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
XIV международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 19-20 апреля 2019 года

Часть 2

Йошкар-Ола
ПГТУ
2019

УДК 378.147.88
ББК 74.58
Н 34

Редакционная коллегия
Д. В. Иванов, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук; профессор;
С. Г. Кудрявцев, канд. техн. наук, доцент;
Э. В. Унженина, специалист по учебно-методической работе ЦФО;
В. Е. Шебашев, канд. техн. наук, профессор

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIV
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 19-20 апреля 2019 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019. – Ч. 2. – 208 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Метрология, стандартизация, сертификация», «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий».

УДК 378.147.88
ББК 74.58

Научное издание
НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ
Материалы XIV Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам в 4 частях
Часть 2
Компьютерная верстка *Э. В. Унжениной*
Отв. за выпуск *Э.В. Унженина*
Подписано в печать .07.19. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,09. Тираж 100 экз. Заказ №
Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Вертола»
424030, Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Льва Толстого, д. 45.

ISSN 2415-7996

© Поволжский государственный технологический университет, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Новые технологии и подходы к организации производства на основе широкого использования последних достижений науки и техники предъявляют сегодня высокие требования к уровню подготовки инженерно-технических кадров. Подготовка в вузах квалифицированных специалистов, способных быстро воспринимать и аккумулировать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии, эффективно их внедрять в промышленное производство, может быть на практике реализована на основе совмещения инновационных технологий в образовании с интенсивной научно-исследовательской деятельностью обучаемых. Поэтому привлечение обучающихся к научно-исследовательской работе, которая требует повседневного напряженного труда, мобилизации интеллектуальных и нравственных сил, позволит сформировать у них определенный набор компетенций для дальнейшей практической деятельности.

Акцент при совместной работе преподавателя и студентов, необходимо переносить на самостоятельную творческую работу обучающихся, направленную на решение конкретных научных задач или доведение до практического применения научных или технологических достижений, что является основой для формирования у них нестандартного мышления, инновационной культуры, позволит минимизировать рассогласование между образовательной подготовкой и реальными требованиями современного производства.

XIV Международная молодежная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам, которая прошла 19-20 апреля 2019 года на базе Центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета, и была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, полноценному, гармоничному ее развитию и воспитанию, формированию у нее инновационной культуры, развитию творческих компетенций.

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

Работа конференции была организована в 21 секции, на которых было заслушано около 400 докладов. Названия секций соответствовали при-

оритетным направлениям деятельности научных школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

Работа конференции позволила:

– оценить уровень подготовки молодых исследователей с позиций их общего образовательного уровня, технической грамотности, инженерного мышления;

– провести независимую, объективную экспертизу работ, выполненных представителями разных научных школ;

– выявить и отметить наиболее одаренных, креативных участников с целью их мотивации, стимулирования для дальнейшего творческого роста и подготовки резерва научно-педагогических и научных кадров;

– привлечь внимание представителей промышленности и бизнеса к научно-техническим разработкам молодежи.

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

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 4 частях. В данной части представлены секции: «Секция «Метрология, стандартизация, сертификация»», «Материаловедение и технология машиностроения», «Энергообеспечение предприятий».

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 для публикации и кто помогал готовить их к публикации.

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

Проведение XX конференции по традиционной тематике аналогично планируется на апрель 2020 года. До новых встреч.

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

Секция «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ»

УДК 685.51

Вестимая Л. А.
Научный руководитель: Вавилин Я. А., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

ЭЛЕМЕНТЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы внедрения элементов бережливого производства в условиях функционирования системы менеджмента качества.*

Ключевые слова: *качество, бережливое производство, система.*

Высокий уровень организации производства в настоящее время является основой успеха. Применение различных систем менеджмента в организации является нецелесообразным по нескольким причинам, таким, как перерасход ресурсов, в том числе и человеческих, увеличенная нагрузка на сотрудников и руководителей. Не является исключением проблема совместного применения системы менеджмента качества (СМК), соответствующей требованиям ISO 9001, и системы менеджмента бережливого производства (СМБП), соответствующая требованиям ГОСТ Р 56404-2015.

Целью применения СМК является достижение качества и результативности, в бережливом производстве на первый план выступают устранение потерь и повышение эффективности. Интеграция систем менеджмента качества и бережливого производства способствует устойчивому развитию.

Одним из ключевых аспектов неудач во внедрении СМК является отсутствие формализованного алгоритма оценки эффективности, что, в свою очередь, не позволяет реализовать в полном объеме постоянное улучшение. Японский подход к постоянному улучшению реализован в концепции «Кайдзен», которая лежит в основе бережливого производства. Основная идея состоит в постоянном стремлении исключить любые виды издержек. Бережливое производство – это концепция, предпо-

лагающая вовлечение в процедуру оптимизации каждого сотрудника. Такая схема направлена на максимальное ориентирование в сторону потребителя.

Применение инструментов бережливого производства ориентировано, в первую очередь, на повышение качества работы. Его следует оценивать на всех уровнях, а полученные результаты должны получать все сотрудники. На предприятии должны быть разработаны четкие инструкции и правила для каждой группы специалистов. При этом необходимо обеспечить их тесную взаимосвязь и взаимопомощь. Необходимо научить персонал в короткий срок выявлять производственные ошибки и так же быстро их исправлять. Для привлечения всех сотрудников к реализации концепции следует разработать определенные стандарты ключевых параметров качества. Основной задачей руководства предприятия, стремящегося к повышению качества продукции через снижение потерь, выступает создание четко проработанной схемы действий. Разработка инструкций и правил должна обеспечивать формирование целостной системы, повышение мотивации персонала. Они должны иметь логическую связь друг с другом [1-4].

Нельзя принимать программы по улучшениям на короткий срок и не заниматься проектами, которые могут дать лишь краткосрочные результаты. Необходимо производить постоянные улучшения, ориентироваться и сосредоточиться на процессе. Технологии бережливого производства позволяют компаниям достичь необходимых результатов в развитии и непрерывно производить мониторинг функционирования СМК.

Согласно ГОСТ Р 57522-2017 «Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства» потенциальными преимуществами от интеграции СМК и СМБП являются способность стабильно предоставлять продукцию и услуги, удовлетворяющие требованиям потребителей; создание возможностей для повышения эффективности бизнеса; снижение уровня рисков организации в целом.

Порядок внедрения элементов бережливого производства в действующую СМК:

– планирование работ (сбор и анализ фактических данных, в том числе и нормативных документов по производственным процессам выпуска продукции. Формирование группы по разработке и внедрению элементов бережливого производства. Составление графика работ);

– проектирование элементов (Проведение тренинга по основам деятельности в области бережливого производства, а также разъяснение персоналу важности и целесообразности работ. Документирование. Итоговый отчёт);

– внедрение элементов;

– проверка соответствия разработанных элементов;

– корректирующие и предупреждающие действия.

Многие из этих подходов и инструментов могут использоваться и по отдельности, но в концепции бережливого производства их сочетание дает более существенные результаты. Комбинация методик, инструментов и подходов поддерживает и усиливает друг друга, за счет этого сама система бережливого производства становится более гибкой [1-3]. Внедрение инструментов бережливого производства стоит начинать с программы 5S (метод организации рабочего пространства, целью которого является создание оптимальных условий для выполнения операций, поддержания порядка, чистоты, аккуратности, экономии времени и энергии), как наиболее понятной для исполнителей.

Итогом деятельности интегрированной системы организации является обеспечение выходного потока продукции потребителям, который характеризуется тремя основными параметрами: качество, стоимость, время поставки. Совокупное применение подходов менеджмента качества и бережливого производства позволяет разработать в рамках организации полную группу показателей, характеризующих выходной поток продукции, и осуществлять управление для достижения наилучшего результата.

Литература

1. Глущенко, В. В. Развитие философии бережливого высшего образования / В. В. Глущенко, И. И. Глущенко // Экономика, предпринимательство и право. – 2017. – №1. Т 2. – С. 73-89.

2. Волкова, И. А. Повышение качества образования на основе применения бережливых технологий / И. А. Волкова // Новые технологии оценки качества образования: сборник материалов XI Форума экспертов в сфере профессионального образования. – М: Гильдия экспертов в сфере профессионального образования, 2016. – С. 219-225.

3. Волкова, И. А. Отраслевые особенности внедрения системы бережливости / И. А. Волкова // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2016. – Август. № 3(36). – С. 21-25.

4. Вавилин, Я. А. Технологии бережливого производства / Я. А. Вавилин // Уральский научный вестник. – 2018. – №1. Т. 11. – С. 36-38.

УДК 664.1

Власов П. С., Иванова Ю. В.
Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ МАРКИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ САХАРА

Аннотация. *Представлены результаты аналитических исследований о развитии заболеваний, связанных с применением продуктов, содержащих высокий процент сахара. Установлено, что наблюдается рост больных сахарным диабетом и ожирением. Этому способствует, отсутствие четких требований содержания сахара в продуктах ТР ТС 022/2011 и недостоверная информация, указываемая изготовителями при маркировании продукции.*

Ключевые слова: *содержание сахара, маркирование пищевых продуктов.*

Пища является необходимой составляющей нормальной жизнедеятельности человека. Все продукты питания имеют разную пищевую и энергетическую ценность, а также разную степень пользы для здоровья, которую они потенциально могут принести. Сахар – это важнейший пищевой продукт, относящийся к углеводам, который считается ценным питательным веществом, обеспечивающим организм необходимой энергией. При этом сахароза, в отличие от крахмала, быстро расщепляется в пищеварительном тракте на глюкозу и фруктозу, которые затем поступают в кровоток. В организме человека и животных глюкоза является основным и наиболее универсальным источником энергии для обеспечения метаболических процессов.

Помимо положительных свойств, сахар является довольно опасным продуктом, при повышенном потреблении могут возникнуть проблемы с зубами и возможно развитие диабета. И одна из самых главных проблем человечества, по данным Всемирной организации здравоохранения, – ожирение. За счёт высокой калорийности продуктов с большим количеством сахара и отсутствием физической нагрузки в организме, возникает дисбаланс потребляемой и расходуемой энергии. Ожирение и диабет могут иметь серьёзные последствия для здоровья с ухудшением качества жизни человека и сокращения его жизни.

Официальная статистика заболеваемости сахарным диабетом и ожирением в России до 2016 г., представленная в таблицах 1 и 2, свидетельствует о количестве заболеваний. Угрожающе выглядит рост числа заболевших сахарным диабетом, если у взрослого населения за период с

2010 по 2016 годы количество выросло в 1,4 раза, то заболевших детей стало больше практически в 2 раза. Несколько меньше по численности больных ожирением, но рост заболевших увеличился в обеих группах – в 1,6 раза.

Таблица 1. Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням

Вид заболевания	Зарегистрировано заболеваний у пациентов – всего			в т. ч. с диагнозом, установленным впервые в жизни		
	2010	2015	2016	2010	2015	2016
	Всего, тыс. человек					
Сахарный диабет	3378,0	4418,3	4610,8	323,9	352,2	339,4
Ожирение	1161,7	1726,9	1825,4	228,5	461,0	464,9
	На 100 000 человек населения					
Сахарный диабет	2364,7	3017,8	3143,6	226,8	240,6	231,4
Ожирение	813,2	1179,5	1244,5	160,0	314,8	317,0

Таблица 2. Заболеваемость детей в возрасте 0-14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни

Вид заболевания	Зарегистрировано заболеваний					
	2005	2010	2013	2014	2015	2016
	Всего, тыс. человек					
Сахарный диабет	2,7	3,1	3,9	4,5	4,7	5,3
Ожирение	55,8	69,2	83,7	87,0	93,2	91,8
	На 100 000 детей в возрасте 0-14 лет					
Сахарный диабет	12,7	14,4	17,0	18,8	19,2	20,8
Ожирение	255,9	319,2	362,3	361,4	377,5	363,3

Зачастую сахар в продуктах питания не маркируется отдельно, он включён в группу углеводов, в пищевой ценности продукта, но туда входит большое количество других углеводов, в том числе сложных, и неизвестно, какова массовая доля или процентное соотношение сахара на 100 грамм продукта. На этикетках или упаковках некоторых продуктов указано, что они «без сахара», но на самом деле массовая доля сахара может быть очень высокой. Технический регламент Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» содержит сведения о том, что состав продукта перечисляется в порядке убывания массовой доли каждого компонента, но, если данного компонента 2% или менее, то его можно указывать в любом порядке [1].

Таблица 3

Продукт	Наличие сахара в составе, его место по порядку	Количество углеводов (включая сахар), г.	Процент содержания сахара	Надпись «без сахара»
Нектар яблочно-виноградный (А)	Указан, № 3	14 из них 14 сахара	14%	-
Сок яблочный (А)	Не указан	11 из них 11 сахара	11%	+
Виноградный сок(Б)	Не указан	11	-	-
Сок яблочно-виноградный (В)	Не указан	11,5	-	+
Сок яблочный (Г)	Не указан	10	-	
Сок яблочный для детского питания(Д)	Не указан	Не указано	-	+
Печенье с суфле, покрытое глазурью	Указан 4	67,2 из них 37,3 сахара	37,3%	-
Зефир с ароматом ванили (И)	Указан 1	80,4	-	-
Зефир (Й)	Указан 1	80	-	-
Экозефир (К)	Указан 1	81	-	-
Томатная паста (М)	Указан 3	26,2	-	-
Томатная паста (Н)	Не указан	20	-	-
Каша овсяная, не требующая варки(Р)	Указан 2	67 из них 22 сахара	22%	-

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о наличии неполной информации о содержании сахара, при этом если он указан на первых позициях в составе, то это говорит о высокой доле его содержания в продукте от 10% и порой до 37,5%.

К сожалению, большая часть надписей в части состава продукта или количества углеводов напечатана таким образом, что при плохом уровне зрения человек не сможет точно узнать те или иные интересующие его данные.

Литература

1. Технический регламент Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

УДК 005.6:625.748.54

Емельяненкова А. Е., Токмолаева Н. Ю.
Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УСЛУГ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Аннотация. *Установлено 10 групп показателей качества работы автозаправочных станций, содержащих 33 показателя. Установлено, что практически все АЗС соответствуют требованиям имеющейся нормативной документации и отличаются применяемым оборудованием, наличием или отсутствием вспомогательных и очень важных для автомобилистов услуг автосервиса (шиномонтаж, подкачка шин и т. д.), отсутствием заправщиков топлива в бак и т. д.*

Ключевые слова: *автозаправочные станции (АЗС), показатели качества, услуги АЗС.*

Автозаправочная станция (АЗС) представляет собой комплекс зданий, сооружений и оборудования, ограниченный участком площадки и предназначенный для заправки транспортных средств (кроме гусеничного транспорта) моторным топливом и маслом.

На АЗС организуется продажа масел, консистентных смазок, запасных частей, принадлежностей к автомобилям и другим транспортным средствам, прием от владельцев индивидуального транспорта отработанных масел и мелкой тары из-под нефтепродуктов, техническое обслуживание, а также оказание сервисных услуг по обслуживанию автотранспорта. Спрос на топливо имеет постоянный характер, лишь немного колеблясь в объемах, что связано с сезонностью и особенностями производства фирм-покупателей. Это объясняется тем, что потребность в топливной продукции достаточно устойчива и постоянна, поскольку всем людям изо дня в день нужно ездить на учёбу, работу, на дачу и в другие места. Количество автотранспорта в городе с каждым днём всё больше и больше, а это говорит о том, что рынок потребителей топлива растёт и потенциальных клиентов становится больше.

В настоящее время отсутствуют проблемы с наличием топлива, но насколько оно качественное, оценить бывает достаточно сложно.

На основе проведенных аналитических исследований имеющейся документации и, в частности, СП 156.13130.2014 [1], НПБ 111-98 [2], РД 153-39.2-080-01 [3] и других, установлены 10 групп показателей качества, включающих требования к:

– месту расположения заправки (подъездные пути и съезды на автомагистрали; территория, не занятая сооружениями; размер участка АЗС земли должен согласовываться и т. д.);

– производственным помещениям и зонам для бытовых нужд (требования рабочих помещений; помещения для сотрудников);

– микроклимату сооружений АЗС: требования (помещения АЗС должны быть обустроены вентиляцией и отоплением);

– нефтепродуктам и правилам их хранения (производные нефти должны храниться в металлорезервуарах и т. д.);

– охране окружающей среды (колонки должны быть защищены от осадков; соблюдение способа заправки);

– требованиям к реализуемой продукции (должны быть сертификаты, паспорт);

– требованиям к сооружению в зоне заправки (наличие центров сервисного обслуживания автомашин);

– некоторым требованиям к оборудованию АЗС;

– требованиям к персоналу (работники АЗС должны чётко знать свои действия на момент возгорания);

– средствам тушения пожара: основные требования (наличие систем пожаротушения стационарного типа).

В представленных группах установлено 33 показателя.

Проведены проверки 18 наиболее известных автозаправочных станций: Бекар, Ирбис, ЛУКОЙЛ, Татнефть и Shell.

Для примера рассмотрена группа показателей Требования к месту расположения заправки в таблице.

Результат опроса к требованиям расположения заправки

Наименование объекта	№ АЗС	1. Требования к месту расположения заправки (показатели)	
		1.1 Подъездные пути и съезды на автомагистраль не должны иметь дефектов	1.2 Территория, не занятая сооружениями, должна озеленяться и поддерживаться в ухоженном и чистом виде
Лукойл	1	+	+
	2	+	+
	3	+	+

Окончание таблицы

Тат-нефть	1	+	+
	2	+	+
	3	+	+
	4	+	+
	5	+	+
	6	+	+
	7	+	+
Бекар	1	+	+
	2	+	+
	3	+	+
	4	+	+
Ирбис	1	+	+
	2	+	+
Шелл	1	+	+
	2	+	+

По результатам проверок установлено, что практически все АЗС соответствуют требованиям имеющейся нормативной документации и отличаются друг от друга лишь качеством используемого оборудования и предлагаемым сервисом.

Не все станции имеют вспомогательные, но очень важные для автомобилистов услуги автосервиса (шиномонтаж, подкачка шин и т. д.), отсутствуют заправщики, что особенно важно для автоледи. Ряд заправок не имеет туалетных комнат для посетителей.

Наибольшей популярностью пользуются заправочные станции, имеющие накопительные бонусные карты, скидочные карты на топливо и услуги, обслуживающий персонал, заливающий топливо в бак и т. д.

Литература

1. СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200110842.

2. НПБ 111-98 «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200000020.

3. РД 153-39.2-080-01 «Правила технической эксплуатации автозаправочных станций» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200026364.

4. https://biznesplan-primer.ru/obrazec/avtozapravka (дата обращения 24.03.2019 г).

УДК 573.6

Никифорова Д. И., Шамаева М. С.
Научный руководитель: Бакулина И. Р., канд. техн. наук, доцент.
Поволжский государственный технологический университет

РАЗВИТИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ БИОТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. *Рассматриваются этапы и направления развития стандартизации в биотехнологии.*

Ключевые слова: *биотехнология, стандартизация, области применения биотехнологий.*

Целью работы являлось получений знаний о стандартизации в биотехнологии.

Поставленные задачи: узнать о предмете биотехнологии; выявить области применения биотехнологии; проанализировать направления стандартизации в биотехнологии; проанализировать состояние и перспективы развития биотехнологии.

Корни биотехнологии уходят в далёкое прошлое и связаны, как правило, со способами приготовления пищи. Наукой биотехнология стала благодаря исследованиям и работам французского ученого, основоположника современной микробиологии и иммунологии Луи Пастера (1822-1895). В XX веке происходило бурное развитие молекулярной биологии и генетики с применением достижений химии и физики. Важнейшим направлением исследований явилась разработка методов культивирования клеток растений и животных [5].

Биотехнологии невозможно отнести к какой-либо определенной области производства. Они находят свое применение в различных отраслях промышленности, на них делается основная ставка при разработке технологий, направленных на охрану окружающей среды (производство биоразлагаемых материалов, очистка биодеградантами химических загрязнений и др.) [2]. Существуют разные классификации биотехнологий. Одной из наиболее распространенных в мире является так называемая «цветовая» классификация на основании области применения биотехнологий. В этой классификации выделяют: «белую» (промышленную), «красную» (медицинскую) и «зеленую» (сельскохозяйственную) биотехнологии (таблица).

«Цветовая» классификация на основании области применения биотехнологий

«Белая» биотехнология	«Зеленая» биотехнология	«Красная» биотехнология
• Морская биотехнология • Биоразлагаемая продукция • Биоэнергетика • «Зеленая» химия • Технологическое использование микроорганизмов • Биогеотехнология	• Молекулярная селекция растений и животных • Биотехнология почв и биоудобрения • Кормовой белок • Биологические средства защиты растений • Переработка с/х отходов • Лесная промышленность	• Лекарственные препараты • Биодженерики • Вакцины нового поколения • Биосовместимые материалы • Клеточные биотехнологии • Биочипы, биосенсоры

Наряду с перечисленными выделяются «серая» биотехнология, которая связана с природоохранной деятельностью, и «синяя» биотехнология, связанная с использованием морских организмов и сырьевых ресурсов. Стандарт по классификации биотехнологической продукции ГОСТ Р 57079-2016 «Биотехнологии. Классификация биотехнологической продукции» утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2016 года №1160-ст.

Стратегическим документом, определяющим политику Российской Федерации в биотехнологическом секторе экономики, является Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г. [1]. В соответствии с приказом Росстандарта от 14.04.2014 № 472 «О создании технического комитета (ТК) по стандартизации «Биотехнологии» был сформирован ТК № 326, областью деятельности которого является стандартизация сырья, полупродуктов и конечных продуктов из возобновляемого сырья, в том числе биоразлагаемых продуктов, биологических средств защиты растений, биологических удобрений, биологических препаратов для растениеводства, биологических добавок в корма животных и т. п. В рамках этого ТК ведется разработка новых ГОСТов в области биотехнологий [3].

В России также проводится работа по разработке нормативно-технической документации, содержащей методы определения биоразлагаемости различных материалов, требования к оборудованию в сфере биотехнологий, энергетике биоотходов, требования по биологической безопасности пищевых продуктов, по контролю биологических препаратов, по методам оценки продуктов, основанных на биоматериалах и

т. д. Разработано 69 национальных стандартов на твердое биотопливо на основе европейских стандартов EN [2].

Разработаны стандарты на продукцию и методы исследований в области биоразлагаемых материалов, а именно полимеров, предназначенных для производства упаковки. Например, ГОСТ 57432-2017 «Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала», ГОСТ 34281-2017 «Оксобиоразлагаемая упаковка. Метод оценки оксо-биодеградации полимерных пленок» и другие.

В Комплексной программе развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г. предусмотрена разработка нормативно-технической документации по таким областям, как биомедицина и лесная и природоохранная биотехнология [4].

Разрабатываются меры в области подготовки и развития научных и инженерно-технических кадров в сфере биотехнологий. В сфере образовательных стандартов по направлению биотехнологии также планируется разработка профессиональных и образовательных стандартов по биотехнологии, биоинженерии и постгеномным технологиям; разработка программ высшего специального, дополнительного образования и переподготовки кадров в области управления, коммерциализации, привлечения инвестиций в различных отраслях биоэкономики и др. [3].

