обзор подобных конструкций в патентной и научно-технической литературе.

Наиболее близким по технической сущности является устройство (патент RU № 2676139), состоящее из корпуса, на котором смонтирован пильный механизм, сучкорезные ножи, прикрепленные к корпусу посредством осей, и протаскивающий механизм, выполненный в виде поворотных вальцов; в нижней части корпуса закреплено окорочное устройство в виде статора, внутри которого расположен ротор с шарнирно закрепленными короснимателями, связанными через коромысло с прижимными пружинами, а сам ротор посредством ременной передачи соединен с гидромотором, при этом статор смонтирован на корпусе с возможностью поворота параллельно плоскости движения пильного механизма [1].

Основным недостатком известного устройства является то, что подобная конструкция не обеспечивает достаточного ударного воздействия ножа на сучья.

Технический результат достигается тем, что одновременно с операцией обрезки сучьев осуществляется снятие коры с бревен продольными полосами по всей длине хлыста.

Предлагаемая конструкция харвестерной головки для выработки окоренных сортиментов представлена на рисунке [2].



Конструкция харвестерной головки:

- 1 – корпус; 2 – подвижные захваты; 3 – протаскивающие вальцы; 4 – неподвижный сучкорезный нож; 5 – подвижные сучкорезные ножи; 6 – защитный кожух; 7 – пильный механизм; 8 – подпружиненные оси; 9 – направляющие лезвия; 10 – ствол дерева; 11 – пружины; 12 – коросниматели

Механизм для заготовки сортиментов включает в себя корпус 1, на котором смонтированы подвижные захваты 2 для захвата ствола дерева; протаскивающий механизм, выполненный в виде протаскивающих вальцов 3 и механизм отмера длин сортиментов. В верхней части корпуса установлен условно неподвижный сучкорезный нож 4 и подвижные сучкорезные ножи 5, а в нижней части под защитным кожухом 6 – пильный механизм 7.

В нижних частях захватов и корпуса механизма на подпружиненных осях 8 параллельных плоскости пропила установлены направляющие лезвия 9 с возможностью обхвата ими ствола дерева с образованием замкнутой фигуры по его периметру в процессе захвата ствола 10 рабочим органом, свободного продольного движения осей в направлениях перпендикулярных оси ствола за счет усилия, создаваемого в процессе прижима направляющих лезвий к стволу, и возврата в первоначальное положение посредством пружин 11 в момент снятия нагрузки. Коросниматели 12 навешены на осях между пружинами и направляющими лезвиями.

Устройство работает следующим образом. Оператор наводит механизм на растущее дерево, производит захват, спиливание, валку дерева. При захвате ствола направляющие лезвия образуют замкнутую фигуру по его периметру ствола. Оси направляющих лезвий перемещаются, сжимаемая пружины в направлениях перпендикулярных оси ствола за счет усилия, создаваемого в процессе прижима направляющих лезвий к стволу. Коросниматели копируют движение направляющих лезвий, и ствол обрабатываемого дерева оказывается внутри контура, образованного короснимателями. При перемещении ствола протаскивающими вальцами контуры, образованные сучкорезными ножами и короснимателями, осуществляются возвратно-поступательные перемещения осей направляющих лезвий при копировании ими неровностей ствола дерева. Перемещение ствола сопровождается очисткой сучкорезными ножами поваленного дерева от сучьев и снятием полос коры дерева короснимателями. При достижении необходимой длины сортамента включается пильный механизм, осуществляющий раскряжевку. Таким же образом обрабатывают и последующие сортаменты. При завершении обработки дерева захваты механизма разжимают ствол, нагрузка исчезает, пружины разжимаются и осуществляется возврат направляющих лезвий и короснимателей в первоначальное положение [2].

Вывод. Таким образом, конструкция валочно-сучкорезно-раскряжевой головки производит захват, спиливание, валку дерева, обрезку сучьев, раскряжевку на сортаменты и грубую окорку бревен (пролыску) продольными полосами по всей длине обрабатываемого хлыста без дополнительного привода окорочного механизма, что позволяет повысить производительность при получении грубо окоренных сортаментов.