Перспективы развития биотехнологий поражают воображение и часто вызывают страх у людей. Появляются новые направления, требующие разработки мероприятий, направленных на создание системы внедрения, сопровождения и освоения промышленных биотехнологий. Безусловно, работа в направлении стандартизации в областях биотехнологий постоянно продолжается и является важным показателем развития страны.

Литература

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года, утверждена Председателем Правительства РФ 24.04.2012 № 1853п-П8.

2. Стандартизация в области биотехнологий / Д. О. Скобелев, Е. Н. Веснина, И. А. Косорукова и др. // Стандарты и качество. – 2014. – №12. – С. 37-40.

3. Стратегическая программа исследований Технологической платформы БиоТех2030. Утверждена Решением Правления НТ НП «ТП БиоТех2030» (Протокол б/н от «22» апреля 2015 г.)

4. Цветкова, Е. М. Особенности стандартизации и сертификации «зеленой» биотехнологии [Текст] / Е. М. Цветкова, Е. Ю. Салдаева, В. И. Федюков // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. – 2015. – № 224. – С. 249-252.

5. https://students-library.com/library/read/52019-promyslennye-biotehnologii-pisevye-tehnologii.

УДК 669.893

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

ИЗМЕРЕНИЯ В ОБЛАСТИ НАНОЧАСТИЦ

Аннотация. *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме выбора методов измерений наночастиц. Всё больше открытий и усовершенствований происходит в связи с применением методов и средств измерения размеров наночастиц. Развитие нанотехнологий открывает огромный пласт возможностей в науке, технике, роботизированной технологии, а также в медицине.*

Ключевые слова: *наночастицы, электронная, просвечивающая, сканирующая и зондовая микроскопия, светорассеяние, малоугловое рассеяние, адсорбционный метод.*

Наночастицы – это мельчайшие частицы, размеры которых таковы, что позволяют проявляться квантовым эффектам или эффектам, недоступным классической физике. Поэтому вопросы измерения размеров наночастиц имеют важное значение для развития нанотехнологий в науке и производстве.

Данная отрасль является очень актуальной в настоящее время. Военные предприятия и центры по разработке в области медицины в первую очередь заинтересованы в этом и отдают предпочтение освоению данной области.

Основные особенности наночастиц:

– относительно маленькая масса;

– большая поверхностная площадь;

– быстрое рассеивание;

– образование агломератов.

Основные методы измерения наночастиц базируются на определении: массы, измеряется с помощью пьезобаланса и поверхностных акустических волн; электрического заряда, пропорционального площади поверхности частиц, как правило, определяется электронами; светового рассеяния от нанометровых частиц, используется в оптических и конденсационных счетчиках частиц.

Выбор методов и средств измерений зависит от требуемых задач. В таблице приведены наиболее часто применяемые методы определения размеров наночастиц для решения различных задач.

Задачи и методы определения размеров наночастиц

№	Решаемые задачи	Метод исследования	Явления и процессы, лежащие в основе метода
1	Исследование микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей	Электронная микроскопия	Анализ образцов с помощью пучка ускоренных электронов
2	Изучение внутреннего мира строения материала, наблюдение частиц включений размером 300…1000 нм	Просвечивающая электронная микроскопия	Просвечивание образца пучком электронов с определением размеров и внутренней структуры
3	Изучение морфологии и состава поверхности получением увеличенного изображения образца размеров частиц 50…80 нм и (или) изображений образца в различных сигналах	Сканирующая (растровая) электронная микроскопия	Сканирование поверхности образца пучком электронов с одновременной регистрацией вторичных электронов и получение объемного изображения
4	Получение трехмерного изображения поверхности образца дает информацию о топографии, а также электрических и механических свойствах образца	Сканирующая зондовая микроскопия	Анализ с помощью зондирования рельефа поверхности образца
5	Исследование поверхности проводящих веществ и материалов на атомном уровне трехмерным изображением поверхности позволяет создавать на поверхности вещества искусственные наноструктуры путем перемещения отдельных атомов	Сканирующая туннельная микроскопия	Анализ рельефа токопроводящих поверхностей фиксированием величины туннельного тока, возникающего между острием зонда и поверхностью образца
6	Анализ на атомном уровне структуры самых разных твердых материалов: стекла, керамики, пластиков, металлов, полупроводников	Атомно-силовая микроскопия	Анализ рельефа и механических свойств фиксацией величины Ван-дер-Вальсовых сил, возникающих между острием зонда и образцом

Окончание таблицы

7	Определение размера частиц от 500 до 8000 нм	Светорассеяние (метод статического рассеяния света)	Определение размера частиц по интенсивности рассеянного света
8	Позволяет определить форму и размер от 20 до 64 нм, фазовый состав, внутреннюю структуру, ориентацию и распределение	Малоугловое рассеяние	Оценка размера частиц по угловой зависимости интенсивности диффузного рассеяния (в области малых углов)
9	Основной задачей является нахождение площади поверхности пористого твёрдого тела размером частиц до 60 нм. Далее производится расчёт суммарной площади поверхности адсорбента любой формы и пористости	Адсорбционный метод (БЭТ)	Определение удельной поверхности (размера частиц) образца путём измерения величины низкотемпературной адсорбции инертных газов (азота)

Поскольку многие физические и химические свойства наночастиц, в отличие от объемных материалов, сильно зависят от их размера, в последние годы проявляется значительный интерес к методам измерения размеров наночастиц в растворах, вследствие этого необходима разработка комплекса методов анализа для измерения параметров наночастиц.

Литература

1. Крушенко, Г. Г. Проблемы определения размеров наночастиц / Г. Г. Крушенко, С. Н. Решетникова // Технологические процессы и материалы. Вестник СибГАУ. – 2011. – №2. – С. 167-170.

2. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Рempель. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.

3. Нанотехнологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mfina.ru/nanotexnologii/ (дата обращения 26.03.2019 год).

4. Нанотехнологии и области их применения. Справка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ria.ru/nano_spravka/20081203/156376525.html (дата обращения 27.03.2019 год).

5. Методы измерения размеров наночастиц. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.su/20_50605_metodi-izmereniya-razmerov-nanochastits.html (дата обращения 27.03.2019 год).

Секция «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

УДК 621.3

Алибеков С. Я.
Марийский государственный университет

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Аннотация. *Рассмотрены зависимость электроизоляционных свойств нефтяных масел от химического состава нефти и соотношения основных углеводородных составляющих масла и влияния смол и олефинов на электроизоляционные свойства в нефтяных маслах.*

Ключевые слова: *трансформаторное масло, электрическая изоляция, диэлектрические потери.*

Наиболее часто применяемыми жидкими диэлектриками являются нефтяные электроизоляционные масла. Жидкие диэлектрики обладают рядом преимуществ: у них примерно в три раза больше электрическая прочность и теплоемкость и в тридцать раз выше теплопроводность. Электрические свойства зависят от степени очистки. Даже небольшое содержание ионогенной примеси заметно ухудшает их электрические характеристики. Особенно сильно влияет нерастворимая полярная примесь – вода.

Нефтяное трансформаторное масло получило наиболее широкое применение в высоковольтных аппаратах; трансформаторах, масляных выключателях, высоковольтных вводах. Основными функциями трансформаторного масла являются повышение электрической изоляции волокнистой изоляции, повышение электрической прочности и улучшение теплоотвода, выделившегося за счет диэлектрических потерь в обмотках и в сердечнике трансформатора, а в масляных выключателях способствует еще и быстрому гашению электрической дуги.

Химический состав жидких диэлектриков обусловлен их происхождением и способом очистки. Практикой эксплуатации установлено, что электрические свойства зависят от происхождения и технологии получения и они различны. Установлено, что между химическим составом масел и их поведением в эксплуатации существует определенная зависимость. Трансформаторное масло состоит из углеводородных компо-

нентов: парафиновые, нафтеновые и ароматические. По составу все углеводороды состоят из углерода и водорода. Количество остальных компонентов незначительно: сера – 0,3%, кислород с азотом – 0,1%. Содержание элементов может колебаться в следующих пределах: углерода – 83-87%; водорода 11-14%, серы 0,1-5%; азота 0,01-5,5%, кислорода – 0,02-1,7% и небольшое количества смол.

Смолистые вещества по своей природе полярны и могут повышать диэлектрические потери, а это значит, что электроизоляционные свойства трансформаторных масел ухудшаются.

Углеводороды парафинового ряда обладают хорошей устойчивостью к окислению и температуре вспышки, но они повышают вязкость. Это обстоятельство ограничивает применение парафиновых углеводородов для получения изоляционных масел.

Нафтеновые углеводороды демонстрируют большую устойчивость в сравнении с парафиновыми.

Ароматические углеводороды в маслах встречаются двух типов: симметрического строения и ароматические углеводороды с длинными боковыми цепочками.

Симметричные окисляются трудно и поэтому являются ценными компонентами трансформаторного масла. Несимметричные с длинными цепочками легко окисляются. Из ароматических углеводородов обычно образуются шламы, но полностью избавиться от ароматических нельзя и не получается.

Олефиновые углеводороды также легко окисляются и взаимодействуют с другими веществами. Они самые нестабильные, поэтому от них необходимо избавляться полностью. Исходя из этого, можно сделать вывод, что самые лучшие сорта трансформаторного масла содержат 75-83% нафтеновых углеводородов. Если количество парафиновых углеводородов превышает 25-35%, то тогда масло называют парафиновым, обладающим высокой вязкостью и способностью к полимеризации.

Обычно количество ароматических углеводородов в трансформаторном масле содержится в пределах 12-30%, а олефиновые углеводороды не должны превышать 0,1%.

Известно, что температура вспышки паров трансформаторного масла составляет 135-140ºС.

Чем выше температура кипения нефтяной фракции, тем нефть богаче углеродом и беднее водородом. Рост температуры вспышки приводит к усложнению структуры молекул углеводорода.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что нарушения соотношения углеводородов парафиновых, нафтеновых и ароматических приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик нефтяных масел.

Наличие олефиновых углеводородов в трансформаторных маслах недопустимо, так как они быстро окисляются и образуют шламы, которые осаждаются на обмотках и уменьшают теплоотвод от них, в результате повышается температура, которая приводит к увеличению диэлектрических потерь и тепловому пробою трансформаторного масла.

Литература

1. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – М.: Высшая школа, 2004. – 519 с.

2. Тареев, Б. М. Физика диэлектрических материалов: учебное пособие для вузов / Б. М. Тареев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.

УДК 666.3

Алибеков С. Я., Лоскутова Н. Н.
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. *Статья посвящена получению конструкционного керамического материала и зависимости свойств и соотношения фаз. Значительное влияние на механические свойства оказывает газовая фаза.*

Ключевые слова: *керамические материалы, фазы, структура, зерна.*

В настоящее время спектр использования керамических материалов расширяется, и нет такой отрасли, где не используются керамика. Керамические материалы по назначению подразделяются на: строительные, бытовые, электротехнические, машиностроительные, медицинские и ядерные. Машиностроительная керамика делится на конструкционную и инструментальную, а свойства зависят от структуры и соотношения фаз.

Спеченный керамический материал представляют собой трехфазную структуру:

– кристаллической в виде зерен с видимыми межзеренными границами,

– аморфной в виде стеклофазы, располагающейся по границам кристаллических зерен;

– газовой в виде пор, причем поры могут быть как внутри кристаллических зерен, так и на их границах или в стеклофазе. Процентное содержание и размеры фаз колеблются в зависимости от вида материала и способов его производства.

Кристаллическая фаза представляет собой определенные химические соединения, твердые растворы. От объема этой фазы и размеров зерен зависят все свойства керамического материала. Чем мельче зерно, тем выше плотность материала.

Аморфная фаза всегда присутствует в керамике, т. к. в состав этого материала входит стеклообразующий оксид SiO_2. Количество стеклофазы может варьироваться от 2 до 25%. В керамике конструкционного назначения наличие стеклофазы сводится к минимуму, т. к. это приводит к деградации прочностных характеристик материала, а также снижению тепло- и электропроводности.

Наличие газовой фазы (пор) обусловлено зернистой структурой керамического материала. Для некоторых видов изделий пористость задается и формируется целенаправленно. Для конструкционной керамики пористость является отрицательным фактором, т. к. негативно влияет на свойства материала.

Микроструктура изделий из керамического материала зависит от его состава и способа изготовления.

На прочность керамики значительное влияние оказывают микроструктура, то есть количественное соотношение кристаллических фаз и содержание и состав стеклофазы размер зерен, пористость. Увеличение содержания кристаллических фаз и уменьшения размера зерна ведет к росту прочностных характеристик.

Литература

1. Керамика в машиностроении / А. П. Гаршин, В. М. Гропянов, Г. П. Зайцев и др. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2003. – 384 с.

2. Абрахимов, В. З. Курс лекций по дисциплине «Технология керамических материалов»: учебное пособие / В. З. Абрахимов, Е. С. Абрахимова, И. В. Ковков. – Самара: СГАСУ, 2007. – 98 с.

УДК 621

Васенева Н. А.
Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,
канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И СПОСОБЫ ИХ НАНЕСЕНИЯ

Аннотация. *Рассмотрены основные способы нанесения износостойких покрытий и пути повышения их свойств.*

Ключевые слова: *износостойкие покрытия, химическое осаждение из парогазовой фазы, физическое осаждение покрытий, многослойные покрытия.*

Одним из основных методов изготовления деталей машин является обработка резанием, при этом режущий инструмент в процессе его использования подвергается интенсивному износу. По существующим оценкам доля затрат на инструменты в себестоимости деталей составляет 3-10 % [1], поэтому повышение износостойкости режущего инструмента является весьма актуальной задачей. Одним из эффективных путей ее решения является нанесение на поверхность режущего инструмента износостойких покрытий.

Основными методами нанесения износостойких покрытий являются химическое осаждение покрытий из парогазовой фазы (ХОП) и физическое осаждение покрытий (ФОП).

В основе методов ХОП лежат гетерогенные химические реакции в парогазовой среде, в результате которых образуются покрытия, конденсирующиеся на поверхности инструмента. Процесс протекает в реакторах при температуре около 1000°С. Исходными материалами обычно являются газообразные галогениды, при взаимодействии которых с другими компонентами газовой смеси (H_2, NH_3, CO_2 и др.) образуются и конденсируются необходимые покрытия. Методы ХОП широко применяются для нанесения на твердосплавные пластины покрытий на основе карбидов, нитридов, карбонитридов титана, а также оксида алюминия.

Среди методов ФОП можно отметить реактивный электронно-лучевой плазменный метод, ионное плакирование, магнетронно-ионное распыление, реактивный ионно-плазменный метод.

Наибольшее промышленное применение получил метод конденсации покрытий из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардиров-

кой поверхности инструмента (КИБ). Процесс протекает в вакуумной камере, металлический корпус которой служит анодом, а катод изготавливают из тугоплавкого материала, подлежащего испарению. Под действием первичных электронов и ионов, генерирующихся катодом, происходит ионизация испарившегося вещества, что приводит к образованию потоков плазмы, состоящей из заряженных и нейтральных частиц материала катода и реагирующих газов. Подача в вакуумное пространство реагирующих газов (N_2, NH_3 и др.) в условиях ионной бомбардировки приводит к конденсации покрытия на поверхности режущего инструмента благодаря протеканию плазмохимических реакций.

Недостатком керамических покрытий является их хрупкость, что в тяжелых условиях резания может приводить к образованию трещин и выкрашиванию режущей кромки. Возможный путь решения проблемы – создание многослойных композиций с чередованием твердых и мягких слоев. Трещина при прохождении границы между слоями релаксирует в более мягком слое, теряя энергию, что обеспечивает значительное увеличение срока службы инструмента [2,3].

Еще один способ значительного повышения ресурса работы покрытия – легирование. Так, существенное улучшение свойств покрытия TiN достигается его легированием кремнием, алюминием, цирконием [4].

Таким образом, работа по созданию новых видов износостойких покрытий, оптимизации их состава и структуры открывает новые перспективы в части увеличения ресурса работы режущего инструмента и, как следствие, снижения себестоимости продукции машиностроения.

Литература

1. Табаков, В. П. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями в условиях стесненного резания / В. П. Табаков, Д. И. Сагитов. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 179 с.

2. Табаков, В. П. Износостойкие покрытия режущего инструмента, работающего в условиях непрерывного резания / В. П. Табаков, А. В. Чихранов. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 255 с.

3. Фундаментальные основы инженерных наук [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://csr.spbu.ru/pub/RFBR_publications/articles/engineering%20sciences/2007/tonkoplenochny%27e_pokry%27tiya_07_ing.pdf

4. Чихранов, А. В. Новые износостойкие покрытия для режущего инструмента / А. В. Чихранов // Вестник УлГТУ. – 2004. – №3. – С. 35-36.

УДК 669

Васенева Н. А.
Научный руководитель: Разинская О. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБРАЗОВАНИЕ АЛЬФИРОВАННОГО СЛОЯ ПРИ ЛИТЬЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. *Рассмотрен процесс литья титановых сплавов и образование альфированного слоя, а также причина возникновения данного слоя и пути его устранения.*

Ключевые слова: *титановый сплав, альфированный слой, керамика, энергия, химическое влияние, температура.*

Титановым сплавам уделяют большой интерес благодаря высокой коррозионной стойкости и удельной прочности. Применяют их как жаропрочные материалы, работающие в интервале температур от 450°С до 500°С. Элементы, которые входят в титановый сплав, – алюминий, ванадий, хром, марганец, молибден, железо, кремний, олово и цирконий.

Технология титанового литья обуславливается высокой температурой плавления и высокой химической активностью жидкого титана. Он вступает в реакцию со всеми химическими элементами, содержащимися в воздухе, поэтому литье титана проводят в атмосфере инертных газов.

Большой проблемой при литье титановых сплавов является образование альфированного слоя на поверхности детали, который в процессе затвердевания приводит к образованию трещин и впоследствии сложно поддается механической обработке.

Альфированный слой – это слой титана, повышено насыщенный азотом и кислородом. При проектировании отливки технологам приходится учитывать величину альфированного слоя и затем удалять его химическим фрезерованием.

Рассмотрены решения по устранению альфированного слоя. Для решения данной проблемы используют в качестве формовочного материала керамику, такую как: ZrO_2, $CaZrO_3$, CaO, $ZrSiO_4$. Это делают в связи с тем, что их изменение энергии Гиббса меньше, чем изменение энергии Гиббса диоксида титана. Если избежать термодинамического влияния на формование данного слоя, то остается химическое влияние. На химический состав поверхности детали и на упрочнение поверхностного слоя

также влияет связующий материл. Помимо загрязнения кислородом, происходит также загрязнение металлом из материала формы.

Температура формы при заливке также оказывает влияние на интенсивность реакции. Например, при температуре формы в 673 °К альфированный слой составляет 38 мкм, а при температуре 293 ºК уже слой 18 мкм. Можно сделать вывод, что существует зависимость от самого сплава, следовательно, необходимо учитывать, какие сплавы более расположены к образованию альфированного слоя. Особое внимание нужно обратить на цирконат кальция, так как он основан на воде, имеет высокую прочность получаемой формы.

Из титана получают высоконагруженные детали в аэрокосмической отрасли, широко применяют в производстве вооружений и в нефтегазовой отрасли.

Литература

1. Ямпольский, А. М. Краткий справочник гальванотехника / А. М. Ямпольский, В. А. Ильин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. – 269 с.

2. Новиков, И. И. Термическая обработка металлов и сплавов, государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии / И. И. Новиков, М. В. Захаров. – М.: Металлургиздат, 1962. – 429 с.

УДК 621.762

Волкова Е. Г.
Научный руководитель: Разинская О. И., канд. техн. наук
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ ЗАКАЛКИ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Аннотация. *Рассматривается один из видов термообработки – закалка, и как она влияет на структуру порошкового сплава.*

Ключевые слова: *закалка, твердость, прочность, охлаждение, закалочные среды, структура, однородность*

Для порошковых сталей возможно применение различных видов термической обработки. Но наличие пористости в изделиях вызывает необходимость выполнения ряда условий.

Отличие закалённых порошковых сталей от беспористых в том, что твёрдость у порошковых сталей после закалки повышается, а прочность либо повышается несущественно по отношению к спечённому состоянию, либо даже несколько понижается. В порошковых сталях при закалке на величину и распределение закалочных напряжений будут оказывать влияние поры, межчастичные границы, химическая неоднородность.

Это влияние проявляется в крайне неравномерном распределении в изделиях внутренних напряжений, появлении их пиков в устьях пор и других дефектах структуры, что снижает вязкость и способствует хрупкому разрушению.

Повышение прочности в закалённых сталях происходит только после отпуска с температур, обеспечивающих снятие закалочных напряжений.

Структурные особенности порошковых сталей оказывают влияние на ее закаливаемость, под которой понимается способность стали воспринимать закалку, т. е. приобретать высокую твердость и прочность. Закаливаемость углеродистой стали зависит от содержания углерода и полноты превращения аустенита в мартенсит: чем больше углерода в стали, тем выше твердость, тем лучше закаливаемость стали. Закаливаемость легированной стали зависит как от содержания углерода, так и от количества и качества легирующих элементов. Например, некоторые легированные стали за счет большого количества специальных карбидов закаливаются на твердость до 68-70 $HRC_э$.

В порошковых сталях пористость влияет на закаливаемость, на технологию выполнения закалки и ее качественные результаты. При закалке порошковых сталей возрастают возможности образования мягких пятен, разброс твердости и обезуглероживание изделий. Причинами разброса твердости могут быть неравномерное распределение углерода и плотности по объему изделия, косвенное влияние пор и т. п.

Установленные различия в значениях твердости мартенсита и появление «мягких» пятен в закаленных порошковых сталях необходимо связывать с наличием в них пор. При закалке охлаждение и теплоотвод от закаливаемых изделий совершается через внешнюю активную поверхность, которая в случае наличия беспористых тел является поверхностью изделия, а ее величина определяется геометрическими размерами изделия. Если поры закрыты и не выходят на поверхность, то активная поверхность равна активной поверхности соответствующего компактного тела.

Иная картина будет наблюдаться при охлаждении пористого тела. Так как охлаждающие жидкости, применяемые при закалке (например, вода), как правило, обладают низкой температурой испарения и кипения, то при погружении в них горячих изделий жидкость, проникая в поры, мгновенно превращается в пар, образует над порами устойчивые пузырьки, резко уменьшающие активную поверхность охлаждения. Это приводит к снижению общей скорости охлаждения, а в зонах пор – к образованию мягких пятен. В целях предупреждения образования устойчивых тазовых пузырьков и получения однородной твердости при закалке пористых порошковых изделий необходимо производить интенсивное перемешивание охлаждающей жидкости. Масло (как закалочная среда) рекомендуется при закалке только мелких изделий, изготовленных из легированных сталей, которые имеют малую критическую скорость закалки, а также если бейнитная структура является предпочтительнее мартенситной.

К числу факторов, формирующих механические свойства закаленных сталей, относятся температура и время нагрева изделий под закалку, которые определяют структуру, твердость и однородность аустенита.

Низкая склонность к росту зерна аустенита порошковых сталей позволяет предположить, что их нагрев под закалку может осуществляться при более высоких температурах без опасения перегрева. Установлено, что превышение температуры нагрева порошковых сталей под закалку над оптимальными температурами, принятыми для соответствующих кованых сталей, не только не снижает твердость, но и позволяет получать мелкозернистую, более однородную структуру мартенсита с повышенными свойствами. Падение твердости и огрубление структуры наблюдается только после превышения определенной оптимальной температуры, зависящей от пористости: чем больше пористость, тем выше температура нагрева под закалку.

Следовательно, в порошковых сталях под оптимальной температурой закалки понимается температурный интервал, обеспечивающий получение максимальной твердости. В зависимости от пористости он располагается на 60-120 °С выше соответствующих критических точек кованых сталей аналогичного химического состава.

Литература

1. Ермаков, С. С. Термическая обработка порошковых стальных деталей / С. С. Ермаков. – Л.: ЛДНТП, 1981. – 24 с.

2. Гуляев, А. П. Металловедение: учебник для втузов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

УДК 666.3

Волкова Е. Г.
Научный руководитель: Разинская О. И., канд. техн. наук
Поволжский государственный технологический университет

ПРОИЗВОДСТВО МАЙОЛИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. *Рассматривается технология изготовления изделий майолики, преимущества, недостатки производства.*

Ключевые слова: *керамика, формование, сушка, глазури, ангоб.*

Узорчатая глянцевая майолика, которая выглядит безупречно и оригинально, представляет собой керамику и делается из глины. Однако в процессе ее изготовления имеются особенности технологии. Различные производители пользуются отличными друг от друга техниками. Но общий принцип одинаков.

Как и для изготовления обыкновенного керамического изделия, требуется оборудование для измельчения и перемешивания сырья, а также приспособления для формовки и сушки сформованных изделий. Печи, в которых производятся основные операции, должны быть наделены функцией равномерного распределения тепла. Это необходимо, чтобы все изразцы давали одинаковую и равномерную усадку.

У майоликовых изделий пористый окрашенный или белый черепок в изломе имеет землистый вид. Различают майоликовые изделия хозяйственно-бытового (посуда), декоративно-художественного (скульптура) и строительного (плиты и плитки, печные изразцы, панно, горельефы, барельефы и др.) назначения.

Преимуществами производства майолики с окрашенным черепком являются возможность использования местного сырья, а также высокие художественные свойства изделий. Недостатки майоликовых изделий – высокая пористость и значительная водопроницаемость, недостаточная прочность, склонность к образованию цека глазури.

Для производства майоликовых изделий с белым черепком из массы типа фаянсовой используют просяновский каолин, глины огнеупорные, перлит, кварцевый песок или кварцевые отходы каолиновых комбинатов, бой утельных изделий. В производстве изделий с окрашенным черепком применяют местные легкоплавкие глины и пески. Содержание карбонатов кальция в глинистом сырье должно быть в пределах 5-15% для лучшего закрепления глазури.

Пройдя процесс формования, изделия отправляют подсушиваться, а затем проходят первый обжиг. Температура печи при этом варьируется от 900 до 950°С.

Далее керамический черепок покрывают пастой, сделанной на основе глины. Она может иметь белый, розовый, фиолетовый, зеленоватый оттенок. Так получается фон для будущей росписи. Изделие с нанесенной пастой вновь обжигают. Паста при этом спекается и становится твердой. Температура печи при этом не превышает 1100 °С.

Далее наносят рисунок. Иногда применяют и лепной декор. После высыхания изделие покрывают слоем бесцветной прозрачной глазури. И снова проводят медленный обжиг – уже в третий раз. Здесь важно выдержать температурный режим и время обжига, иначе узор может растечься, или краски потеряют свои цвета.

Роспись и глазуровка делаются керамическими глазурями, эмалями, пигментами, над- и подглазурными красками, которые проявляют свой реальный цвет только после повторного обжига.

Для глазурования внутренней поверхности изделий применяют бессвинцовые глазури. Калийборсодержащие и стронциевые глазури обеспечивают высокие декоративные свойства майоликовых изделий.

Влажность массы для ручного формования на станках должна быть 23-24%, для формования на полуавтоматах 19-20%. Формование изделий производят на полуавтоматах в гипсовых формах при помощи шаблона или ролика, а также ручной формовкой на гончарном круге.

Приставные детали формуют (отливают) отдельно и приставляют к подвяленным изделиям влажностью 12-16% при помощи клея.

Литье изделий осуществляется вручную на столах или на конвейере. Время набора стенки изделия требуемой толщины для белого шликера 20-30 мин, для цветного 30-40 мин. Подвялка изделий в формах производится до влагосодержания 16-20% в белой массе, и 16-22% в цветной.

Сегодня этот вид керамики широко применяется для оформления перегородок и стен. Из этого же материала изготавливают замечательную посуду. Сервизы, выполненные из майолики, отличаются необыкновенной практичностью и высокими декоративными качествами. Есть еще одна область, в которой майолика нашла широкое применение – скульптура. В основном этот материал используется для выполнения монументальных крупных композиций. Сегодня майолика, как и в прошлом, пользуется вполне заслуженной популярностью. Стоят изделия из нее гораздо дешевле фарфоровых, а в некоторых случаях и фаянсовых, и при этом отличаются просто замечательными эксплуатационными характеристиками.

Литература

1. Технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, А. С. Бережной, И. А. Булавин и др. – М.: Государственное издательство по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. – 708 с.
2. Новая керамика: учеб. пособие / П. П. Будников, И. А. Булавин, Г. А. Выдрик и др.; под ред. П. П. Будникова. – М.: Стройиздат, 1969. – 311 с.
3. Стрелов К. К. Технология огнеупоров / К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин. – М.: Металлургия, 1978. – 376 с.

УДК 621.75

Воронина И. Д.
Научный руководитель: Польский Е. А., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ УЗЛОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И СЕПАРАЦИИ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Аннотация. *В статье рассмотрена модель технологического обеспечения износостойкости сборочных единиц отдельных узлов измельчения и сепарации диоксида кремния.*

Ключевые слова: *диоксид кремния, сепарация, оптимизация процесса измельчения, эксплуатационные свойства.*

Из-за недостаточно обоснованного выбора материалов для деталей пар трения скольжения сроки службы машин и агрегатов уменьшаются, возрастает количество ремонтных работ, и, как следствие, снижается производительность из-за дополнительных простоев оборудования. От выбранного материала зависит конструктивное оформление узла трения. Конструкции деталей разрабатываются исходя из свойств материалов таким образом, чтобы наиболее полно использовать низкий коэффициент трения и высокую износостойкость материала, при этом сведя до минимума или полностью устранив вредное влияние отрицательных характеристик материала (физико-механических свойств: недостаточная прочность, хрупкость, низкая теплопроводность, нестабильность размеров во времени и геометрических параметров качества трущихся поверхностей).

При сборке и эксплуатации размерные связи не остаются постоянными [1, 2]. На машину будут воздействовать внешние и внутренние факторы, которые приводят к снижению надежности. Такие воздействия необходимо учитывать для комплексного обеспечения точности пар трения-скольжения, поэтому для размерных цепей необходимо выделить еще одну группу размеров – эксплуатационные размеры. Они описывают дополнительные размерные связи, возникающие при эксплуатации изделия. Включение эксплуатационных размеров в конструкторские размерные цепи позволяет обеспечивать требуемую точность функциональных параметров в течение заданной долговечности изделия.

Разработка и применение средств программной поддержки решения таких задач, ключевую роль в которой играет определение критериев выбора и построение соответствующих математических моделей, учитывающих структуру и специфику исходной информации, позволит проектировщику более детально и последовательно отразить и формализовать свои предпочтения, заранее оценить и проанализировать последствия выбора каждого решения, исключить недопустимые варианты и выделить наиболее удачные решения, вследствие чего сократить сроки проектирования, повысить научную и инженерную обоснованность и снизить субъективный фактор принимаемых решений.

В качестве основных критериев выбора должны использоваться контактная прочность (несущая способность) и износостойкость. Задачи определения требуемых параметров теплостойкости, сопротивляемости агрессивным средам, оптимальной стоимости не представляют научных и технических проблем.

В результате создаются предпосылки реализации нового принципа проектирования – технологического обеспечения требуемых эксплуатационных показателей высокотехнологичных сборочных узлов и их надежности при одновременном проектировании технологии механической обработки с уточнением параметров сборки. Такой подход к этапам проектирования для обеспечения точности конструкций предполагает управление точностью непосредственно элементами разрабатываемых технологических процессов изготовления и сборки. Такое проектирование актуально при любом типе производства и любой сложности технического проекта. Наибольший эффект, как показывает опыт внедрения автоматизированных подсистем, обеспечивается при непрерывной компьютерной поддержке основных этапов жизненного цикла (CALS-технологии) [1, 2].

Предлагается для выбора материала вкладышей по характеристикам износостойкости и теплостойкости использовать единый критерий – это минимальное значение работы трения (W_{min}).

Работа трения определяется следующим выражением

$$W = fPL, \tag{1}$$

где f – коэффициент трения; P – нагрузка; L – путь трения.

Если выразить нагрузку P через максимальное давление P_{max}, а путь трения через скорость (v) и время (t), и учесть площадь контакта ($S_{пл}$), то

$$W = fP_{max}S_{пл}vt, \tag{2}$$

где площадь контакта

$$S_{пл} = \frac{2\varphi_0^\circ}{360^\circ} 2\pi R_1 l = \frac{\pi\varphi_0^\circ}{90^\circ} R_1 l, \tag{3}$$

и тогда

$$W = \frac{\varphi_0^\circ}{45^\circ \sin\varphi_0} Pvtf. \tag{4}$$

Полученный критерий учитывает практически все конструктивные, нагрузочные и временные параметры. Кроме того, время t работы узла может быть задано необходимое, поскольку отражает ресурс работы подшипника.

Процесс моделирования выбора материала деталей пар трения можно представить в виде последовательного выполнения нескольких этапов. Вначале для каждого материала выполняется процедура сравнения входной информации с множеством параметров, характеризующих допустимые значения свойств материалов, которые могут обеспечить функционирование узла трения в заданных условиях. В результате формируется начальное множество альтернатив, содержащее сочетания «материал – предельно допустимые значения», параметры которых удовлетворяют входным данным. Например, для параметров $\{P_i, T_i, V_i\}$ (P_i – допустимые значения нагрузки, T_i – температуры и V_i – скорости скольжения) входная информация представляется в следующем виде:

$$A = \left\{ < M_k, P_i, T_i, V_i > \middle|\ M_k \in M;\ P_i < P_B; T_i < T_B; V_i < V_B; \right\}, \tag{5}$$

где P_B, T_B, V_B – условия функционирования узла трения.

В соответствии с предложенной методикой созданы структурная схема и математическая модель автоматизированной подсистемы выбора материалов.

Литература

1. Инженерия поверхности деталей; под ред. А. Г. Суслова. – М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.
2. Польский, Е. А. Технологическое обеспечение точности и качества поверхностей деталей машин при проектировании маршрутно-операционного технологического процесса методом синтеза на основе анализа размерных связей / Е. А. Польский // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2016. – №10 (64). – С. 39-48.

УДК 669.046

Грахольский А. А.
Научный руководитель: Разинская О. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. *Представлен метод повышения производительности процессов химико-термической обработки, заключающийся в интенсификации диффузионных процессов за счет предварительных способов обработки.*

Ключевые слова: *обработка, диффузия, борирование, ударно-волновые нагрузки.*

Химико-термическая обработка (ХТО) является эффективным методом повышения долговечности деталей машин и инструментов, работающих в условиях изнашивания, при повышенных температурно-силовых циклических воздействиях, за счёт изменения их структуры и свойств поверхностных слоев металлических материалов. Широкое применение получили лишь такие методы ХТО, как цементация, азотирование, нитроцементация. Так, практически на всех крупных машиностроительных предприятиях имеются серийно выпускаемые промышленностью печи для насыщения углеродом и азотом в газовых средах. В то же время такие процессы, как борирование, хромирование, боросилицирование, бороалитирование, в значительно большей степени увеличивающие сопротивление изнашиванию, повышающие коррозионную, жаро-, теплостойкость и ряд других свойств поверхностных слоев изделий из сплавов железа, используются в промыш-

ленности крайне редко. Это связано, прежде всего, с тем, что разработанные для их осуществления диффузионно-активные среды в большинстве случаев требуют применения сложного и дорогостоящего нестандартного оборудования.

Для достижения необходимой толщины диффузионного слоя требуется высокая температура процесса насыщения и, как правило, большая длительность выдержки при этих температурах, что приводит к перегреву и огрублению структуры, а следовательно, ухудшению свойств как сердцевины, так и упрочняемого поверхностного слоя стали, а также вызывает значительное коробление и деформацию изделий.

Поэтому исследования, направленные на повышение эффективности ХТО за счет роста глубины легированного слоя, снижение энергоемкости процесса насыщения, повышение ресурса изделий с помощью высокоэнергетической обработки, являются важными и актуальными.

Детонация конденсированных взрывчатых веществ, энергия высоковольтных разрядов в жидкости, магнитных полей высокого напряжения, мощных лазерных генераторов и плазмотронов, которые способны создавать экстремальные параметры давления и температур, с высокой эффективностью используются в процессах металлообработки и создании новых материалов, являются источниками энергии высокой плотности.

Одним из методов ударно-волновой нагрузки является использование взрывчатого вещества из мелкодисперсного порошка аммиачно-селитрового состава. Параметры данного метода составляют: давление - 35 ... 40 кбар, скорость детонации - 2500 ... 3000 м/с при существенной плотности $\rho_0 = 0{,}9$ г/см^2. Результатом является повышение механических характеристик конструкционных сталей на 25…30%.

При выбранной схеме ударно-волнового нагружения структура характеризуется значительным ростом полос скольжения и появления двойников, как следствие интенсивной пластической деформации под действием ударных волн.

Борирование металлов и сплавов позволяет получать на их поверхности диффузионные слои, обладающие рядом ценных эксплуатационных свойств. Так, при диффузионном насыщении бором в структуре стали образуются бориды железа FeB и Fe_2, обладающие высокой твердостью, что способствует повышению износостойкости и теплостойкости изделий, эксплуатируемых в различных условиях: при повышенных температурах, при знакопеременных и ударных нагрузках.

Применение метода ударно-волнового нагружения при борировании показало, что в глубину металла прорастают иглообразные кристаллы бора.

С увеличением интенсивности деформации наблюдается постепенное слияние этих кристаллов в сплошной слой. Кроме того, установлено, что на толщину диффузионного слоя влияет интенсивность предварительной обработки.

Характер распределения микротвердости по глубине диффузионного слоя более однородный, максимальное значение достигается на поверхности, а затем постепенно снижается от поверхности в глубину образца и достигает микротвердости сердцевины. Переход к сердцевине носит плавный характер. Установлено, что предварительные ударно-волновые нагрузки приводят к увеличению микротвердости борированного слоя примерно в 1,5…1,8 раза, а также к образованию большого количества твердой фазы FeB, что в свою очередь способствует повышению микротвердости поверхностного слоя.

В заключение хотелось бы отметить важность развития методов химико-термической обработки, поиска новых способов, позволяющих получать уникальные свойства металлических материалов при минимальных экономических затратах. Одним из перспективных направлений является метод ударно-волнового нагружения.

Литература

1. Демченко, Л. Д. Влияние предварительной пластической деформации на структуру и свойства азотированных слоев в Fe / Л. Д. Демченко, В. М. Надутов, Ю. С. Черепова // ОТТОМ-4. К. – 2003. – С. 205-209.

2. Влияние предварительной ударно-волновой обработки на параметры борирования низколегированной стали / Р. П. Дидык, В. А. Безрукавая, Л. В. Грязнова и др. // Металлофизика и новейшие технологии. – 2008. – Т.30, №9. – С. 1289-1295.

3. Ударные волны и явления высокоскоростной деформации металлов; под ред. Мейерса М. А., Мурра Л. Е.: пер. с англ. – М.: Металлургия, 1984. – 512 с.

УДК 67.017

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

РАССМОТРЕНИЕ МЕТОДОВ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация. *Представлены и рассмотрены основные способы производства деталей методами порошковой металлургии.*

Ключевые слова: *спекание под давлением, литьё порошковых смесей, инжекционное литьё, пенометалл.*

Порошковая металлургия – это технология производства деталей механизмов из металлических и других порошков. Рассмотрим основные способы производства деталей.

Метод спекания под давлением основан на принципе смешения порошков металлов или сплавов с различными смазывающими веществами желаемым образом и затем спекания в контролируемой атмосфере [1, с. 90]. Прессование может выполняться в холодном или горячем состоянии в зависимости от потребности. Когда давление прилагается к смеси порошков во время прессования, частицы порошка сначала скользят по поверхностям друг на друга, а затем уплотняются под высоким давлением. Для большинства применений спекания под давлением желательно, чтобы исходное значение прочности было высоким. Если значение исходной плотности (плотности до спекания) уточнено, оно является первичной плотностью детали после прессования и перед спеканием.

Процесс смешивания проводится в контролируемых атмосферных условиях, так что порошки не загрязняются и их свойства не изменяются. Во время смешивания обычно добавляют смазывающие вещества, такие как стеариновая кислота, стеарат кальция, стеарат цинка и стеарат лития, в количестве от 0,5 до 3%, чтобы предотвратить трение частиц порошка, которые могут образовываться между собой и на поверхностях пресс-формы. В некоторых особых случаях процесс смешивания может также проходить в среде инертного газа для избегания окисления. Давление прессования может варьироваться от 0 до 800 МПа. Процесс спекания обычно проводится в контролируемой атмосфере при температуре ниже 1/3 температуры плавления сырья, из которого производится продукт и в указанное время (время спекания).

Литьё порошковых смесей – это технологический процесс, который сочетает в себе инжекцию пластмасс и порошковую металлургию. Это технология формования путем смешивания очень мелкозернистых металлических или керамических порошков с термопластичными связующими и формования этой смеси в машинах для литья пластмасс [2, с. 203]. Если материал, используемый в этом методе, представляет собой металлический порошок, то метод называется технологией инжекционного литья. Литьё порошковых смесей – это передовая технология обработки порошка, разработанная для производства небольших деталей сложных форм, точных размеров, точных допусков, с гладкой поверхностью, трудных для обработки и чрезмерно обрабатываемых деталей с разумной стоимостью. Литьё порошковых смесей имеет четыре основных этапа: смешивание, литье под давлением, удаление связующего вещества и спекание. Смесь, состоящая из порошка и связующего вещества, называется шихтой. Для приготовления шихты металлические или керамические порошки гомогенно смешивают с термопластичным связующим веществом или полимерными материалами и смазками на основе воска. Порошок и связующее вещество смешивают с оптимальной скоростью, а затем шихту гранулируют. Гранулированную шихту формуют до желаемой формы путем регулирования давления впрыска, температуры цилиндра и скорости потока в машине для литья под давлением. Эти три параметра (давление литья, температура цилиндра и скорость потока) очень важны во время цикла формования. Давление литья и давление утонения имеют решающее значение как при заполнении пресс-формы, так и при сохранении формы деталей. Температура цилиндра очень важна для того, чтобы шихта не была испорчена, а также для текучести шихты. Цикл формования начинается с закрытия и фиксации форм. Гранулы, помещенные в загрузочный бункер, расплавляются нагревателями в блоке цилиндров и проталкиваются в форму с помощью винта в блоке цилиндров. Шихта, перемещаемая в форму, некоторое время находится под давлением, что обеспечивает её затвердевание. Инжекционная часть машины извлекается, и пресс-форма открывается для удаления детали. Этот цикл должен быть завершен как можно скорее при минимальных затратах. Задача винта в блоке цилиндров – гомогенизировать и транспортировать сырье в форму. Следующий этап заключается в удалении связующих из необработанных частей в контролируемых условиях. Процесс удаления связующих проводится двумя способами: термически (термическое разложение) или растворителем (разложение растворителем). Затем желаемое уплотнение и увеличение прочности

достигается процессом спекания. В конце процесса спекания получают относительно низкопористую деталь, которая очень близка к максимальной плотности. Детали, производимые методом литья порошковых смесей, демонстрируют близкие механические свойства по сравнению с кованными и литыми деталями.

Производство металлической пены в процессе плавки происходит в основном в три этапа. На первом этапе вспенивающийся металл или сплав расплавляется. На втором этапе добавляют газ или пенообразователь для создания пористой структуры. На третьем этапе расплавленный металл затвердевает при охлаждении. При производстве пены, получаемой путем образования пузырьков газа в расплавленном металле, пузырьки газа, имеющие свойство быстро подниматься к поверхности, обусловлены высокой подъемной силой жидкости и тем, где образуются металлические пены [1, с. 250]. Чрезвычайно высокая вязкость подавляет образование пузырьков, а крайне низкая вязкость вызывает быстрое образование пузырьков. Следовательно, контроль вязкости расплавленного металла во время пенообразования является очень важным.

Гидрид циркония (ZrH_2) или дигидрид титана (TiH_2) обычно используют в качестве пенообразователя при производстве пенометалла. Другие химические соединения, такие как карбонат кальция ($CaCO_3$), гидрид кальция (CaH_2), карбонат кальция-магния (доломит) (C_2CaMgO_6), сульфат кальция ($CaSO_4$), сульфат железа (FeO_4S), карбонат свинца ($PbCO_3$), оксид свинца (PbO) и нитрит натрия ($NaNO_2$) могут использоваться в качестве пенообразователей при определенных условиях температуры и давления. Будет ли металл пениться или нет, и будет ли он иметь необходимую плотность, зависит от скорости распада газа, выделяющегося при разложении пенообразователя. Материал пенообразователя может быть в форме частиц, гранул или порошка, так что он может быть легко диспергирован в основном металле.

Литература

1. Рендалл, М. Герман Порошковая металлургия от А до Я [Текст]: учебно-справочное руководство / Герман Рендалл М. – Издательство: ИД «Интеллект», 2009. – 336 с.

2. German, Randall M a Animesh BOSE. Injection molding of metals and ceramics. Princeton, N.J., U.S.A.: Metal Powder Industries Federation, 1997. – 413 p.

УДК 678.8

Кацуба И. С.
Научный руководитель: Злобина И. В., канд. техн. наук
Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕПЛАСТИКОВ С ВКЛЮЧЕННЫМИ МОЛНИЕЗАЩИТНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Аннотация. *Обосновывается актуальность проведения исследований по обработке композиционных материалов на основе углепластика с распределенными в поверхностном слое объема металлическими элементами в СВЧ электромагнитном поле.*

Ключевые слова: *полимерные композиционные материалы, углепластик, молниезащита, СВЧ электромагнитное поле.*

Авиастроительные компании активно применяют новейшие технологии при разработке и производстве современных самолетов. Так, одним из трендов последних лет является использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) для изготовления фюзеляжа, компонентов конструкции крыла, что позволяет им выдерживать связанные с полетом нагрузки и сводит к минимуму их вклад в общую массу летательного аппарата [1]. Среди ПКМ, применяющихся в авиастроении, преобладают углепластики, имеющие малый вес и высокие значения прочностных характеристик.

Внедрение углепластиков позволяет повысить экономичность гражданской авиации. Однако в силу ряда хорошо известных отличий в поведении композитных материалов по сравнению с металлами, обеспечение безопасности полетов требует разработки новых подходов к конструированию и диагностике (в том числе, и предполетной) углепластиковых элементов самолета.