Литература

1. Пат. 2676139. Способ выработки окоренных сортаментов и рабочий орган для его осуществления. Российская Федерация, МПК A01G23/095, B27L 1/00. Заявитель и патентообладатель Поволжский государственный технологический университет. / Царев Е. М., Анисимов С. Е., Рукомойников К. П., Коновалова Ю. А., Ведерников С. В., Заболотский В. М., Анисимов Н. С., Анисимов И. С. – № 2017145977; заявл. 26.12.2017; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 36. – 6 с.: ил.
2. Пат. 2741108. Способ заготовки сортаментов и конструкция механизма для его осуществления. Российская Федерация, МПК A01G 23/08. Заявитель и патентообладатель Поволжский государственный технологический университет / Рукомойников К. П., Царев Е. М., Анисимов С. Е., Купцова В. О., Кривов Р. Н., Татаринов Д. С., Капитонова Ю. А. – № 2019123401; заявл. 25.07.2019; опубл. 22.01.2021, Бюл. №36. – 9 с.: ил.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абдуллин Т. Р., *II*, 61
Аверьянова А. А., *II*, 63
Алексанов С. О., *II*, 41
Алибеков С. Я., *II*, 30
Анисимов И. С., *II*, 236
Анисимов Н. С., *II*, 236
Анисимов П. Н., *II*, 65
Ахметгалиев И. Ф., *II*, 67
Аюпов Р. Р., *II*, 150
- Бородина Е. А., *II*, 58
- Васина А. Ю., *II*, 70
Виноградов Д. В., *II*, 41
- Гаврилов Н. А., *II*, 180
Гаирбекова А. Р., *II*, 72
Гаймин С. Н., *II*, 207
Галанина А. Е., *II*, 74
Гапоненко С. О., *II*, 77, 97, 143, 154, 172, 177
Гарнышова Е. В., *II*, 80
Гатауллина И. М., *II*, 83, 85
Гаязова З. И., *II*, 87
Гилязетдинов Н. Р., *II*, 90
Градобаев Р. А., *II*, 5, 42, 51
Губин Н. А., *II*, 7, 9
- Даутов Р. Р., *II*, 92
Девлохова Ш. М., *II*, 210
Демченко П. Д., *II*, 12, 15
Дерягина М. С., *II*, 213
Довыденков В. А., *II*, 23
- Емельяненко П. А., *II*, 95
- Жураев А. А., *II*, 183
- Загретдинов А. Р., *II*, 97
Зверева О. С., *II*, 23
- Иванов Д. В., *II*, 100
Иванова А. В., *II*, 239
Ившин Р. В., *II*, 103
Измайлова Е. В., *II*, 80
Исаева Е. А., *II*, 105
Исанбаев Р. Х., *II*, 74
Исмагилова Г. И., *II*, 108
- Кабатьева А. Ю., *II*, 113
Кабиров Д. Р., *II*, 114
Казекина О. Н., *II*, 18
Камальтдинов А. М., *II*, 229
Канарский А. В., *II*, 217
Капитонова Ю. А., *II*, 242
Кариева Л. И., *II*, 90
Касимов В. А., *II*, 186, 188
Киселев Н. В., *II*, 20
Клюкин И. И., *II*, 117
Кобылина Е. В., *II*, 23
Кондратьев А. Е., *II*, 177
Конкин Н. А., *II*, 191
Конюхова О. М., *II*, 213
Косилов А. Г., *II*, 220
Крашенинникова Н. Г., *II*, 7, 56
Курочкина К. Ю., *II*, 119, 122
- Лазарева А. В., *II*, 186, 188
Лаптев С. Н., *II*, 26, 28
Лежнин Р. А., *II*, 30
Лобанов Н. А., *II*, 33
- Макуева Д. А., *II*, 125
Мамаева А. Ю., *II*, 214
Мамаева Е. В., *II*, 127
Мамбетова Д. Р., *II*, 129
Мартыненко А. А., *II*, 220

Медяков А. А., *II*, 95, 127, 131
Миронова А. Д., *II*, 131
Мочалова Д. А., *II*, 35
Мукатдаров А. А., *II*, 133
Мустафина Г. Р., *II*, 136, 138
Мухаматгалиев Л. И., *II*, 141

Нуретдинов Р. Ш., *II*, 143

Павлов Е. В., *II*, 194
Павлов Я. С., *II*, 196
Пасова А. Д., *II*, 191
Патерюхин И. С., *II*, 38
Петрова Е. А., *II*, 186, 188
Петухова Д. В., *II*, 33, 41
Пидалин С. А., *II*, 42
Попов В. С., *II*, 199
Попова М. А., *II*, 245
Порубов А. В., *II*, 247
Прохоренко В. Л., *II*, 45

Разинская О. И.,
Рассади́на М. И., *II*, 48
Рудич А. П., *II*, 145

Сабирова Л. Р., *II*, 148
Савко Д. О., *II*, 150
Сафин М. А., *II*, 70
Светлаков Д. Г., *II*, 51
Семёнов М. А., *II*, 223

Сергеева Д. В., *II*, 152
Смирнов В. В., *II*, 231
Смирнова А. А., *II*, 54
Степанов А. А., *II*, 233
Стрельников А. А., *II*, 201
Сулейманов Н. Д., *II*, 226

Тазитдинов Р. Р., *II*, 154
Татаринов Д. С., *II*, 250
Тимершин А. Р., *II*, 157
Тимофеева Е. А., *II*, 56
Тошбоев Н. Н., *II*, 204
Туркунов Р. Н., *II*, 159, 162

Улитина А. В., *II*, 226

Федотова А. О., *II*, 165

Хакимуллин Б. Р., *II*, 167, 169

Чанчина В. Е., *II*, 172
Черепанова А. А., *II*, 217
Черных Л. В., *II*, 229, 231, 233
Черных Ю. А., *II*, 58
Чикунова Е. В., *II*, 80
Чучалов А. А., *II*, 175

Шайхутдинов Я. О., *II*, 125
Шакурова Р. З., *II*, 177
Шейкина О. В., *II*, 207, 214, 217

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Материаловедение и технология машиностроения»	5
Секция «Энергообеспечение предприятий»	61
Секция «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы и технологии»	180
Секция «Биология и рациональное природопользование»	207
Секция «Лесовосстановление и лесоразведение»	220
Секция «Лесоуправление и лесоустройство»	229
Секция «Технология и оборудование лесопромышленных и деревообрабатывающих производств»	236
<i>Авторский указатель</i>	253

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

*Материалы
XVI Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам*

В 3 частях

Часть 2

Отв. за выпуск Э. В. Унженина

Компьютерная верстка Э. В. Унжениной

Подписано в печать 06.08.21. Формат 60х84^{1/16}

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 14,88. Тираж 55 экз. Заказ №11650

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Принтекс»
Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, б-р Победы, д. 14