В частности, одной из наиболее значимых оказывается проблема молниезащиты самолетов с элементами конструкции из углепластика. Очевидным отличием углепластиковых элементов от металлических, которое обуславливает их большую уязвимость к прямому воздействию удара молнии, является существенно более низкая проводимость (по

сравнению с алюминием в 500 раз). Поэтому именно на увеличение проводимости и направлены, в основном, разрабатываемые на современном этапе конструктивные способы защиты [2-4].

В авиационной технике широкое применение получили армирующие сетчатые полотна из медной проволоки диаметром 50-150 мкм [2]. При этом, варьируя параметрами сетки (размерами ячейки, диаметром и количеством проволочек, формой петель и регулярностью их расположения в полотне), можно управлять в некоторых пределах анизотропией механических и электрофизических свойств [3, 5].

В настоящее время ведутся работы по поиску решений, направленных на формирование слоя на основе углеродных волокон, обладающего высокой электрической проводимостью, сопоставимой с проводимостью металлов (меди, алюминия, бронзы). Примером может служить создание легкого тонкослойного защитного ламината (ТЗЛ), обеспечивающего сохранность углепластиковых конструкций внешнего контура планера после воздействия смещающегося электрического разряда большой мощности [6, 7]. Однако такие исследования пока не имеют широкого практического применения.

Одновременно с вышеуказанным направлением не теряют своей актуальности и вопросы повышения прочностных характеристик, являющихся определяющими при принятии решения об использовании ПКМ. В ряде работ приведены сведения о повышении прочности углепластиков за счет их обработки в СВЧ электромагнитном поле [8-10].

В связи с приведенными направлениями, актуальным представляется исследование возможности использования электрофизической обработки ПКМ на основе углеволокна, в поверхностном слое объема которых периодически распределены металлические элементы. Выраженные различия значений проводимости углепластика и металлов, использующихся для изготовления внедренной сетки, обуславливают необходимость дополнительных экспериментов для выявления дополнительных эффектов и определения их значимости.

Литература

1. Jennifer A. Segui boeing simulates thermal expansion in composites with expanded metal foil for lightning protection of aircraft structures. Comsol news. – 2014. – P. 4-7.

2. Острик, А. В. Молниезащита углепластиковых элементов конструкции самолета при тепловом и механическом действиях прямого удара молнии / А. В. Острик, А. А. Филипенко // Конструкции из композиционных материалов. – 2010. – № 1. – С. 34-44.

3. Сорокин молниезащита и встроенный контроль для конструкций из ПКМ / И. Н. Гуляев, А. Г. Гуняева, А. Е. Раскутин и др. // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». – 2013. – № 4: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=30 (дата обращения 31.03.2019 г.).

4. Молниестойкость углепластиковых конструкций / Г. М. Гуняев, Е. А. Митрофанова, В. А. Ярцев и др. // Авиационные материалы на рубеже XX-XXI веков. – М.: ВИАМ, 1994. – С. 595-599.

5. Конструкционные полимерные угленанокомпозиты – новое направление материаловедения / Г. М. Гуняев, Л. В. Чурсова, А. Е. Раскутин и др. // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2011. – № 12. – С. 2-9.

6. Конструкционные углепластики с повышенной проводимостью / Е. Н. Каблов, Г. М. Гуняев, С. И. Ильченко и др. // Авиационные материалы и технологии. – 2004. – № 2. – С. 26-36.

7. Каблов, Е. Н. и др. Многослойное молниезащитное покрытие: пат. 2217320 (РФ). – 2002.

8. Zlobina, I. V. Studying the reinforcing microwave modification of aeronautical-purpose structural components made of composite materials / I. V. Zlobina, N. V. Bekrenev, D. P. Teterin, V. N. Slonov // 12th International conference on mechanics, resource and diagnostics of materials and structures, MRDMS 2018; Ekaterinburg; Russian Federation; 21-25 may 2018. Aip conference proceedingsvolume 2053, 19 December 2018. Номер статьи 040108.

9. Zlobina, I. V. The influence of ultrasound on physico-mechanical properties of composite materials reinforced with carbonaceous fibers in the formation process / I. V. Zlobina, N. V. Bekrenev, G. K. Muldasheva // Mechanical science and technology update 2018, MSTU 2018; Omsk state technical universityomsk; Russian Federation; 27-28 february 2018. Journal of physics: conference series. Volume 1050, issue 1, 26 july 2018. Номер статьи 012107.

10. Zlobina I. V. Influence of the microwave electromagnetic field on the micro- and nanostructure of reinforcing topological structures based on carbon fibers / I. V. Zlobina, N. V. Bekrenev, G. K. Muldasheva // International conference on mechanics, resource and diagnostics of materials and structures, 11-15 december 2017, Ekaterinburg; Russian Federation. Volume 1915, 12 december 2017. Номер статьи 040070.

УДК 539.376

Колчина Н. А., Федорова Л. А.
Научный руководитель: Бастраков В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ С ПОМОЩЬЮ РАЗНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. *Определение сравнительных характеристик погрешностей измерения твердости различными средствами.*

Ключевые слова*: измерение погрешности, твердость, методы, приборы, твердомеры.*

Твердость – это способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого тела, также эта характеристика определяет устойчивость к пластической деформации или разрушению поверхностных слоев при оказании сильного давления. Существуют следующие методы измерения твердости:

– по Бринеллю;
– по Роквеллу;
– по Виккерсу;
– по Шору;
– портативные динамические твердомеры.

Чтобы установить возможность замены стационарных твердомеров портативными, следует провести анализ погрешности измерений твердости. Были взяты шесть эталонных образцов и измерены их твердость тремя разными методами – двумя стационарными и одним портативным динамическим твердомером. Все эти методы основаны на принципе приложения нагрузки:

– измерение твердости по Роквеллу (HRC);
– измерение твердости по Бринеллю (HB);
– измерение твердости с помощью динамического твердомера ТКМ-359.

Для определения погрешности проводилось по 5-7 наблюдений при измерении твердости всех образцов на всех приборах. Дальше проводилась обработка результатов, которая приведена в табл. 1 характеристики параметров (среднее значение и среднее квадратичное отклонение).

Таблица 1

Образец	ТКМ-359	ТР 5006	ТБ 5004
108 НВ	$\overline{HB}$=106.86 $S_{\overline{HB}}$=11.48		$\overline{HB}$=108.2 $S_{\overline{HB}}$=1.10
173 НВ	$\overline{HB}$=165 $S_{\overline{HB}}$=13.79		$\overline{HB}$=171.6 $S_{\overline{HB}}$=3.91
20.7 HRC	$\overline{HRC}$=20.85 $S_{\overline{HRC}}$=2.55	$\overline{HRC}$=23.8 $S_{\overline{HRC}}$=0.2	
42.4 HRC	$\overline{HRC}$=42.15 $S_{\overline{HRC}}$=3.16	$\overline{HRC}$=44 $S_{\overline{HRC}}$=0	
47 HRC	$\overline{HRC}$=45.39 $S_{\overline{HRC}}$=2.34	$\overline{HRC}$=47.4 $S_{\overline{HRC}}$=0.55	
63.6 HRC	$\overline{HRC}$=60.72 $S_{\overline{HRC}}$=1.89	$\overline{HRC}$=63.4 $S_{\overline{HRC}}$=0.55	

В табл. 2 приведена случайная и систематическая составляющая погрешности.

Таблица 2

Образец	ТКМ-359		ТР 5006		ТБ 5004	
108 НВ	$\varepsilon = \pm$ 11.18 НВ	Δ_s =-1,14 НВ			$\varepsilon = \pm$ 1.26 НВ	Δ_s =0,2 НВ
173 НВ	$\varepsilon = \pm$ 13.43 НВ	Δ_s =-8НВ			$\varepsilon = \pm$ 4.5 НВ	Δ_s =-1,4 НВ
20.7 HRC	$\varepsilon = \pm$ 2.48 HRC	Δ_s =0,15 HRC	$\varepsilon = \pm$ 0.23HRC	Δ_s =3,8 HRC		
42.4 HRC	$\varepsilon = \pm$ 3.07 HRC	Δ_s =-0,25 HRC	$\varepsilon = \pm$ 0 HRC	Δ_s =1,6 HRC		
47 HRC	$\varepsilon = \pm$ 2.28 HRC	Δ_s =-1,61 HRC	$\varepsilon = \pm$ 0.6 3 HRC	Δ_s =0,4 HRC		
63.6 HRC	$\varepsilon = \pm$ 1.84 HRC	Δ_s =-2,88 HRC	$\varepsilon = \pm$ 0.6 3 HRC	Δ_s =-0,2 HRC		

Максимальные значения погрешности для портативного прибора (из табл. 2):

1. Случайная составляющая $\varepsilon = \pm 13.43$ HB (в относительной форме 7,5 %)

2. Систематическая составляющая Δ_S =8HB (в относительной форме 4,6 %)

Максимальные значения погрешности системы для стационарных приборов (из табл. 2):

1) по методу Роквелла ТР 5006:

1. случайная составляющая $\varepsilon = \pm 0.63$ HRC (в относительной форме 1,3 %).

2. систематическая составляющая Δ_S =3.8 HRC (в относительной форме18 %).

2) по методу Бринелля ТБ5004:

1. случайная составляющая $\varepsilon = \pm 4.5$ HB (в относительной форме 2,6 %).

2. систематическая составляющая Δ_S =1,4 HB (в относительной форме 0,8 %).

Выводы.

1. Все приборы не соответствуют требованиям, указанным в технической документации.

2. Стационарные приборы и портативные можно отрегулировать для уменьшения систематической составляющей погрешности измерений.

3. Анализ случайных составляющих погрешностей измерений показывает, что применение портативного твердомера вместо стационарных возможно только по HRC и в тех случаях, когда не требуется высокой точности определения твердости.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. Н. Леонтьева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfiles.net/preview/5301723/.

2. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др.; под общ. ред. А. М. Дальского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bookfi.net/book/652566.

УДК 669.13

Кудрявцев А. А.
Научный руководитель: Разинская О. И., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ОТБЕЛЕННОГО СЛОЯ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

Аннотация. *Данная статья посвящена чугунам, имеющим отбеленный поверхностный слой. Показаны основные понятия об отбеленном состоянии отливок. Проанализированы методы регулирования глубины отбеленного слоя.*

Ключевые слова: *чугун, отбелённый слой, литьё в кокиль.*

За последние несколько веков происходит интенсивное развитие металлургического производства. Данное явление обуславливается ростом объёмов производимой продукции, а также внедрением современных технологий, несмотря на тенденцию внедрения полимерных и композитных материалов взамен чёрных металлов.

Производство изделий из чугунов и сталей занимает значительную нишу в машиностроительной отрасли. Несмотря на отработанные технологии литья, существует множество бракообразующих дефектов. Но в случае с литьём серых или высокопрочных чугунов такой дефект, как отбеленный слой, в некоторых случаях является конечным результатом. Это связано со свойствами структуры, которые достигаются благодаря отбелённой части заготовки.

Образование структуры цементита (белого чугуна) в отливках из серого чугуна чаще всего наблюдается в тонких сечениях или поверхностях отливки, которые соприкасаются со стенкой формы. Данный дефект приводит к хрупкости изделия и затруднению механической обработки. Причинами данного дефекта являются пониженное содержание углерода и кремния в составе металла, низкая температура заливки, большая скорость охлаждения, повышенное содержание карбидообразующих элементов. Основным методом устранения отбелённого слоя, является графитизирующий отжиг.

Отбелённый слой (отбел), если он применяется как специальный технологический приём, используют для изготовления отливок специфической направленности, имеющих повышенную твердость и износо-

стойкость наружного слоя при сохранении мягкой и относительно пластичной сердцевины.

На сегодняшний день для того, чтобы получить отливку с отбеленной поверхностью, используют низкоуглеродистые, низкокремнистые чугуны, состав которых зависит от требований, предъявляемых к глубине и твердости отбеленного слоя, а также прочностных характеристик отливки.

В отбеленной отливке из чугуна различают три зоны:

I – чистая глубина отбела – от поверхности до появления первых включений графита;

II – полезная глубина – от поверхности до слоя серого чугуна;

III – общая глубина – от поверхности до места исчезновения цементитных включений.

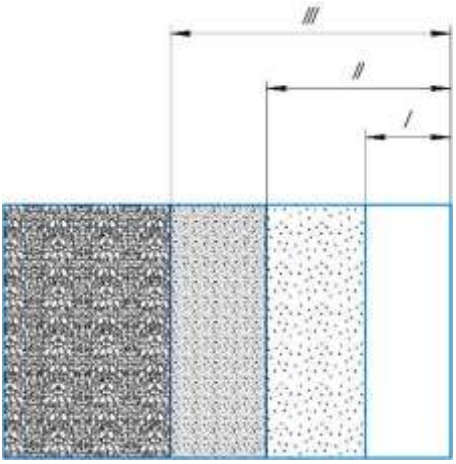


Схема макроструктуры отбелённого слоя

Элементы, входящие в состав чугуна, по-разному влияют на твердость, глубину отбеленного слоя и эксплуатационные свойства прокатных валков и других литых заготовок.

Величину и твердость отбеленного слоя регулируют изменением химического состава чугуна и скоростью кристаллизации (применением кокилей различной толщины, использованием обмазок с различной теплопроводностью, изменением химического состава периферийных и внутренних слоев отливки).

Из имеющихся методов получения отбеленных чугунов наиболее оптимальными является литьё в кокиль. В ходе наблюдения за производством отбеленных заготовок выявились определённые факторы, которые влияют на глубину отбела:

- толщина кокиля. Сплав чугуна, заливаемый в кокили различной толщины, образует заготовку с отбеленным слоем. Оптимально выбирать кокили с минимально возможной толщиной стенки. Соответственно, при проведении экспериментов с имеющимся оборудованием можно выявить зависимость глубины отбеливания от толщины стенки кокиля.
- температура кокиля. В начале смены кокили имеют температуру окружающей среды, в конце – повышенную, которая может достигать 200 °С. Соответственно, имея охлаждённые в воде кокили, можно получить отбеленный слой глубже, чем у неохлаждённых.
- температура перегрева и время выдержки чугуна в жидком состоянии. При повышении температуры перегрева и времени выдержки чугуна в жидком состоянии, при одинаковой температуре заливки уменьшается количество зародышей графита.
- продолжительность пребывания в форме. Согласно наблюдениям, чем больше расплав соприкасается с формой, тем больше слой отбеливания, следовательно, в горизонтальных кокилях будет образовываться более глубокий отбел.
- выдерживание пробы на воздухе. При пребывании заготовки на воздухе не происходит значительного увеличения отбела.

Производство отбеленных заготовок, хоть и является малоиспользуемой нишей, имеет свои нюансы, а также проблемы, которые необходимо решать. Одной из них является контролирование отбеленного слоя.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что в реалиях современного производства трудоёмкость выявления закономерностей получения отбеленного слоя является минимальной.

Литература

1. Худокормов, Д. Н. Производство отливок из чугуна: учебное пособие / Д. Н. Худокормов. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 198 с.

2. Богачев, И. Н. Колеса Гриффина. Металлургические и металлографические основы производства / И. Н. Богачев, П. Г. Лузин. – М.: ОНТИ, 1937. – 204 с.

3. Гиршович, Н. Г. Чугунное литье: учебное пособие / Н. Г. Гиршович. – Л.-М.: Машгиз, 1949. – 708 с.

УДК 628.5

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

НЕФТЯНЫЕ СОРБЕНТЫ

Аннотация. *Транспортировка нефти и нефтепродуктов часто сопровождается авариями, которые приводят к экологическим катастрофам. По этой причине оперативный контроль за содержанием нефтяных углеводородов в воде и почве становится все более актуальным.*

Ключевые слова: *нефть, нефтепродукты, сорбенты, углеродные волокнистые материалы.*

Сейчас в связи с экологическими катастрофами существуют много технологических решений по предотвращению и ликвидации нефтяных разливов. Одним из популярных методов для борьбы с разливами являются нефтяные сорбенты – материалы, способные впитывать в больших количествах нефть и нефтепродукты, предотвращая тем самым их распространение дальше. За рубежом сорбенты для очистки воды от нефти и нефтепродуктов давно и широко используются и не только при аварийных разливах, но и для очистки промышленных сточных вод. Для России нефтяные сорбенты являются относительно новейшим продуктом, по этой причине сведения о них очень мало. К сожалению, специальной литературы по проблеме нефтяных сорбентов почти не имеется.

Очистка воды от загрязнений становится проблемой для всего мира, в особенности эта проблема затрагивает промышленные предприятия, использующие водные объекты в своих технологических процессах.

Среди большого числа известных способов очистки воды интерес представляет сорбция как один из наиболее эффективных и дешевых способов очистки. К преимуществам сорбции относят возможность удаления загрязнений широкой природы практически до любой остаточной концентрации, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом.

В качестве сорбентов применяются и исследуются естественные, искусственные и синтетические материалы.

С целью практического применения нефтяных сорбентов немаловажно, в какой разновидности представлены сорбенты. Нефтяные сорбенты бывают двух видов:

- дисперсные – это порошки, гранулы;
- формованные – рулонные материалы, маты.

Формованные сорбенты более удобны в нанесении их на очищаемую поверхность, и удобно их убирать, однако сложнее их утилизировать. К тому же сложно предварительно выбрать толщину сорбирующего материала. Дисперсные сорбенты допускается наносить на поверхность в нужном количестве, но возникают проблемы с равномерным распылением на поверхности воды, в особенности возникают трудности с ветром, но также проблематичны сборы дисперсных сорбентов после сорбции.

Использование какого-либо из сорбентов обязательно требует минимального дополнительного оснащения. Для рулонных сорбентов требуются обязательно барабаны и отжимные валки, для дисперсных сорбентов – пневматические, механические или гидравлические распылители, а также разных форм сети для сбора, и необходимы контейнеры для хранения собранных нефти и нефтепродуктов.

В качестве сорбентов нефти и нефтесодержащих веществ в настоящее время широко используются природные вещества на растительной и минеральной основе: опилки; древесные стружки; хлопок; торф и др. Эти сорбенты не требуют затрат на производство и, являясь природными материалами, легко разлагаются, доступны в достаточном объеме, но нефтеемкость их зачастую невысока, регенерация отсутствует или рассчитана на небольшое число циклов, вследствие чего природные сорбенты имеют небольшой ресурс работы. Также применение этих сорбентов затруднено вследствие низкой и непродолжительной плавучести. Эти недостатки частично компенсируют дополнительной обработкой сорбентов различными гидрофобизаторами, полимерами и другими веществами [1]. Сорбенты на искусственной и синтетической основе более эффективны и технологичны. Они изготавливаются на основе вискозы, гидратцеллюлозы, синтетических волокон, термопластических материалов, пенополиуретана и др. Для очистки от нефти и нефтепродуктов используются чаще всего в дисперсном и гранулированном видах. Эти материалы по сравнению с природными материалами обладают повышенной нефтеемкостью, более продолжительным ресурсом работы, способностью к многократной регенерации. Однако иногда требуются немалые затраты на их изготовление, что в некоторой степени компенсируется возможностью привлечения промышленных отходов других производств.

В последнее время промышленностью выпускаются углеродные волокнистые материалы и активированные углеродные волокнистые ма-

териалы – это уникальные сорбенты, используемые во многих областях промышленности и техники. Углеродные волокнистые материалы и активированные углеродные волокнистые материалы являются синтетическими сорбентами на основе активных углей, гидратцеллюлозы и вискозных волокон, полиакрилонитрильного волокна, фенолформальдегидных смол. Содержание углерода в них составляет 85% и более.

В настоящее время признанными эффективными сорбентами для очистки являются углеродные волокнистые материалы [2]. Но в данное время в России дефицит данных сорбентов. Можно сказать, что потребность в данных углеродных сорбентах в областях, которые обеспечивают охрану окружающей среды удовлетворяется лишь на 20-50%.

Литература

1. Сироткина, Е. Е. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов / Е. Е. Сироткина, Л. Ю. Новоселова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 359-377.

2. Алибеков, С. Я. Применение углеродных материалов для очистки воды от нефтепродуктов / С. Я. Алибеков, А. И. Сютова, Е. В. Кутонова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. – 2017. – С. 89-94.

УДК 539.376

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

ШАРИК ИЗ КАРБИДОВОЛЬФРАМА ДЛЯ КАНЦЕЛЯРСКОЙ РУЧКИ

Аннотация. *Получение шарика из карбидовольфрама для канцелярской ручки, а не из привычной твердой стали. В статье описываются проблемы с использованием современных шариковых ручек, основные недостатки и причины, приводящие к поломке; способ получения сплава карбидовольфрама; преимущество шарика из данного сплава над шариками из других сплавов; коммерциализация научно-технических результатов.*

Ключевые слова: *карбидвольфрам, шариковая ручка, шарик, порошковая металлургия.*

Рассматривается вопрос об использовании шарика для канцелярской ручки из карбидовольфрама. Ручка стала необходимым атрибутом нашей жизни. Люди носят её в сумке или портфеле для быстрой записи важной информации. Необходимо иметь при себе хорошую и надежную ручку, которая не перестанет писать в нужный для вас момент. Современные шариковые ручки одноразовые или к большинству трудно подобрать нужный стержень, да и пишут они с переменным успехом, отказываясь работать в самый неподходящий момент. Стоит задача: получить такую ручку, которая обладает достаточной надежностью, в которой не требуется менять стержень с чернилами, которую не нужно лихорадочно расписывать на клочке бумаги.

Решением проблемы служит шариковая ручка, шарик которой не из привычной твердой стали или из медных сплавов, а из сплава карбидовольфрама или неметаллических материалов: стекла, полимеров. Для того чтобы ручки писали, чернила должны течь по специальным канавкам, которые наносятся на шарик под определенным углом. Если эти канавки забиваются пастой, когда ручка долго не используется, то чернила застывают и шарик провернуть практически невозможно. Ручку приходится выбрасывать. Другой недостаток – это процесс нанесения канавок на шарик диаметром 0,3 мм, который довольно трудоемок.

Предлагается шарик, изготовленный методом порошковой металлургии из твердых сплавов на основе карбидовольфрама. На этом шарике имеются поры, которые образуются в результате спекания самого материала. Так как поры распределены равномерно по поверхности шарика, сам шарик застревать не будет из-за высохшей пасты, т. е. ручка имеет больший срок службы, чем обычная ручка со стальным шариком.

Обращает на себя внимание тот факт, что шарики из медных сплавов могут легко деформироваться и впоследствии застревать из-за неудовлетворительных механических свойств. Главная задача – это получить необходимое соотношение вольфрама и углерода в сплаве, чтобы ручка работала в любое время и поры в шарики были такого размера, чтобы паста не мазала бумагу, и в то же время было бы достаточно чернил для четкого написания текста. Требуется провести ряд исследований и опытов, чтобы точно установить оптимальное соотношение вольфрама и углерода. Немаловажно установить нужные геометрические размеры шарика.

Преимущество заключается в том, что ручка перестает быть одноразовой, её возможно заполнять чернилами. Не требуется делать специальные операции для выдавливания канавок в металлической трубке стержня. При данной технологии чернила могут течь и по канавкам, и

через сам шарик, по этой причине шарик застревать не будет. Следующее достоинство состоит в том, что шарики, полученные порошковой металлургией, легче изготавливать и сам процесс получения шариков легко автоматизируется. Следовательно, повышается производительность.

Область применения не ограничена. Это преимущественно офисная и учебная сфера. Ежесекундно в мире продается 125 шариковых ручек. За 1 год человек исписывает 3-4 ручки, при этом каждой хорошей ручкой можно написать 50 тыс. слов. По этим причинам полученное изделие будем обладать спросом, так как имеет ряд преимуществ перед аналогами.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что шарик из карбидовольфрама для канцелярской ручки будет обладать рядом преимуществ перед аналогами: прочность, пористость структуры, технологичность, экономичность, долговечность. Все эти достоинства делают ручку с шариком из карбидовольфрама конкурентноспособным продуктом.

Литература

1. Кипарисов, С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1980. – 496 с.

2. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: учебник для высших технических заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

УДК 621.791.3

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

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАЙКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

Аннотация. *В данной статье рассмотрены требования к припоям, причины возникновения дефектов, а также предложен метод по их устранению.*

Ключевые слова: *пайка, режущий инструмент, припой, флюс.*

Наиболее важной частью режущего инструмента является то, насколько надежно и долговечно соединение твердосплавной пластины резца с державкой. Основные требования к припоям звучат следующим

образом: обеспечение смачиваемости спаиваемых поверхностей пластины и державки; высокая жидкотекучесть для максимального заполнения паяльных зазоров; достаточная прочность и надежность скрепления и т. д.

Пайку твердосплавного инструмента проводят только с помощью высокотемпературных припоев на основе меди и серебра. Сплавы из этих металлов обеспечивают приемлемую жидкотекучесть и смачиваемость. Таким образом, прочность паяльных швов на срез превышает 167 МПа, что является достаточным для большинства инструмента.

Проблема смачивания поверхности решается с помощью флюсов. Оксидная пленка на поверхности пластины и державки снижает свойства смачиваемости, флюсы позволяют удалять окислы с поверхности.

Флюс наносят в виде паст, спиртовых или водных растворов, а также в порошкообразном виде. Действие флюса начинается только в определенном интервале температур. При расплавлении он покрывает пленкой соединяемые поверхности, перекрывая доступ к атмосферному воздуху, в процессе пайки флюс замещается расплавленным припоем.

Однако неправильно подобранное соотношение припоя и флюса может вести за собой скрытые и крайне отрицательные дефекты, такие как: непропайка в результате недостаточной смачиваемости, растекаемости и в результате разности температур пластины и державки. Так как в большинстве случаев флюс насыпается в виде порошка, что может вести за собой неправильную дозировку и, как результат, дефект спайки.

Предлагаемый нами вариант использования флюса состоит в следующем: правильно приготовленная шихта, содержащая в себе порошок буры и припоя в виде Л62, изготавливается в виде лент с помощью порошковой металлургии, а именно, прокатом порошка. Такие ленты позволят значительно повысить контроль соотношения флюса с припоем, повысить удобство использования, а также в перспективе использовать ленты для автоматизации процесса.

Также для повышения автоматизации процесса пайки можно использовать ленты из Л62 с бурой в виде пасты. Такая компоновка позволит фиксировать пластинку на резце для дальнейшей спайки с использованием ТВЧ.

Таким образом, подготовка и использование правильных компонентов и сплавов в качестве припоя, правильные температуры и режимы пайки позволят получать качественное соединение и, как следствие, – долговечный инструмент.

УДК 539.376

Патерюхин И. С.
Научный руководитель: Алибеков С. Я., д-р техн. наук, профессор;
Крысь Н. А., PhD, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ВЫБОР МАТЕРИАЛА И КОНСТРУКЦИИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕЗ ВИБРАЦИЙ

Аннотация. *Представлены основания и результаты подбора твердосплавного режущего инструмента для чистовой токарной обработки длинноразмерных деталей без вибрации.*

Ключевые слова: *твердосплавные материалы, конструкция инструментов.*

Рассматривается задача отработки технологии изготовления валов из Стали 40Х. Особенность изготовления заключается в том, что детали имеют высокие технические требования и из-за большой длины 1148 мм валы склонны к вибрации при механообработке.

Вибрация возникает в результате воздействия больших радиальных и тангенциальных сил резания, также из-за низкой жесткости инструментальной оснастки, крепления инструмента или изготавливаемой детали, неверно подобранного инструментального материала и конструкции режущей части.

При проработке технологии изготовления первоначально использовались резцы с многогранными неперетачиваемыми сменными пластинами (рис. 1).



а) б) в)

Рис. 1. Резцы с механическим закреплением пластин

Наиболее оптимальную конструкцию имеет резец «а», так как конструкция закрепления пластин более надежная и обеспечивает большую жесткость за счет двойного закрепления пластины при помощи рычага изнутри и упором снаружи. Передний угол в плане 93 градуса позволяет

снизить силы резания, а небольшой радиус при вершине R=0,4 мм также наиболее оптимально подходит для чистовой обработки. Пластина выполнена из твердого сплава Т5К10 с многослойным покрытием PVD-TiAlN.

Проведенные испытания показали, что данным инструментом невозможно достичь необходимых требований шероховатости поверхности и была обнаружена высокая склонность к вибрациям, при которой обработка невозможна.

Затем была проведена обработка резцами с напайными пластинами. Были использованы резцы с пластинами из ВК8 и Т15К6, с передним углом в плане большим 90 градусов и радиусом при вершине не более 0,4 мм (рис. 2).



Рис. 2. Резец с напайной пластиной

Проведённые испытания показали, что наиболее хорошее качество поверхности и низкая склонность к вибрации при обработке резцом с напайной пластиной. Это можно объяснить тем, что резец с напайной пластиной имеет большую жесткость по сравнению с механическим закреплением пластины.

Резец с пластиной из твердого сплава ВК8 имеет большую стойкость к вибрации за счет более вязкой структуры по сравнению с твердым сплавом из Т15К6, который под действием ударных нагрузок (вибрации) быстро разрушается.

Следует отметить, что стойкость резцов с напайными пластинами ниже из-за отсутствия покрытий, а время переналадки больше по сравнению с резцами со сменными пластинами, поскольку львиная доля вспомогательного времени уходит на переточку режущей части.

Таким образом, наиболее предпочтительными для чистовой обработки детали в данном случае оказались резцы с напайными пластинами из твердого сплава за счет жесткости конструкции и сравнительно более вязкого инструментального материала ВК8.

УДК 621.762.4

Пекпулатова Н. А.
Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,
канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Аннотация. *Рассматривается технология изготовления деталей из конструкционных порошков.*

Ключевые слова: *порошковая металлургия, порошок, изготовление, изделия, материалы, получение.*

Порошковая металлургия – это отрасль технологии по производству металлических порошков, их сплавов и неметаллических веществ и изготовлению деталей из порошков. Из порошков вначале прессуют заготовки, которые подвергают последующей термической обработке – спеканию (при этом повышается прочность детали). Порошковой металлургией получают различные металлические порошки, например: железный, медный, никелевый, вольфрамовый, молибденовый, титановый и др., а также различные композиционные материалы со специальными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, которые другими методами зачастую получить невозможно. [1]

В общем объеме производства изделий порошковой металлургии конструкционные детали занимают более 60% и значительную часть из них составляют детали на железной основе. Наиболее эффективно применение методов порошковой металлургии при изготовлении конструкционных деталей сложной формы, таких как детали зубчатых зацеплений, кулачки, муфты различного профиля. [2].

Для получения качественных заготовок или деталей,порошки предварительно обжигают, разделяют по размерам частиц, потом смешивают. Обжиг порошка способствует восстановлению оксидов, удалению углерода и других примесей, устранению наклепа, что улучшает его прессуемость. Обжиг проводят при температуре, равной 0,5…0,6 температуры плавления в защитной или восстановительной атмосфере.

Заготовки из металлических порошков формообразуют прессованием (холодное, горячее, гидростатическое), экструдированием, прокаткой.

Для повышения прочности сформованные из порошков заготовки подвергают спеканию.

Спекание производится в печах электросопротивления или индукционных в нейтральной или защитной среде при температуре 0,6…0,9 температуры плавления порошка. Процесс спекания длится 30…90 мин., при этом происходят восстановление поверхностных оксидов, диффузионные явления и образуются новые контактные поверхности.

Для повышения физико-механических свойств спеченных заготовок и повышения точности размеров их могут подвергать последующему калиброванию – повторному прессованию или экструдированию и спеканию, пропитке смазочными материалами, термической или химико-термической обработке. Спеченные материалы можно подвергать ковке, прокатке, штамповке при повышенных температурах, а также обработке резанием – точению, сверлению, фрезерованию.

Последнюю выполняют без использования смазочно-охлаждающей жидкости во избежание проникновения ее в поры и возникновения процесса внутренней коррозии металлов. [3]

Применение методов порошковой металлургии для изготовления изделий позволяет достигать высокой производительности труда и значительной экономии средств в народном хозяйстве страны. Экономия достигается за счет получения изделий высокой прочности, рационального использования металла, снижения его потерь, повышения качества изделий, создания новых прогрессивных деталей, которую зачастую получить другими методами невозможно.

Литература

1. Технология изготовления изделия из металлических порошков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xreferat.com/76/1889-1-tehnologiya-izgotovleniya-izdeliya-iz-metallicheskih-poroshkov.html.

2. Ильющенко, А. Ф. Высокоплотные порошковые стали и технологии изготовления из них конструкционных деталей сложной формы / А. Ф. Ильющенко, Е. С. Севастьянов, П. Н. Киреев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.science.by/upload/iblock/810/81070752d299e4ddeda2f5f963c45427.pdf.

3. Производство деталей из металлических порошков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helpiks.org/5-13055.html.

УДК 621.9.048.7

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

ЛАЗЕРНАЯ МИКРООБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. *Рассмотрены анализ и синтез проблем качества лазерной микрообработки материалов, достоинства и недостатки.*

Ключевые слова: *лазерная микрообработка, контроль качества, кинематическая система, источник лазерного излучения.*

В процессе как создания новых видов технологического оборудования, так и для массового и серийного производства новых видов продукции практически во всех наукоемких отраслях производства применяются лазерные методы микрообработки.

На мой взгляд, для материалов или изделий малого размера, обработка которых должна удовлетворять очень высоким параметрам по точности и качеству, лазерная микрообработка является наиболее подходящим методом.

При лазерной микрообработке лазерный луч фокусируется на поверхности целевой детали, а облученная часть заготовки удаляется энергией фотона.

Основные модули лазерной системы микрообработки.

Для лазерной микрообработки определяющим ее технологические возможности и эксплуатационные характеристики являются кинематическая система, источник лазерного излучения и система управления.

Кинематическая система. Сегодня для решения задач по микрообработке наиболее оптимальными являются станки с координатными системами либо на основе гальвоносканеров, либо на основе линейных двигателей прямого привода.

Линейные двигатели, реализующие прямой электропривод без преобразования видов движения, позволяют избавиться от преобразователей вращательного движения в поступательное, снижающих точность, быстрое действие и долговечность.

Источник лазерного излучения. В зависимости от обрабатываемого материала и его свойств для целей микрообработки, также и для других могут использоваться различные типы лазеров: от традиционного CO_2 и Nd:YAG с ламповой накачкой до волоконных, с диодной накачкой фемтосекундных т. д. Для лазерных комплексов микрообработки, как и других лазерных систем, характерно соединение точного машиностроения с самой современной лазерной и управляющей техники.

Сфера применения. В электронике – это лазерная обработка новых и традиционных материалов, создания 3D структур, создание сверхлегких гибких компонентов. В машиностроении, самолетостроении и автомобильной промышленности – новые технологии лазерной резки, микросварки и лазерной формовки. В энергетике – технологии производства солнечных элементов нового поколения.

Достоинства. Минимальное термическое воздействие с высоким уровнем управляемости. Лазерное излучение можно сфокусировать в пятно диаметром в 25 микрон, а современные кинематические системы на линейных двигателях прямого привода позволяют добиться точности позиционирования от 35 мкм, что позволяет удалять материал очень малыми порциями с высокой точностью.

Недостатки. Частицы испаряемого материала попадают на поверхность полупроводниковой пластины, после затвердения они остаются на ней в виде «мусора», который очень трудно удалить.

Степень развития лазерных технологии обработки в любой стране однозначно отражает мощь, статус и технологическое положение страны на мировом рынке, а также позволяет максимально эффективно справляться с трудностями.

Литература

1. Лазерная техника и технология: в 7 кн. / под ред. А. Г. Григорьянца. – М.: Высш. шк., 1987. – 176 с.

2. https://www.mirprom.ru/public/lazernaya-mikroobrabotka.html.

3. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / под ред. В. Я. Панченко. – М.: Физматлит, 2009. – 664 с.

УДК 669.268

Пирбаева Ф. А.
Научный руководитель: Крашенинникова Н. Г.,
доцент, канд. физ.-мат. наук
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. *Рассмотрены свойства хромовых покрытий, способы подготовки поверхности, технология гальванического хромирования.*

Ключевые слова: *восстановление изношенных деталей, гальваническое хромирование; режимы электролиза; состав электролита.*

В процессе эксплуатации машин происходит изнашивание деталей, особенно тех, что работают в парах трения. В связи с этим весьма актуальной задачей является восстановление изношенных деталей. Применяют различные методы восстановления: механическую и слесарную обработку, сварку, наплавку, металлизацию.

На мой взгляд, для деталей, работающих на износ, одним из лучших вариантов восстановления является гальваническое хромирование, поскольку при этом не только восстанавливаются размеры изношенной детали, но значительно повышаются твердость и износостойкость поверхности, что позволяет увеличить надежность и срок службы изделий.

Хромовые покрытия отличаются высокой твердостью, износостойкостью, низким коэффициентом трения, химической и термической стойкостью.

Толщина хромового покрытия должна быть одинаковой по всей поверхности и не превышать 0,20-0,30 мм. Твердость в зависимости от условий электролиза может составлять НВ400-НВ1200.

Для обеспечения хорошего сцепления покрытия с поверхностью детали необходима тщательная подготовка поверхности перед нанесением покрытия, очистка ее от загрязнений.

Поверхность шлифуют, обрабатывают органическими растворителями (бензином, керосином, уайт-спиритом, хлорированными углеводородами) для очистки от минеральных масел. Затем детали подвергают электролитическому обезжириванию в ванне следующего состава (г/л): каустическая сода – 20-30, кальцинированная сода – 30-40, тринатрийфосфат – 5-10. Процесс проводят при температуре 60-70° С и плотности

тока 5-10 А/дм$_2$. Время обработки 5-6 мин, из них 4-5 мин на катоде и 1-2 мин на аноде.

После обезжиривания детали тщательно промывают в горячей и холодной воде.

Хромирование проводят в ваннах, футерованных свинцом или винипластом. Покрываемые детали являются катодом, аноды свинцовые либо из свинцово-сурьмяного сплава. Основной компонент электролита – хромовый ангидрид CrO_3. Можно использовать универсальный электролит состава: хромовый ангидрид – 250 г/л, серная кислота – 2,5 г/л. Плотность тока 35-100 А/дм^2, температура 55-60° С. При хромировании деталей сложной формы целесообразно в начале процесса произвести «толчок тока»; т. е. начать электролиз при плотности тока примерно вдвое больше, чем следует, а спустя 1-2 мин., величину ее постепенно снизить до нормальной. Благодаря «толчку тока» удается осадить хром на углубленных участках изделия.

Хромовые покрытия могут быть гладкими и пористыми. Твердое гладкое хромирование применяют для восстановления размеров деталей, работающих с неподвижными посадками. При гладком хромировании смазка на поверхности детали не удерживается, в процессе работы на трущихся поверхностях могут возникать задиры. Для устранения этого недостатка для деталей, работающих в парах трения, можно использовать пористое хромирование.

Поры и каналы в хромовых покрытиях чаще всего получают анодным травлением продолжительностью 6-10 мин. Пористость покрытия зависит как от продолжительности травления, так и от температуры: с ее увеличением ширина каналов пористого хрома возрастает.

Хромирование изношенных поверхностей деталей большого размера можно осуществлять вне ванны в струе электролита.

Таким образом, гальваническое хромирование является весьма эффективным способом восстановления изношенных деталей машин, позволяющим существенно увеличить срок их службы.

Литература

1. Вирбилис, С. Гальванотехника для мастеров / С. Вирбилис. – М.: Металлургия, 1990. – 208 с.
2. https://www.dieselloc.ru/remont-gidroperedach/sposoby-vosstanovleniya-iznoshennykh-detalei.html.
3. http://chiefengineer.ru/stanki/remont-oborudovaniya/sposoby-vosstanovleniya-detaley.

УДК 621.9.025

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

ТЕХНОЛОГИЯ ДИФФУЗИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Аннотация. *Представлен обзор перспективного метода поверхностного упрочнения, основанного на обработке поверхностей материала концентрированными потоками энергии и вещества.*

Ключевые слова: *электроискровое легирование, диффузия, упрочнение, поверхностный слой.*

Продление работоспособности деталей машин и оборудования напрямую зависит от совершенства технологий, применимости новых материалов и сплавов, а также поверхностного упрочнения отдельных элементов деталей.

Для упрочнения весьма перспективными являются электрофизические методы обработки материалов, основанные на использовании концентрированных потоков энергии. Электроискровое легирование металлических поверхностей является одним из этих методов.

Благодаря значительной гамме материалов, которые можно использовать при электроискровом легировании, этим методом можно в широких пределах изменять механические, термические и другие свойства рабочих поверхностей.

Более доступной по стоимости, практичной и оптимальной альтернативой упрочнения объектов является электроискровое легирование – метод точечного воздействия на площадь поверхности. Технология такой обработки состоит в переносе защитного состава на покрытие короткими плазменными разрядами. Процесс нанесения происходит в воздушно-газовой среде – при каждом единичном электрическом импульсе, вырабатываемом специальной установкой электроискрового легирования UR 121, электрод легированного состава приходит в движение и попадает на предназначенную для упрочнения поверхность.

Преимуществами данного метода являются возможность наносить покрытие на микроскопический участок, не превышающий доли миллиметра; незадействованная в обработке площадь поверхности объекта не получает никаких повреждений – следовательно, не требует защиты в процессе легирования; достаточно высокая адгезия нанесенного слоя с поверхностью подложки обеспечивает надежное, прочное, долговечное сцепление – благодаря эффекту диффузии (проникновения) внешнего слоя в глубь металла; технология легирования сопровождается минимальным нагревом обрабатываемого объекта, отсутствует даже минимальный процент коррозии металла; отсутствуют требования к характеру металлической поверхности, предназначенной для нанесения – нет необходимости в какой-либо подготовке.

Сущность электроискрового упрочнения металлических изделий состоит в том, что при искровом разряде в воздушной среде под действием выпрямленного пульсирующего тока происходит полярный перенос материала электрода (анода) на изделие (катод). Этот перенесенный материал электрода легирует металл детали и, соединяясь химически с диссоциированным атомарным азотом воздуха, углеродом и материалом детали, образует диффузионный износоустойчивый упрочненный слой. Благодаря полярному эффекту, перенос электрода на катод обеспечивает формирование на упрочняемой детали поверхностного слоя с требуемыми физико-химическими свойствами.

Предварительно на поверхность образца была внедрена электроискровым методом медь (электрод М2), толщина полученного инфильтрованного слоя – 0,2-0,3 мм. Целью предварительного внедрения меди являлось увеличение последующей диффузии твердых сплавов, повышение физико-механических свойств.

В качестве упрочняющего электрода использовали сплавы ВК2, ВК6, ВК8, ВК11 Т15К10.

Толщина полученного слоя после упрочнения кромки твердыми сплавами составила 0,3-0,5 мм.

Таким образом, благодаря значительной гамме материалов, которые можно использовать при электроискровом легировании, этим методом можно в широких пределах изменять механические свойства, а также увеличивать глубину диффузионного слоя рабочих поверхностей деталей.

УДК 621.791.14

Смирнов М. В.
Научный руководитель: Довыденков В. А., д-р техн. наук
Поволжский государственный технологический университет

СВАРКА ТРЕНИЕМ. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация. *Рассмотрены особенности процесса сварки трением. Приведены примеры использования данного метода на производстве. Определена целесообразность применения сварки трением.*

Ключевые слова: *сварка, неразъемное соединение, обработка давлением, экономический эффект.*

Сварка трением – это разновидность сварки давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным перемещением (вращением) одной из соединяемых частей свариваемого изделия. Сварка трением является разновидностью сварки давлением, при которой механическая энергия, подводимая к одной из свариваемых деталей, преобразуется в тепловую; при этом генерирование теплоты происходит непосредственно в месте будущего соединения.

Теплота может выделяться при вращении одной детали относительно другой или вставки между деталями, при возвратно-поступательном движении деталей в плоскости стыка с относительно малыми амплитудами и при звуковой частоте. Детали при этом прижимаются постоянным или возрастающим во времени давлением. Сварка завершается осадкой и быстрым прекращением вращения.

В зоне стыка при сварке протекают следующие процессы. По мере увеличения частоты вращения свариваемых заготовок при наличии сжимающего давления происходит притирка контактных поверхностей и разрушение жировых пленок, присутствующих на них в исходном состоянии. Граничное трение уступает место сухому. В контакт вступают отдельные микровыступы, происходит их деформация и образование ювенильных участков с ненасыщенными связями поверхностных атомов, между которыми мгновенно формируются металлические связи и немедленно разрушаются вследствие относительного движения поверхностей. Этот процесс происходит непрерывно и сопровождается увеличением фактической площади контакта и быстрым повышением температуры в стыке. При этом снижается сопротивление металла деформации, и трение распространяется на всю поверхность контакта. В зоне стыка появляется

тонкий слой пластифицированного металла, выполняющего роль смазочного материала, и трение из сухого становится граничным.

Под действием сжимающего усилия происходит вытеснение металла из стыка и сближение свариваемых поверхностей (осадка). Контактные поверхности оказываются подготовленными к образованию сварного соединения: металл в зоне стыка обладает низким сопротивлением высокотемпературной деформации, оксидные пленки утонены, частично разрушены и удалены в грат, соединяемые поверхности активированы. После торможения, когда частота вращения приближается к нулю, наблюдается некоторое понижение температуры металла в стыке за счет теплоотвода. Осадка сопровождается образованием металлических связей по всей поверхности.

Сваривать стержни диаметром более 200 мм нецелесообразно, потому что для реализации этого процесса потребовались бы машины с двигателями мощностью ~ 500 кВт при скорости вращения ~2 с-1 и с осевым усилием более 3 * 10б Н. Сооружение такой машины и ее эксплуатация были бы настолько дорогими, что не окупили бы выгоды, которую может дать сварка трением. Не удается сварить даже в лабораторных условиях и стержни диаметром менее 3,5 мм, для которых нужна установка со скоростью вращения шпинделя ~ 200 с-1 и сложным устройством для осуществления мгновенного его торможения.

Расчеты и опыт практического применения сварки трением показывают, что ее пока целесообразно применять для сварки деталей диаметром от 6 до 100 мм. Наиболее эффективно применение сварки трением для изготовления режущего инструмента при производстве составных сварно-кованых, сварно-литых или сварно-штампованных деталей. Она оказывается незаменимой при соединении трудно свариваемых или вовсе не сваривающихся другими способами разнородных материалов, например, стали с алюминием, аустенитных сталей с перлитными. Эффективно применение сварки трением и для соединения пластмассовых заготовок. Исходя из вышеприведенного, видно, что сварка трением также прочно занимает свою нишу. Она более перспективна, чем сварка взрывом. Сварка деталей таким способом не требует расходных материалов.

Вывод. При сварке трением получаются высококачественные соединения. Но есть у этого метода и несколько существенных минусов. Во-первых, можно сваривать лишь трубы и цилиндрические изделия. Во-вторых, автоматизация этого процесса затруднена, поскольку для сварки совершаются манипуляции с самой деталью, причем манипуляции, требующие четкой и жесткой фиксации обоих деталей. А поскольку даже при конвейерном, не говоря уже о штучном, никогда не бывает

одинаковых деталей, сварной автомат придется оборудовать сложной системой датчиков и подвижными манипуляторами. Вся эта система требует написания сложной программы и компьютерного управления, если нужно получить автомат, способный обрабатывать разные детали. Это очень дорого, довольно громоздко и обеспечивает невысокую производительность производственной линии.

Литература

1. Ольшанский, Н. А. Специальные методы сварки / Н. А. Ольшанский, Г. А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1999. – 232 с.
2. Теоретические основы сварки. – М.: Высшая школа, 2004. – 592 с.

УДК 546.26

Таболич А. А.
Научный руководитель: Самцов М. М., д-р физ.-мат. наук
Белорусский государственный университет
Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ НАНОАЛМАЗОВ

Аннотация. *Представлены результаты исследования влияния температуры вакуумного отжига на структуру и функциональный состав поверхности, седиментационную устойчивость в водной среде ультрадисперсных алмазов.*

Ключевые слова: *ультрадисперсные алмазы, суспензии, седиментация.*

Ультрадисперсные алмазы (УДА) детонационного синтеза обладают комплексом уникальных физико-химических свойств, что вызывает значительный интерес к этому материалу, с точки зрения его практического применения. Прежде всего, их перспективность связана с тем, что они обладают большей удельной поверхностью, на алмазной поверхности существует обилие электронов, обладают большим количеством функциональных групп [1].

Большая активная поверхность частиц УДА и возможность контроля его функционального состава делают этот материал очень привлекательным для гетерогенного катализа и для изучения клеточных процессов в биологии, диагностике и лечении заболеваний в современной медицине [2-4]. Структурно УДА представляют собой алмазные частицы

со средним размером 4-6 нм [5, 6], однако из-за большей удельной поверхности частицы склонны к агрегации.

Тем самым актуальна задача разработки способов получения стабильных суспензий на основе наноалмазов.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования по определению седиментационной устойчивости водных суспензий на основе промышленных ультрадисперсных алмазов (НП ЗАО «Синта», г. Минск). Термообработка в вакууме проводилась в интервале температур 500-1100^{0}С с целью изменения функционального состава поверхности.

Проведенные исследования показали, что вакуумный отжиг при разных температурах влияет на поведение УДА в водной среде, при этом максимальная концентрации наноалмазов в суспензии после центрифугирования достигнута для образца порошка, подвергнутого отжигу при 750^{0}С. При отжиге в 1100^{0}С малая концентрация вещества, оставшегося в супернатанте (2-3% от исходной массы), согласуется с данными, полученными по ИК-спектроскопии, и литературными данными о том, что при таких температурах происходит полная графитизация их поверхности, приводящая к спеканию частиц.

Из анализа спектров ИК-поглощения также было установлено, что вакуумный отжиг способствует очищению поверхности наноалмазов от карбоксильных групп. После отжига в вакууме ослабляется способность наноалмазов образовывать водородные связи, что ведет к более эффективному диспергированию в водной среде.

Литература

1. Образцов, Л. Н. Наноалмазы в смазочных композициях [Текст] / Л. Н. Образцов // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. – 2010. – № 9. – С. 83-91.

2. Detonation Nanodiamonds: Science and Applications. A. Vul', O. Shenderova, Eds. Boca Raton: Pan Stanford Publishing, 2013.

3. Nanodiamond. O. A. Williams, Eds. London: The Royal Society of Chemistry, 2014.

4. Nanodiamonds: Applications in Biology and Nanoscale Medicine. D. Ho, Eds. N.Y.: Springer Science + Business Media, 2010.

5. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение./ П. А. Витязь [и др.]; под общ. ред. П. А. Витязья. – Минск: Беларус. Навука, 2013. – 381 с.

6. Кулакова, И. И. Модификация поверхности и физико-химические свойства наноалмазов. Химия поверхности наноалмазов / И. И.Кулакова // Физика твердого тела /РАН; отв. ред. А. А. Каплянский. – СПб.: ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 2004. – С. 621-628.

УДК 539.376

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

ПЕРСПЕКТИВА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. *Рассмотрение перспектив титановых сплавов в промышленности и их эксплуатационных свойств.*

Ключевые слова: *титановые сплавы, свойства, промышленность, материал.*

Титан – тугоплавкий металл с невысокой плотностью. Удельная прочность титана выше многих легированных конструкционных сталей. Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Титан легируют алюминием, хромом, молибденом для получения сплавов с улучшенными свойствами.

Эксплуатационные свойства как конструкционных, так и жаропрочных титановых сплавов нашли широкое применение в авиационной промышленности СССР и за рубежом. Этому способствовала его высокая удельная прочность в достаточно широком диапазоне температур (от -253°С до +600°С) и уникальная коррозионная стойкость в самых различных средах. Первые промышленные конструкционные титановые сплавы имели уровень прочности 700-950 МПа. В современном авиастроении применяются сплавы, уровень прочности которых может достигать 1300 МПа. Такой уровень прочности достигается не только путем создания новых композиций, но и разработкой новых технологических процессов деформации и термообработки. При этом все разнообразие условий применения обеспечивается широким ассортиментом сплавов, имеющих соответствующий комплекс свойств.

В связи со значительным увеличением доли титановых сплавов в планере создаваемых современных самолетов возникает потребность в разработке сплавов, отличающихся высоким уровнем прочности и жесткости в сочетании с высокой пластичностью на стадии изготовления тонколистовых заготовок.

Сплав обладает высокой пластичностью в отожженном состоянии, что позволяет изготовлять тонкие оболочки широкохордных лопаток

методом листовой штамповки. Последующий процесс высокотемпературной пайки оболочек из этого сплава, осуществляемый в аргоновакуумных печах, может быть совмещен с процессом термического упрочнения.

Применение сплава для изготовления тонкой оболочки широкохордной лопатки вентилятора, длительно работающей при температурах до 350-400°С, обеспечивает увеличение прочности на 20-25% и трещиностойкости на 20% по сравнению с использованием сплавов ВТ20, ВТ6 и ВТ23, а также снижение массы на 15% и трудоемкости на 25%. Сплав ВТ32 опробован в условиях ВСМПО при изготовлении листовых полуфабрикатов.

Еще одним важным аспектом в развитии титанового металловедения является создание композиционных материалов на основе титана. В последние несколько лет роль композиционных материалов в конструкции летательных аппаратов резко возросла, так как именно они могут резко повысить весовую отдачу планера. Такие материалы обладают низкой плотностью, высокими жесткостью и удельной прочностью. Они могут применяться в качестве шумопоглощающих панелей, так как повышают акустическую выносливость более чем в 3 раза по сравнению с металлическими материалами, а также в качестве силовых элементов планера вследствие повышенной вибропрочности, виброжесткости и высокой трещиностойкости.

Перед производителями и разработчиками возникла задача проникновения на другие рынки, но, по мнению экспертов, попытка внедрить аэрокосмические сплавы в других отраслях является тупиковым путем. Это накладывает свой отпечаток на подход к разработке сплавов – необходимый уровень свойств был главенствующим, а стоимость была вторичным фактором, т. е. разрабатывались сплавы целевого применения. Опыт прошлых лет в США показал, что потенциально большие рынки существуют в таких областях, как автомобилестроение, судостроение, подъемно-транспортные машины, трубы для бурения, но успех в проникновении сплавов титана в эти отрасли был весьма ограничен по причине попытки внедрения хороших, но дорогих сплавов аэрокосмического комплекса.

Выводы.

1. Стоимость титановых сплавов велика, как и уровень их эксплуатационных свойств, поэтому их применяют в большинстве случаев только в авиационной промышленности.

2. Все вышеперечисленные требования могут быть обеспечены не столько созданием новых химических композиций сплавов, сколько

разработкой новых технологических процессов, таких как экструзия, изотермическая штамповка, фасонное литье и т. д.

3. Применение изотермической штамповки при производстве крупногабаритных штамповок позволяет повысить коэффициент использования металла при формообразовании на 20-30% и получить точную заготовку с однородной микроструктурой по всему объему заготовки. Использование фасонного литья снижает себестоимость производства деталей в ~2-2,5 раза.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. Н. Леонтьева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfiles.net/preview/5301723/.

2. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др.; под общ. ред. А. М. Дальского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bookfi.net/book/652566.

УДК 697.3

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

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *В данной работе рассматривается способ решения проблемы энергосбережения в системе теплоснабжения.*

Ключевые слова: *система теплоснабжения, энергосбережение, теплоэнергетика, индивидуальный тепловой пункт.*

Для существующей на сегодняшний день системы теплоснабжения характерны значительные потери тепла при подаче отопления и горячей воды потребителю. Основная проблема заключается в том, что в большинстве жилых домов регулирование потребления тепловой энергии на вводе в систему невозможно, так как отсутствует специальное оборудование [1]. Поэтому для решения проблемы энергоэффективного регулирования и учета отпуска тепловой энергии предлагается при проектировании системы теплоснабжения зданий различного назначения дополнительно закладывать в проект индивидуальный тепловой пункт (ИТП) [2].

Наиболее энергоэффективным решением является проектирование автоматизированного узла управления, но этот вариант подходит для зависимой схемы присоединения системы отопления или ИТП для независимой схемы присоединения к теплообменникам контура отопления и горячего водоснабжения. В данных проектных решениях обеспечивается соблюдение температурного графика, в зависимости от температуры наружного воздуха и текущего теплопотребления здания, а также надежная насосная циркуляция теплоносителя в системе отопления [3].

В системах отопления энергосбережение достигается за счет регулирования температуры теплоносителя с учетом изменения температуры наружного воздуха [4]. Для этого в каждом индивидуальном тепловом пункте необходимо проектировать комплекс оборудования, обеспечи-

вающий необходимую циркуляцию в системе отопления и регулирование температуры теплоносителя.

Автоматизация индивидуального теплового пункта дает возможность обеспечить:

– регулирование затрат на тепловую энергию в системе отопления и ограничение максимального расхода сетевой воды непосредственно у самого потребителя;

– заданную температуру в системе горячего водоснабжения;

– поддержание статического давления в системах потребителей теплоты при их независимом присоединении;

– заданное давление в обратном трубопроводе или необходимый перепад давления воды в подающем и обратном трубопроводах тепловых сетей;

– защиту систем теплопотребления от повышенного давления и температуры;

– включение резервного насоса при отключении основного рабочего [5].

Литература

1. Рыбинкин, В. Н. Проблемы в энергосбережении / В. Н. Рыбинкин // Градостроительство. – 2012. – №3. – С. 81-86.

2. Самутенко, К. С. Автономная система теплоснабжения / К. С. Самутенко, Д. С. Лобов // Актуальные вопросы энергетики: материалы Международной научно-практической конференции. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2017. – С. 164-167.

3. Фролов, А.Ф. Проектирование индивидуального теплового пункта – метод решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / А. Ф. Фролов // Актуальные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы VII очной международной научно-практической конференции. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. – С. 311-313.

4. Алимкулова С.Р. Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в систему теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 13 – 15 декабря 2017. [Электронный ресурс] / Под ред. В.Г. Каширских, И.А. Лобур. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 139.

5. Алимкулова С.Р. Сравнение зависимой и независимой схем подключения индивидуального теплового пункта к тепловой сети // научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – С. 57-58.

УДК 621.315.292

Анисимов П. Н.
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСКАТКИ СИЛОВОГО КАБЕЛЯ ПО ЛЕСОСЕКЕ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

Аннотация. *В настоящее время имеются предпосылки для создания систем машин для лесосечных работ с электрическими двигателями в качестве силовых установок. Одной из проблем электроснабжения технологических машин на лесосеке является передача электрической энергии от локального электрогенератора или от сети. В данной работе предлагается устройство для раскатки силового кабеля по лесосеке для энергообеспечения лесосечных машин. Устройство представляет собой модернизированный ролик, через который пропускается кабель. Данный ролик позволяет значительно уменьшить силы трения поверхности кабеля при его раскатке с барабана и обратном сматывании на барабан в условиях лесосеки. Предлагается закреплять его на вертикальных древесных стволах вдоль и в углах поворота технологического коридора. Для этого устройство содержит дополнительно крепление к древесному стволу с помощью хомутов.*

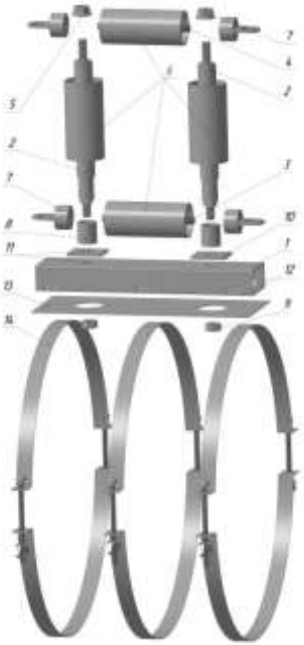
Ключевые слова: *электроснабжение лесосечных машин, раскатка кабеля по лесосеке, производство топливной щепы, ролик.*

Полезная модель (рисунок) относится к роликам для раскатки силового кабеля при выполнении лесосечных работ с помощью лесосечных машин, имеющих в качестве основной силовой установки электрический двигатель, в том числе, мобильных рубительных машин для производства щепы [1, 2].

Устройством-аналогом является универсальное обводное устройство, состоящее из рамы, направляющих и опорных роликов, стойки, а также устройства фиксации рамы на стойке [3]. Недостатками данного устройства являются ограниченный угол направления прокатываемого по роликам кабеля и невозможность использования в условиях лесосеки путём закрепления универсального обводного устройства на древесном стволе.

Устройство-прототип ролик монтажный кабельный направляющий ЕР 4 [4] содержит профиль, являющийся основанием конструкции, две перпендикулярные профилю оси, с одного конца закрепленные в профиле, расположенную у основания параллельную профилю ось и у сво-

бодных концов перпендикулярных профилю осей параллельную профилю ось, закрепленные между двумя перпендикулярными профилю осями таким образом, что четыре оси вместе образуют замкнутый контур, внутрь которого помещается кабель, две прижимные гайки для фиксации расположенной у свободных концов перпендикулярных профилю осей параллельной профилю оси, а также ролики на каждой оси. Достоинством устройства-прототипа является обеспечение возможности направления прокатываемого по роликам кабеля под любым углом, достигаемое расположением роликов вокруг кабеля.



Устройство ролика для раскатки кабеля по леосеке:
1 – профиль; 2 – оси, перпендикулярные профилю; 3 – ось, параллельная профилю у основания; 4 – ось, параллельная профилю, дальняя;
4 – газогенератор; 5 – рубительный модуль; 6 – рубительный агрегат;
7 – рым-гайки; 8 – упорные втулки; 9 – затяжные гайки; 10 – пластины;
11 – пазы фиксирующие; 12 – отверстия; 13 – лист металла; 14 – хомуты

Недостатками данного технического решения являются: невозможность применения данного устройства для раскатки силового кабеля,

питающего лесосечные машины, по лесосеке вследствие отсутствия в устройстве элементов для простого, быстрого, надёжного и безопасного крепления направляющего ролика в условиях лесосеки; низкая ремонтопригодность устройства из-за сварного соединения осей между собой и с профилем.

Технический результат заявленной полезной модели заключается в обеспечении лёгкой и безопасной раскатки силового кабеля, питающего лесосечные машины, по лесосеке; простом, быстром, надёжном и безопасном для растущих деревьев креплении направляющего ролика в условиях лесосеки; повышении ремонтопригодности устройства вследствие применения разборного резьбового соединения осей между собой и с профилем.

Технический результат достигается тем, что ролик кабельный направляющий (рисунок) для раскатки кабеля по лесосеке, содержащий элементы прототипа, дополнительно содержит четыре рым-гайки 7 для крепления осей 3 и 4 параллельных профилю 1 к перпендикулярным профилю 1 осям 2, две упорных втулки 8 для фиксации параллельной профилю оси 3 на закреплённых в профиле 1 концах перпендикулярных ему осей 2, две затяжные гайки 9 для крепления перпендикулярных профилю осей 2 к верхней грани профиля 1, две усиливающие пластины 10, привариваемые к верхней грани профиля 1, пазы 11 в верхней грани профиля 1 и усиливающих пластинах 10 для предотвращения вращения перпендикулярных профилю осей 2, отверстия прямоугольной формы 12 в боковых гранях профиля 1 для продевания хомутов 14, гибкий лист металла 13, привариваемый к нижней грани профиля 1, хомуты 14 для крепления устройства к древесному стволу на лесосеке.

Литература

1. Анисимов, П. Н. Обоснование параметров конструкции и режима работы машины для заготовки щепы на лесосеке: дисс. … канд. техн. наук: 05.21.01 / П. Н. Анисимов. – Йошкар-Ола, 2017. – 205 с.

2. Анисимов, П. Н. Разработка технологических комплексов по производству топливной щепы с автономным энергообеспечением от части производимого биотоплива / П. Н. Анисимов // Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук. – 2018. – №5. – С. 33-36.

3. Инструкция по прокладке кабелей напряжением до 110 кВ [Текст]: инструкция/ ВНИИПроектэлектромонтаж. Концерн «Электромонтаж». – М.: Кэнди, 1992. – 97 с.

4. Ролики кабельные для прокладки (раскатки) кабеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kasus.su/?wpsc_product_category=roliki_kabelnie (дата обращения 10.12.2018).

УДК 620.953:636

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

ВОПРОСЫ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА

Аннотация. *Биогаз – это альтернативный источник энергии, использование которого решает множество экологических проблем.*

Ключевые слова: *биогаз, биотопливо, биоэнергетика, экология.*

В условиях глобального энергетического кризиса все более широкий оборот принимает внедрение возобновляемых источников энергии, одним из которых является производство биогаза. В настоящее время большинство стран достаточно широко используют биотопливо как источник дополнительной энергии и имеют большой опыт его добычи из отходов сельскохозяйственного производства. В качестве исходного сырья используют органические отходы и мусор, что является доступным и практически бесплатным топливом. Биогаз является экологически чистым топливом, а энергия, полученная при его сжигании, применяется в различных сферах жизни человека. Биогаз используют в водонагревательных и котельных установках, а также в двигателях внутреннего сгорания. Чаще всего такое топливо применяют для нужд сельского хозяйства, используя небольшие станции переработки отходов жизнедеятельности животных.

Биогаз более чем наполовину состоит из метана (CH_4), углекислого газа (CO_2) около 35%, а также из других газов, таких как водяной пар, сероводород, угарный газ, азот и др.

Добыча, переработка и использование биогаза решает множество экологических и экономических проблем. В их число входит уменьшение количества выбросов в атмосферу метана, который оказывает гораздо более сильное влияние (в 21 раз сильнее) на парниковый эффект, чем углекислый газ, а также задерживается в ней до 12 лет. В целях предотвращения глобального потепления из-за парникового эффекта будет целесообразным ограничение поступления подобных газов в атмосферу [1].

В современных крупных фермах остро стоит вопрос утилизации отходов крупного рогатого скота. Навоз полагается считать хорошим

удобрением, которое применяется только после переработки, что требует определенных затрат на хранение. Обычно его хранят вблизи ферм на определенных площадях, так как навоз окисляет почву, загрязняет грунтовые воды органическими примесями, а также производит выбросы метана в атмосферу [2].

В стойловой период (в зависимости от его длительности, типа корма, породы животного и рода подстилки) от одной коровы получают 6-12 т навоза [6]. Содержание и концентрация различных веществ (углеводородов, сероводорода, азота и т. п.), по данным ВНИИА (Всероссийский научно-исследовательский институт агрономии), в свежем коровьем навозе может колебаться от качества кормов [3]. Также в зимний сезон фермы требуют больших энергозатрат из-за необходимости отопления животноводческих помещений.

В свежем навозе скота и птичьем помете соотношение углерод-азот составляет 10:1 или меньше. Органика полностью переваривается желудочно-кишечным трактом животного и содержит большое количество низкомолекулярных соединений, в составе которых есть и вода. Навоз характеризуется легким и быстрым анаэробным разложением на биогаз, т. е. богатым выходом метана.

Процесс брожения происходит в метантеках, где метан выделяется как побочный продукт жизнедеятельности бактерий. Для более активного выделения метана навоз постоянно перемешивают, поддерживая оптимальную температуру 35-38 градусов Цельсия. Полученный газ отправляют в резервуар для хранения. Необходимо учитывать, что такой газ содержит много балластовых веществ и требует очистки [4]. После метанового брожения на выходе получается хорошее удобрение-биогумус, который можно использовать в сельскохозяйственных нуждах, что позволит существенно снизить применение химических и минеральных удобрений, следовательно, предотвратить их вредное воздействие на окружающую среду.

В условиях постоянного энергетического голода биоэнергетические технологии развиваются в большем темпе, особенно в странах с развитым сельским хозяйством. По данным журнала «Международная биоэнергетика», 86% биогазового потенциала содержится в сельскохозяйственном сырье, т. е. в навозе и птичьем помете, что в очередной раз доказывает перспективность развития биогазовых технологий в сельском хозяйстве.

Во многих странах мира фермеров поддерживают государственными дотациями для продвижения биоэнергетики. Китай достиг объёмов производства биогаза 14 млрд м³/год благодаря поддержке правительством

внедрения технологий получения биогаза и экологической утилизации отходов животноводческих ферм.

Также и на территории Республики Татарстан ведется реализация ряда проектов в рамках целевой программы «Развитие биотехнологии в Республике Татарстан на 2010-2020 годы». Особое внимание уделяется животноводческим и птицеводческим фермам. Планируется дальнейшее строительство биогазовых установок в сотрудничестве с иностранными компаниями, с производством биогаза и органических удобрений [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что применение биогазовых установок представляет экономически целесообразное решение в плане модернизации сельского хозяйства. Экономическая выгода очевидна, биогазовая установка вполне способна обеспечить потребности не только фермы, но и уменьшить потребность в топливе небольшого города, 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 [5].

Переработка отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота и птичьего помета решает проблему его складирования, благодаря чему снижает риск загрязнения почвы. Таким образом, применение биогазовых установок может не только обеспечивать газом предприятия агропромышленного комплекса и частично жилой сектор, но и производить доступные для местных хозяйств органические удобрения.

Литература

1. Бажин, Н. М. Метан в окружающей среде. Аналитический обзор / Н. М. Бажин. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2010. – 56 с.

2. Дашковский, И. Дырявая экология. Сельское хозяйство производит 250 млн т отходов в год / И. Дашковский // Агротехника и технологии. – 22 марта 2018. – №2.

3. Державин, Л. М. Методология комплексного применения удобрений и пестицидов в интенсивном земледелии / Л. М. Державин, Р. А. Афанасьев, Г. Е. Мерзлая; под. ред. Сычева В. Г. – М.: ВНИИА, 2016. – 344

4. Панцхава, Е. С. Биоэнергетика. Мир и Россия. Биогаз: теория и практика / Е. С. Панцхава. – М.: Кнорус, 2014. – 915 с.

5. Ракитова, О. С. Биогаз / О. С. Ракитова // Международная биоэнергетика. – 2016. – №3(40). – С. 26-27.

6. Основы агрономии / Н. Н. Третьяков, Б. А. Ягодин, А. М. Туликов и др. – М.: издательский центр Академия, 2016. – 145 с.

УДК 624.953

Бибикин В. А.
Научный руководитель: Костромин Д. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ

Аннотация. *Представлен проект по газоснабжению удаленных населенных пунктов.*

Ключевые слова: *СУГ, газоснабжение, транспортировка, хранение.*

По статистическим данным, уровень газификации населенных пунктов в Россиискоой Федерации составляет 68% [1]. Оставшиеся 32% составляют удаленные или труднодоступные населенные пункты, до которых тянуть газопровод является нерентабельно.

Причин тому несколько. Это сложный или реликтовый рельеф местности, не пригодный состав грунтов и климатические особенности, необходимость больших капиталовложений, которые могут значительно увеличить стоимость газа, а также магистральный газопровод, который не обеспечит требуемой пропускной способности для межпоселкового газопровода до удаленного населенного пункта.

Альтернативным решением проблемы газоснабжения удаленных населенных пунктов является создание пунктов хранения привозного сжиженного углеводородного газа (СУГ), с целью снабжения населения паровой фазой СУГ для бытовых нужд, газоснабжения предприятий и котельных. Использование СУГ как автономного источника бытового газа предполагает полный отказ и автономность системы от магистрального газопровода и режимов его работы.

Создание системы типовых проектных решений для снабжения газом удаленных населенных пунктов предполагает следующие аспекты: проектирование пункта хранения газа; кольцевой газораспределительной сети с пунктами редуцирования газа; подбор бытового газового оборудования; разработка логистики доставки жидкой фазы на пункт хранения и строительной сметы.

На первом этапе проектирования для любого населенного пункта необходимо создать математическую модель вычисления требуемого

количества жидкой фазы СУГ, учесть географические и климатические особенности местности.

На примере пгт. Юрино Республики Марий Эл разработан пилотный проект автономного газоснабжение привозным СУГ для населенного пункта с количеством жителей – 3 000 человек (рис. 1). Определена потребность населения в газе, порядка 175 т жидкой фазы СУГ в год, с периодичностью завоза газа в 30 дней [2].

Техническим заданием определены основные элементы пункта хранения СУГ, состоящего из емкостей, сливо-наливных установок и вспомогательного технологического оборудования [3].

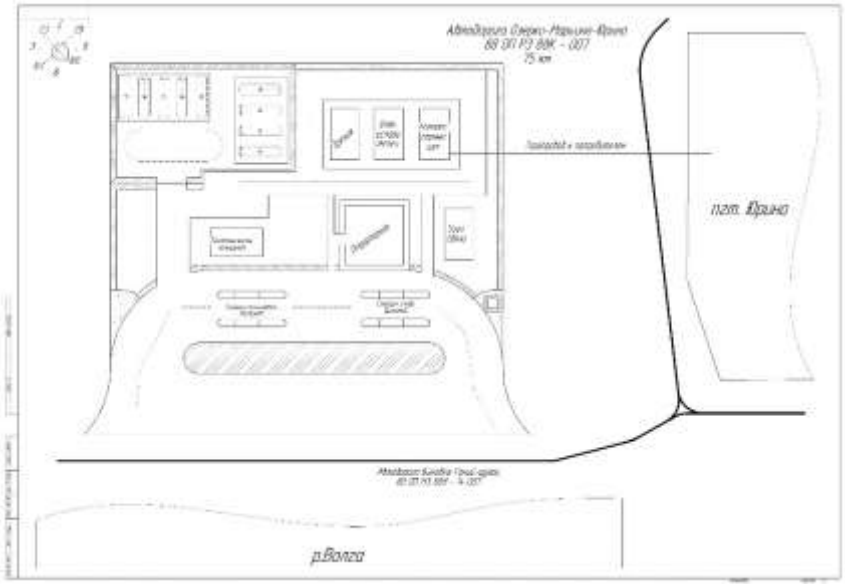


Рис. 1. Генплан пункта хранения СУГ в пгт. Юрино

Спроектирована принципиальная технологическая схема пункта хранения газа. На ней отображены пункты налива жидкой фазы в емкости, резервуарный парк из 9 емкостей, пункт редуцирования газа, пункт заправки баллонов, компрессорный цех и газопровод к населенному пункту (рис. 2.). Жидкую фазу СУГ можно доставлять ж/д цистернами, либо автоцистерной. Это зависит от наличия того или иного вида сообщения с населенным пунктом. Далее СУГ сливается в 9 ем-

костей по 50 м^3 с наполняемостью не более 85% от объема. Из емкости перекачивается на испаритель, далее на компрессор и в газопровод к населению. И возможна заправка жидкой фазой бытовых газовых баллонов.

В итоге созданная модель такого пункта имеет прикладное значение в условиях невозможности прокладки магистрального газопровода. Емкостное и технологическое оборудование может быть выполнено как подземного, так и наземного типа. Определена инвестиционная стоимость проекта – 27 000 тыс. руб. Срок окупаемости строительства пункта хранения менее 10 лет.

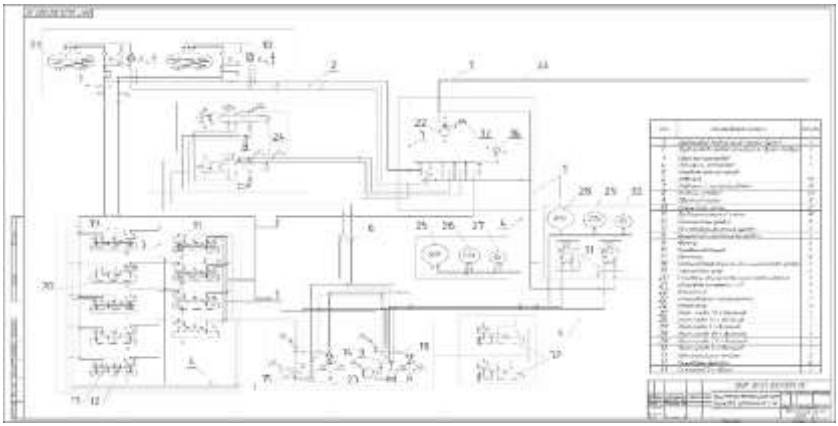


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема пункта хранения СУГ

Литература

1. Официальный сайт ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazprom.ru/about/production/gasification.

2. Определение максимальных часовых расходов газа: Методические указания / сост.: Д. Ю. Суслов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 58 с.

3. СП 18.13330.2011 «Генеральные планы промышленных предприятий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200084088.

УДК 621.039.6

Бирюкова А. Ю., Федорова Л. В., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

КОНСТРУКЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Аннотация. *Представлен анализ конструкции международного экспериментального термоядерного реактора, описаны основные составляющие реактора.*

Ключевые слова: *термоядерный реактор, ITER, Токамак.*

ITER (ИТЭР, изначально аббр. от англ. International Thermonuclear Experimental Reactor, в настоящее время название связывается с латинским словом iter – путь) – проект международного экспериментального термоядерного реактора. Задача ИТЭР заключается в демонстрации возможности коммерческого использования термоядерного реактора и решении физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути.

Конструкция

1. Токамак

Термин «Токамак» – русскоязычный. Изначально И. Н. Головин предложил аббревиатуру «ТОКАМАГ» – «ТОроидальная КАмера с МАГнитами». Однако Н. А. Явлинский подметил, что глухая согласная на конце слова будет звучать более выразительно. Так «ТокамаГ» стал «ТокамаКом» – «ТОроидальная КАмера с МАгнитными Катушками».

2. Магнитная система

Магнитная система токамака состоит из 48 элементов: 18 катушек тороидального поля, 6 катушек полоидального поля, центрального соленоида, состоящего из 6 секций, и, наконец, 18 корректирующих катушек.

Индукция поля, создаваемого магнитной системой, достигает 13 Тл. Это чрезвычайно высокое значение. Для катушек полоидального поля и корректирующих катушек используется ниобий-титановый (NbTi) сплав. При температуре кипения жидкого гелия (примерно 4К или −269 °C) эти сплавы находятся в сверхпроводящем состоянии.

Катушки тороидального поля (toroidal field – TF) расположены снаружи вакуумной камеры токамака и внутри оболочки криостата. Они состоят из 18 идентичных элементов (D-образных катушек), располо-

женных вертикально вокруг торообразной вакуумной камеры. Они создают магнитное поле вокруг плазменного тора напряжённостью 11,8 Тл и запасают энергию 41 гигаджоулей.

Катушки полоидального поля (poloidal field – PF) расположены поверх катушек TF. Находятся внутри оболочки криостата. Состоят из 6 катушек, расположенных горизонтально. Назначение этого поля – отдалить плазменный шнур от стенок камеры и сжать его (адиабатический нагрев).

Центральный соленоид (central solenoid – CS) расположен в «дырке от бублика» – вдоль оси вакуумной камеры. По сути, он представляет собой трансформатор, возбуждающий индуктивный ток в плазме. Благодаря форме камеры плазменный шнур образует кольцо. Таким образом, плазменное кольцо является вторичной обмоткой трансформатора, замкнутой в короткий виток.



Конструкция ИТЕР

Корректирующие катушки расположены внутри вакуумной камеры, между стенкой камеры и бланкетом. Они служат для «сглаживания» пограничных локализованных мод (Edge Localized Modes – ELMs), способных вызвать «выпучивание» плазменного шнура.

3. Дивертор

Дивертор служит для извлечения из плазмы загрязнений, попадающих туда с «горячей стенки» бланкета.

4. Инжектор нейтральных атомов
5. Ионно-циклотронный резонансный нагреватель
6. Электронно-циклотронный резонансный нагреватель
7. Криостат

Криостат – самый большой компонент токамака. Это оболочка объёмом 16000 м^3 из нержавеющей стали, 29,3 метра в высоту, 28,6 метров в диаметре, массой 3850 тонн. Внутри криостата будут располагаться остальные элементы машины.

Литература

1. ИТЭР в 2016 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geektimes.ru/post/284286/, свободный.
2. Энергетика будущего. Международный проект ИТЭР. Под ред. академика Е.П. Велихова. – М.: УТС-Центр, 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iterrf.ru/upload/docs/Booklet_new.pdf, свободный.

УДК 662.613.52

Бусыгин С. В.
Научный руководитель: Афанасьев В. В., д-р техн. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОПКЕ КОТЛА ТГМЕ-464

Аннотация. *Проведен анализ методов измерений температур в топочных устройствах. Разработана методика измерения температуры у бокового экрана энергетического котла ТГМЕ-464.*

Ключевые слова**:** *измерение, температура, котельный агрегат, рециркуляция дымовых газов, термические оксиды азота.*

При сжигании природного газа в котлах в основном образуются термические оксиды азота, являющиеся основным загрязняющим веще-

ством в дымовых газах котельных агрегатов. Выход термических оксидов азота экспоненциально зависит от температуры в зоне активного горения, линейно от концентрации кислорода и времени пребывания в топке. Установлено, что равновесная концентрация NO более 1 г/м^3 наблюдается при температурах свыше 1600°С и увеличивается в 2 раза при повышении температуры на 200÷250°С.

На Чебоксарской ТЭЦ-2 установлено 5 энергетических котлов типа ТГМЕ-464, спроектированных в середине XX века. Топочная камера оборудована восемью вихревыми газомазутными горелками, установленными в два яруса по задней стенке. Для уменьшения вредных выбросов в атмосферу (NO) на котле предусмотрена рециркуляция дымовых газов. В работе [1] на основе анализа литературных данных и проведенных расчетов было показано, что зона активного горения у бокового экрана находится на 2 м ниже нижнего яруса горелок. Для эффективного снижения эмиссии оксидов азота было предложено снижать температуру в зоне активного горения за счет перераспределения дымовых газов рециркуляции между ярусами горелок при неизменной общей их доле r = 15-20%.

Для оптимального перераспределения газов рециркуляции по ярусам горелок необходимо экспериментально измерить температуру в зоне активного горения. Для измерения высоких температур в различных топочных устройствах, металлургических печах широко применяются термоэлектрические и оптические методы измерения.

Наибольшими преимуществами термоэлектрических преобразователей являются их малые размеры и незначительная тепловая инерция. Большинство применяемых термопар не выдерживают температуры свыше 1500°С. Однако существует ряд тугоплавких сплавов из редких металлов, которые выдерживают температуры около 2000°С. Следует также отметить, что термопары могут исказить значение измеряемой температуры вследствие каталитического воздействия на процессы горения. Поэтому активная часть термопары покрывается композитными материалами, например, нитрида кремния или карбида кремния.

При измерении температуры с использованием термоэлектрических преобразователей возникает ряд частых погрешностей. Общую погрешность измерений термо-ЭДС определяют следующим выражением [2]:

$$\sigma_H = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2)^{1/2},$$

где $\sigma_1 \pm (0{,}2 - 0{,}3)\,\%$ погрешность градуировки;

$\sigma_2 = \pm(0{,}15 - 0{,}2)\,\%$ погрешность из-за неоднородности материала термоэлектродов; $\sigma_2 \pm (0{,}2 - 0{,}3)\,\%$ погрешность градуировки; σ_3 – погрешность определения сопротивления линий связи; σ_4 – погрешность

вторичного прибора; $\sigma_5 = \pm 0{,}2\ \%$ погрешность определения температуры свободных концов термопары.

Оптические методы не инерционны и позволяют измерять температуры в широком интервале. При измерении температуры в топках котлов в фокусе пирометра могут оказаться различные участки топки, например, противоположный экран. В этом случае измеряемая величина является суммарным излучением противоположной стенки и топочных газов.

Методика измерения температуры в топке котла включает в себя бесконтактные и контактные методы определения температуры по уровням горелок. Бесконтактное измерение яркостной температуры проводится оптическими пирометрами, например, яркостным пирометром (ОППИР-017). В этом случае пирометр измеряет яркостную температуру. Для определения истинной температуры Т необходимо знать коэффициент монохроматической излучательной способности.

$$T = \left(\frac{1}{T_Я} - \frac{\lambda}{C_2} \cdot \ln \frac{1}{\varepsilon_{\lambda T}} \right)^{-1},$$

где $T_Я$ – яркостная температура, К; $\varepsilon_{\lambda T} = F(Bu)$ – монохроматический коэффициент черноты; $C_2 = 1{,}43879 \cdot 10^{-2}$ м,·К – константа.

Для контактного измерения температуры возможно применение термозонда, представляющего термопару, помещенную в защитный кожух. Рабочий конец термопары можно поместить в топку котла на глубину до 1 м через лючки, расположенные по ярусам горелок. Данный метод опробован в работе [2]. Результаты экспериментов показывают, что применение комбинированных (оптических и контактных) методов позволяет измерить температуру с приемлемой в технике погрешностью, что удовлетворительно согласуется с нормативным методом расчета теплообмена в топке паровых котлов.

Литература

1. Бусыгин, С. В. Изучение возможности снижения эмиссии окислов азота котла ТГМЕ-464 / С. В. Бусыгин, С. А. Шумов // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 1. – С. 141-143.

2. Трембовля, В. И. Теплотехнические испытания котельных установок / В. И. Трембовля, Е. Д. Фингер, А. А. Авдеева. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 416 с.

3. Распределение плотности падающего потока от факела в топке котла при сжигании газа / М. А. Таймаров, Е. Г. Максимов, Д. Г. Хусаинов и др. // Проблемы энергетики. – 2006. – № 3-4. – С. 103-107.

УДК 621.182.12

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

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕАЭРАЦИИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОСЕТИ НА ТЭЦ

Аннотация. *Представлены результаты анализа технологий низкотемпературной деаэрации подпиточной воды теплосети на ТЭЦ.*

Ключевые слова: *деаэрация, коррозия, водоподготовка, подпиточная вода.*

Разработка технологий повышения энергоэффективности ТЭЦ является важнейшей. В связи с этим востребованы исследования, направленные на снижение как внутренней, так и наружной коррозии теплоэнергетического оборудования. Внутренняя коррозия возникает из-за наличия кислорода и углекислого газа в сетевой воде. При водоподготовке добиваются полного удаления углекислого газа, так как в случае его присутствия существенно усиливается коррозия. Процесс коррозии становится более интенсивным с возрастанием содержания кислорода в воде и её температуры. Кислород и углекислый газ в сетевую воду попадают, главным образом, вместе с подпиточной водой, а также с присосами воздуха в неплотностях трубопроводов и теплоэнергетического оборудования. Для устранения подсоса воздуха в трубопроводах поддерживается избыточное давление 50 кПа и выше. С этой же целью осуществляется деаэрация подпиточной воды до её подачи в обратную линию теплосети.

В данной работе проанализированы существующие технологии низкотемпературной деаэрации подпиточной воды теплосети на ТЭЦ. Рассмотрены режимы работы деаэраторов и обобщены факторы, способствующие увеличению их эффективности. Сделаны выводы о наиболее предпочтительных условиях использования различных технологий деаэрации. Ценность исследования состоит в возможности применения результатов при выборе деаэраторов для ТЭЦ и других объектов теплоэнергетики.

УДК 622.75:665.637

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА МАЗУТА ДЛЯ ТЭС

Аннотация. *В данной статье рассмотрена проблема оптимизации процесса подогрева мазута. Проведен обзор различных способов интенсификации конвективного теплообмена. Показано, что в современных условиях и в перспективе одним из главных путей повышения экономичности энергоустановок является совершенствование теплообменного оборудования, реализовать которое можно с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплоотдачи.*

Ключевые слова: *интенсификация, теплообменное оборудование, интенсификатор, мазут, мазутоподогреватель.*

На сегодняшний день в России наиболее распространённый вид резервного топлива, используемого на тепловых электрических станциях – мазут. И наличие резервного топливного хозяйства на объектах энергетики является обязательным условием их стабильной работы.

Система высокоэффективного и экономичного режима сжигания высоковязких мазутов состоит из следующих основных элементов: теплообменников – подогревателей мазута, оборудования рециркуляции подогретого мазута и оборудования смешения части подогретого мазута с мазутом, находящимся в расходных емкостях – резервуарах. Но при использовании мазута возникает все больше сложностей. Например, вязкость мазута. Именно высокая вязкость топочных мазутов и является той основной причиной, по которой мазутное хозяйство электростанций обязательно включает в себя подогреватели мазута.

Наиболее распространенными мазутоподогревателями являются подогреватели типа ПМ и ПМР. Подогреватели мазута типа ПМ используются в одноступенчатых и двухступенчатых схемах мазутоподготовки. Эти аппараты рассчитаны на максимальный его нагрев, равный 125°С, паром с давлением до 1,3 МПа и температурой до 250°С. Имеют 12 ходов мазута. Все детали мазутоподогревателей изготовлены из углеродистой конструкционной стали.

Подогреватели типа ПМР предназначены для подогрева высоковязкого топочного мазута конденсирующимся паром или горячей водой.

Они выпускаются на два рабочих давления мазута 1,3 и 6,4 МПа с температурой мазута на выходе из аппарата до 150°С.

В настоящее время и в перспективе одним из главных решений повышения экономичности энергоустановок является совершенствование теплообменного оборудования, реализовать которое можно с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплоотдачи. С помощью интенсификации теплообмена увеличивается количество тепла, передаваемого через единицу поверхности теплообмена, и, соответственно, уменьшаются масса, габариты, металлоемкость теплообменника; достигается наиболее выгодное соотношение между передаваемым количеством тепла и мощностью, затрачиваемой на прокачивание теплоносителей. [1] Следует отметить, что увеличение скорости течения теплоносителя не является лучшим решением, так как вместе с увеличением коэффициента теплоотдачи повышается и гидравлическое сопротивление аппарата. Причем, если теплоотдача растет пропорционально скорости в степени 0,8, то гидравлическое сопротивление – в степени 2,8. Это приводит к большим тратам мощности на прокачку теплоносителя, чем при оптимально подобранном способе интенсификации, который дает рост теплоотдачи, при той же скорости течения теплоносителя и умеренном росте гидравлического сопротивления.

Наибольший интерес представляют интенсификаторы теплообмена, которые позволяют значительно увеличить теплосъем при умеренном или сопоставимом росте гидравлического сопротивления [2]. К таким интенсификаторам относятся поверхностные интенсификаторы теплоотдачи. Они составляют значительный класс, и к ним относят спиральные и поперечные проволочные вставки, накатки различной конфигурации, шевронные штампованные поверхности и т. д. [3] Отличительной особенностью интенсификаторов данного вида является воздействие на пограничный слой (обладающий наибольшим термическим сопротивлением) и его разрушение с последующей турбулизацией потока. Искусственная турбулизация потока приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи. Повышение энергетической эффективности путем интенсификации теплообмена в каналах теплообменного оборудования способствует снижению металлоемкости за счёт уменьшения габаритов теплообменных аппаратов, а также улучшает эксплуатационные характеристики теплообменников. В результате турбулентности и вихреобразования в трубах уменьшается загрязнение поверхности. Скорость загрязнения уменьшается до 3-5 м/с, что, следовательно, приводит к увеличению срока службы оборудования.

Повышение технического уровня теплообменного оборудования с помощью интенсификации теплообмена улучшает общие характеристики теплоэнергетических установок. На настоящем этапе развития энергетики

возможности повышения тепловой экономичности энергетических установок и другого оборудования мазутного хозяйства путем совершенствования тепловой схемы, повышения начальных параметров теплоносителя и КПД оборудования практически исчерпаны. Снижение удельного расхода топлива существенно зависит от совершенства вспомогательного оборудования энергоустановок. Поэтому интенсификация теплообмена служит мощным средством повышения эффективности не только теплообменного оборудования, но и теплоэнергетической установки в целом.

Литература

1. Ибрагимов, У. Х. Выбор и сравнение эффективности методов интенсификации теплообмена в промышленных теплообменных аппаратах // Молодой ученый. – 2017. – №24. – С. 145-147. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/158/44696/ (дата обращения 24.03.2019).

2. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена: монография / Ю. Ф. Гортышов, И. А. Попов, В. В. Олимпиев и др.; под общ. ред. Ю. Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 531 с.

3. Попов, И. А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена / И. А. Попов, Х. М. Махянов, В. М. Гуреев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.

УДК 697.3:620.92

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

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Аннотация. *В работе рассмотрены особенности использования теплового насоса и применение комбинированной установки для теплоснабжения многоэтажных жилых зданий.*

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

Применение тепловых насосов в жилых многоэтажных зданиях основывается на выборе источника тепловой энергии. Эффективность и выбор источника теплоты зависят от климатических условий.

Самым эффективным способом является отбор тепла из грунта. Трубопровод зарывается в землю ниже глубины промерзания, где температура не изменяется с изменением климата, что позволяет применять установку круглогодично.

Для жилого многоквартирного дома оптимальным является вертикальная скважина, в которую укладывается спиралевидный трубопровод с теплоносителем, глубина таких скважин достигает 30-200 м. На 1 м скважины приходится до 60 Вт тепловой энергии.

Чтобы не допустить понижения температуры грунта к концу отопительного периода, необходимо использовать дополнительные источники тепла.

Дополнительными источниками тепла могут служить вторичные энергетические ресурсы, такие как система утилизации сбросного тепла условно-чистых сточных вод и вытяжной воздух многоквартирных жилых зданий, охлаждаемый в воздухо-жидкостном теплоутилизаторе до 10-12°С. Сточные воды, как правило, есть в каждом жилом здании и зимой их температура редко опускается ниже 5-8 °С. [1]

Система комбинированного использования низкопотенциального тепла грунта, вытяжного воздуха и условно-чистых стоков предназначена для замещения нагрузки горячего водоснабжения жилого здания с температурой горячей воды 55-60°С.

Таким образом, использование тепловых насосов дает возможность частично или полностью заменить традиционные методы систем теплоснабжения.

Литература

1. Правительство Москвы Москомархитектура. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии, 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gosthelp.ru/text/RukovodstvoRukovodstvopop6.html.

2. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1596&version=print.

3. Земляков, А. С. Применение тепловых насосов в системах теплоснабжения / А. С Земляков // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2015. – №12. – С. 55-56.

4. Актуальное применение тепловых насосов для отопления зданий и сооружений / В. Н. Волков, Л. Н. Козина, А. М. Дзюбан и др. // Вестник НГИЭИ. – 2015. – №6(49). – С. 34-38.

УДК 620.179:519.85

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. *Авторами представлены научные исследования в области математического моделирования, в частности, в построении математической модели колебательных процессов линейно-протяженных энергетических объектов. Для расчетов выбрана программа конечноэлементного анализа ANSYS. Определен метод теоретических исследований, основанный на гармоническом анализе. Описан алгоритм построения математической модели колебательных процессов линейно-протяженных энергетических объектов.*

Ключевые слова: *линейно-протяженные энергетические объекты, вынужденные гармонические колебания, математическая модель, ANSYS, колебательные процессы, математическое моделирование.*

Для решения поставленной задачи выбран метод суперпозиции мод (МСМ), который использует собственные частоты и формы колебаний для анализа установившихся вынужденных гармонических колебаний [1].

Процедура гармонического анализа с использованием метода суперпозиций мод и ACT-расширения «Acoustic» состоит из шести основных шагов: построение геометрической модели; задание свойств материала линейно-протяженных энергетических объектов и акустического тела внутри него, разбиение модели на сетку конечных элементов; задание нагружения и условия крепления; проведение модального анализа, получение собственных частот конструкции; задание гармонической нагрузки на акустическое тело; проведение гармонического анализа, получение амплитудно-частотной характеристики колебательных процессов конечноэлементной модели [1].

В программном комплексе ANSYS были построены модели трубопроводов различных геометрических размеров: 2000x40x6 (длина 2000 мм, диаметр 40 мм, толщина стенки трубы 6 мм); 5000x40x6; 8000x40x6; 2000x75x2; 5000x75x2; 8000x75x2; 2000x110x2,2; 5000x110x2,2; 8000x110x2,2; 2000x125x3,1; 5000x125x3,1; 8000x125x3,1; 2000x180x4,4; 5000x180x4,4; 8000x180x4,4; 2000x250x6,2; 5000x250x6,2; 8000x250x6,2; 2000x355x8,7; 5000x355x8,7; 8000x355x8,7; 2000x630x15,4; 5000x630x15,4;

8000x630x15,4; 2000x1000x24,5; 5000x1000x24,5; 8000x1000x24,5 (ГОСТ 18599-2001, ГОСТ Р 52134-2003, ГОСТ 10705-91) [1].

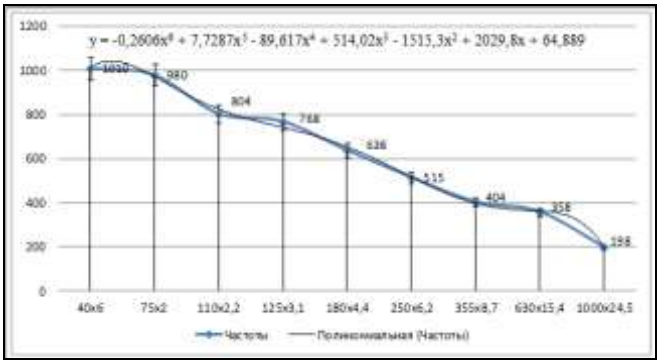
Расчеты проведены для всех указанных типоразмеров трубопроводов трех различных материалов: полипропилен, полиэтилен, сталь.

Различная глубина залегания линейно-протяженных энергетических объектов и характер грунта моделировались изменением давления на стенки объекта контроля (таблица) [2-4].

Расчетные значения давления различного типа грунта от глубины залегания

Тип грунта	Давление, кН/м² (глубина залегания-0,7 м)	Давление, кН/м² (глубина залегания-1 м)	Давление, кН/м² (глубина залегания-1,3 м)	Давление, кН/м² (глубина залегания-2 м)	Давление, кН/м² (глубина залегания-2,5 м)
Пески мелкие	27,418	39,243	51,068	78,659	98,366
Пески пылеватые	29,063	41,597	54,131	83,378	104,268
Глины	30,543	43,715	56,889	87,623	109,578
Суглинки	30,49	43,7	56,888	87,624	109,57
Глины тяжелые	31,2	44,66	58,112	89,509	111,935

В программной среде ANSYS были построены модели линейно-протяженных энергетических объектов, а также рассчитаны характерные частоты поиска трубопровода в грунте (рис. 1) на основе гармонического анализа [5-8].



Частоты поиска трубопровода в грунте

На основе проведенных исследований, разработана математическая модель объекта контроля для заглубленных полипропиленовых, полиэтиленовых и стальных трубопроводов на различной глубине залегания с диаметром от 40 до 1000 мм с применением метода конечноэлементного моделирования для определения информативных частотных диапазонов. На основе проведенных исследований предположено, что в трубопроводе возбуждаются волны Лэмба [5-7].

Литература

1. Гапоненко, С. О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук / С. О. Гапоненко. – Казань: КГЭУ, 2017. – 22 с.

2. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 123-129.

3. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – №2(47). С. 9-13.

4. Гапоненко, С. О. Измерительно–диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.

5. 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 естественнонаучн. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – С. 68-71.

6. Гапоненко С. О. Методика поиска скрытых полых объектов в грунте // Научному прогрессу – творчество молодых, Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонаучн. и техн. дисц.: в 4 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – С. 115-118.

7. Nazarychev S. A., Gaponenko S. O., Kondratiev A. E. Determination of informative requency ranges for buried pipeline location control // Helix, vol. 8(1), pp. 2481- 2487, 2018.

8. Тазеев, И. Р. Моделирование установки для балансировки ротора в программном комплексе ANSYS / И. Р. Тазеев, С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ, 2018. – №5-6. – С. 75-83.

УДК 532.5

Гарнышова Е. В.
Научный руководитель: Измайлова Е. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Аннотация. *Для проведения экспериментальных исследований возможности определения толщины отложений на теплообменном оборудовании использован аппаратно-программный комплекс. Работа выполнялась с целью отработки методик и программного обеспечения акустической диагностики теплообменного оборудования.*

Ключевые слова: *отложения, теплообменное оборудование, метод свободных колебаний.*

Проблема зарастания трубопровода и теплообменного оборудования отложениями органического и неорганического происхождения является важной проблемой в сфере теплоэнергетики. Снизить существенные потери энергии от образования отложений [1] возможно, если контролировать состояние теплообменных поверхностей неразрушающими методами контроля, основанными на измерении частоты собственных колебаний (СК) [2].

Экспериментальный комплекс

Принципиальная блок-схема комплекса представлена на рис. 1, который состоит из системы регистрации и системы обработки сигналов. Возбуждение колебаний в контролируемом изделии осуществляется ударником. После возбуждения колебаний изделия аналоговый сигнал с датчика колебаний (в данном случае с микрофона) поступает в персональный компьютер (ПК) на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Полученный цифровой сигнал из АЦП попадает в оперативную память ПК, посредством специального программного обеспечения записывается в виде файла на жесткий диск компьютера и подвергается дальнейшей обработке.

На рис. 2 представлена фотография экспериментального стенда, включающего рамку, ударник, микрофон и исследуемый объект. В качестве элемента теплообменного оборудования использовалась стальная пластина длиной 40 см, шириной 16 см и толщиной 2 мм, защемленная

с двух сторон. При исследовании акустических характеристик свободных колебаний [3] было проведено десятикратное измерение параметров СК пластины. По пластине наносился удар, проводилось измерение амплитудно-частотных характеристик отклика микрофоном.

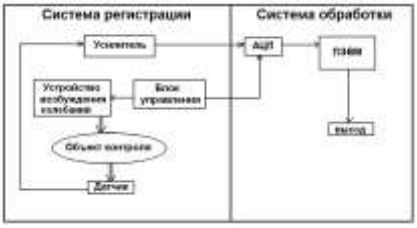


Рис. 1. Блок-схема измерительного комплекса



Рис. 2. Экспериментальный стенд

Используемые для сравнения критерии, такие как статистика амплитуд, площадь спектра, статистика знаков (Фишера), коэффициент корреляции, ранговая сумма и знаковые ранги Вилкоксона-Имана, показали, что их значения находятся в интервале доверительной вероятности $P = 0{,}95$, который строился по каждому критерию. Таким образом, система измерения и обработки результатов обеспечивает воспроизводимость измеряемых значений.

После серии измерений на пластину наносился слой отложений и эксперименты повторялись. Первая серия экспериментов проводилась с пластиной без слоя отложений, во второй – на пластину был нанесен слой отложения 0,5 мм, в третьей – со слоем отложения 1 мм.

Программа обработки экспериментальных данных

Для проведения экспериментальных исследований по контролю материалов и изделий низкочастотными акустическими методами [4] была применена программа Dr.Sonic, которая реализует:

- визуализацию и запись в файл сигнала от микрофона (и других датчиков) через звуковую плату ПК или плату сбора данных LCard (L-761, L-780, L-783);
- формирование спектров сигналов и эталонных спектров;
- сравнение спектров с эталонными спектрами (в т. ч. на интервалах частоты) с вычислением площади спектра (в т. ч. площади разностного спектра), коэффициента корреляции (в т. ч. коэффициента ранговой корреляции Спирмена), статистики амплитуд, статистики знаков (Фишера), ранговой суммы и статистики знаковых рангов Вилкоксона-Имана;

- построение доверительных интервалов и контроль выхода статистик за их пределы;
- протоколирование событий;
- автоматизацию диагностики.

Данные (спектры колебаний), полученные в ходе эксперимента, показаны в виде графиков (рис. 3, 4).

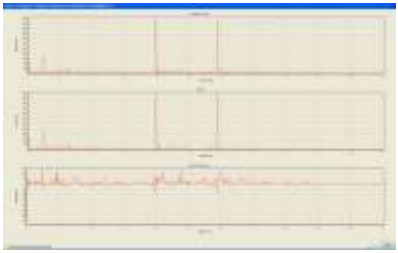


Рис. 3. Пластина без отложений

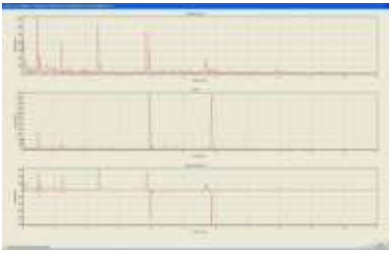


Рис. 4. Пластина со слоем отложения 0,5 мм

Из анализа спектров колебаний пластины, представленных на рис. 4, следует, что наличие отложений на поверхности пластины изменяет ее спектр СК в диапазоне от 20 Гц до 10 кГц. Полученные результаты показали, что метод СК пластины с дефектами на экспериментальном комплексе обеспечивает заданную точность и достоверность, что делает этот метод возможным для применения оценки степени коррозионного поражения теплообменного оборудования.

Литература

1. Method of assessing the thermal state of the heat transfer surfaces. Saifullin E. R., Vankov Yu. V., Izmaylova E. V., Bazukova E. R. / IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1058 (2018) 012058. doi: 10.1088/1742-6596/1058/1/012058.

2. Ваньков, Ю. В. Применение метода собственных колебаний частот к контролю протяженных тонкостенных изделий / Ю. В. Ваньков, Р. Б. Казаков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2003. – № 9-10. – С. 108-114.

3. Метод контроля технического состояния лопаток ГТУ по параметрам свободных колебаний / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков Е. В. Измайлова // Вестник КГТУ им. А. Н.Туполева. – 2012. – № 3. – С. 26-32.

4. Methods of leak search from the pipeline for the analysis of acoustic signals. Saifullin E.R., Izmailova E.V., Ziganshin Sh.G. / Indian Journal of Science and Technology, Vol 10 (1), January 2017. ISSN (Print): 0974-6846, ISSN (Online): 0974-5645. DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i1/109953.

УДК 697.347

Гатауллин Д. И.
Научный руководитель: Вилданов Р. Р., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЁТА ЭНЕРГИИ

Аннотация. *На сегодняшний день для построения взаимовыгодных отношений между поставщиком и потребителями энергии необходимо проводить учёт потребления тепловой энергии. В данной работе описаны автоматизированные системы коммерческого учёта энергии (АСКУЭ), которые позволяют упростить сбор и обработку данных о потреблении электрической и тепловой энергии. Также описаны её преимущества и структура.*

Ключевые слова: *АСКУЭ, учёт энергии, энергопотребление, энергоснабжение.*

С целью оценки эффективности проводимых мероприятий и улучшения коммерческих отношений между поставщиками и потребителями энергии требуется, прежде всего, ликвидировать безучетное потребление различных видов энергоресурсов. Это приведёт к резкому увеличению числа узлов учёта (УУ), что ведёт к дополнительным людским и материальным затратам на их обслуживание, а также сбор и обработку информации с установленных на них приборов. Наиболее рациональным решением будет внедрение автоматизированной системы коммерческого учёта энергии (АСКУЭ).

АСКУЭ позволяет без увеличения числа сотрудников проводить мониторинг состояния оборудования на УУТЭ, фиксировать все неисправности в его работе, а также осуществлять единовременный сбор данных с узлов учёта, исключающий неточности показаний приборов из-за субъективных факторов. Такой метод делает возможным оптимизацию коммерческих расчётов между потребителями и поставщиками энергии.

Как правило, установка АСКУЭ преследует следующие цели:

- оптимизация коммерческих расчётов между потребителями и поставщиками энергии;
- единовременный сбор данных для устранения неточностей показаний приборов из-за субъективных факторов;
- повышение эффективности работы энергоснабжающей компании благодаря автоматизации сбора, передачи и обработки данных;

• формирование информационной базы для принятия технических и экономических решений.

Следует отметить, что автоматизированные системы представляют собой многоуровневую архитектуру. Так, нижний – представлен приборами учёта тепловой энергии. К среднему уровню относится различного рода каналообразующая аппаратура, позволяющая применять различные доступные каналы связи. К верхнему уровню следует отнести устройства сбора передачи данных, выполняющие запрограммированные команды. Далее это сервера связи, базы данных и рабочие места пользователей.

Установка АСКУЭ может позволить выявление наиболее энергоёмкого оборудования, что в свою очередь позволит провести ряд работ по улучшению его энергоэффективности и экономичности. Также данные системы могут помочь в оценке проводимых мероприятий на предприятии. Например, перед выполнением каких-либо работ, таких как опрессовка, можно заранее спрогнозировать увеличение расхода тепла. Так, при проведении гидравлических испытаний имеется возможность зафиксировать дополнительные потери, связанные с проводимыми мероприятиями.

Таким образом, автоматизированная система позволяет удалённо отслеживать потребление энергии с множества точек, исключив визуальный сбор данных с приборов учёта, находящихся в труднодоступных местах. К достоинству системы следует отнести возможность проведения мониторинга состояния оборудования на УУ, фиксировать все неисправности и аварийные ситуации. Также АСКУЭ обеспечивает единовременность сбора данных с приборов учёта, что оптимизирует коммерческие отношения с поставщиками энергии.

УДК 621.577:338.462

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

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СНЕЖНОЙ МАССЫ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Аннотация. *В статье рассматривается решение проблем, связанных с уборкой и вывозом снега в больших городах и устранение негативных последствий после снегопадов. Рассмотрен способ утилизации снега с применением*

теплового насоса, преимущества такого способа. Источником тепла предлагается использование теплоты сточных вод.

Ключевые слова: *утилизация, снег, сточные воды, экология, тепловой насос, температура, тепловая энергия.*

Для территории России свойственна длительная и снежная зима, поэтому большое количество осадков в виде снега – одна из главных проблем городов в зимнее время. Снегопады доставляют много неприятностей не только в больших городах, но и в городах средних и малых [2].

Самый доступный и легкий способ утилизации снега – это вывоз снега за город, в полигоны, т. е. таяние снега происходит естественным путем. Но в больших городах свободных мест мало, кроме этого, снег может быть загрязнен различными химическими элементами, которые вредят почве при таянии. Таким образом, вывоз снега с экологической точки зрения не одобряется [1].

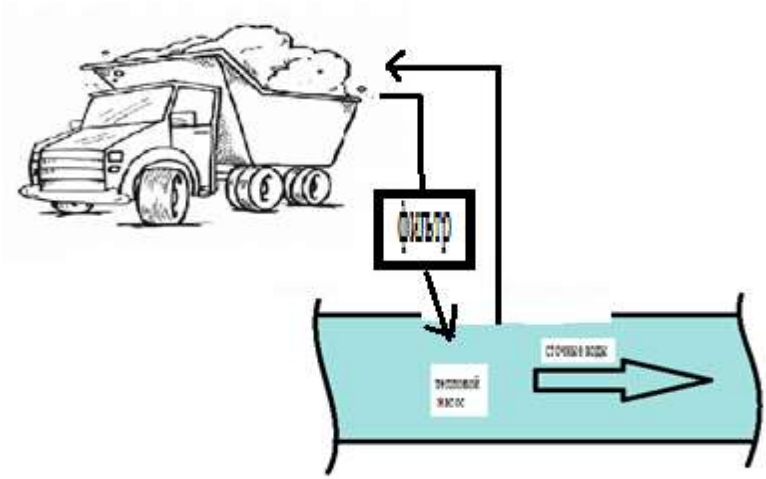
Есть и другой способ борьбы со снегом, как применение снегоплавильных установок для утилизации, т. е. для плавления снега и льда в условиях города. Их применение актуально в городских условиях, особенно после обильных снегопадов.

Различают следующие виды снегоплавильных установок:

1. транспортабельные (перевозимые),
2. мобильные,
3. стационарные [4].

В любом городе есть система отвода сточных вод, а их температура даже в самое холодное время не опускается ниже 10° С. Именно эту теплоту можно использовать для работы теплового насоса, т. е. можно отнять тепло сточных вод и с помощью этой теплоты растопить снег. [3].

Комбинация мобильной снегоплавильной станции с тепловым насосом на сточных водах дает возможность утилизировать снег на месте, где есть оперативный доступ к сточным водам. Схема такого способа показана на рисунке.



Мобильная снегоплавильная установка с применением теплового насоса на сточных водах

Принцип действия мобильной снегоплавильной установки с тепловым насосом на сточных водах заключается в следующем. Снег, собранный из городских улиц и дорог, выгружается в машину и привозится в станцию отвода сточных вод, где установлен тепловой насос. Благодаря теплоте, отобранной из сточных вод тепловым насосом, снег можно растопить прямо в кузове машины. После этого воду, которая образовалась в кузове, можно слить обратно в сток, но, пропуская через фильтр, так как в составе снега много нерастворимых элементов. Такое сочетание позволить экономить на использовании машин для подвоза и места складирования убранного снега.

В заключение можно отметить, что применение такой аппаратуры, как снегоплавильная станция, экономит финансы и время утилизации, а также улучшает экологическую обстановку в городских условиях. Применение таких станций значительно упрощает работу коммунальных служб и прогон грузовых снегоуборочных машин, мешающих свободному передвижению на дорогах.

Литература

1. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». – 2018. – Т. 2 – С. 160-162.
2. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатауллина // XIII Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых»: Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XIII междунар. молодежн. научн. конф. по естественнонаучн. и техн. дисц.: в 4 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 71-74.
3. Гатауллина, И. М. Особенности эксплуатации тепловых насосов для утилизации тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // IV Всероссийская студенческая конференция «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России». – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 3. – С. 150-152.
4. Горбунов, Р. В. Проблема вывоза и уборки снега с магистралей города Кемерово / Р. В. Горбунов // Экономика и социум. – 2016. – №5(24) – С. 3-8.

УДК 697.3:338.5

Гиззатуллин Б. А., Хабибуллина Ю. Р.
Научный руководитель: Безруков Р. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ВАКУУМА ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ТЭЦ С ДВУМЯ ТУРБОУСТАНОВКАМИ ТИПА ПТ-60/75-130/13

Аннотация: *Рассматриваются основные особенности определения оптимального вакуума в конденсаторе паровой турбины тепловой электростанции.*

Ключевые слова: *предельный вакуум, конденсатор паровой турбины, номинальный вакуум.*

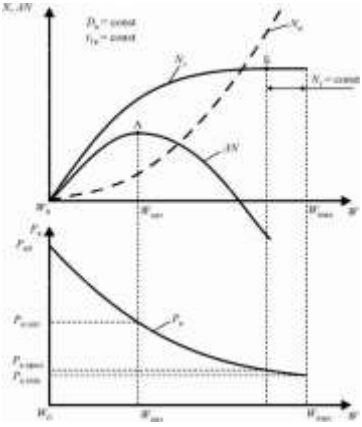
Отклонение параметров свежего пара от номинального значения связано с изменением как экономичности, так и надежности паротурбинных установок.

Уменьшение давления отработавшего пара в конденсаторе приводит к увеличению вырабатываемой турбоагрегатом электрической мощности. При этом уменьшается количество теплоты, передаваемой холод-

ному источнику (охлаждающей воде в конденсаторе), что приводит к увеличению термического КПД цикла паротурбинной установки в целом. Следует поддерживать давление в конденсаторе, при котором удельный расход теплоты на установку минимален. При заданных электрической и тепловой нагрузках турбоустановки и температуре охлаждающей воды, зависящей от метеорологических условий и состояния источника водоснабжения, давление в конденсаторе можно регулировать изменением подачи охлаждающей воды, воздействуя на скорость вращения циркуляционных насосов и разворот их лопастей.

Есть такое понятие, как предельный вакуум в конденсаторе, при котором при прочих равных условиях достигается максимум вырабатываемой электрической мощности, что обычно не является экономически выгодным. Уменьшение давления пара в конденсаторе заданной конструкции сопряжено с увеличением затрат электроэнергии на подачу дополнительного количества охлаждающей воды и, соответственно, на привод циркуляционных насосов.

Существует также понятие номинального давления пара в конденсаторе и соответствующего ему номинального вакуума. Номинальное давление в конденсаторе – это давление, которое принимается при проектировании паротурбинной установки по результатам технико-экономического обоснования проекта с учетом затрат на топливо для производства тепловой и электрической энергии, а также с учетом характеристики и особенностей используемой системы технического водоснабжения.



Суть исследования заключается в следующем. Турбоагрегат работает с постоянным расходом пара в конденсатор $D_к$ и с определенной температурой охлаждающей воды на входе в конденсатор $t_{1в}$. При минимальном значении расхода охлаждающей воды через конденсатор W_0 (рисунок)

К определению предельного и экономического вакуума в конденсаторе турбоагрегата: $N_т$ – электрическая мощность, вырабатываемая турбоагрегатом; $N_н$ – электрическая мощность, затрачиваемая на привод циркуляционных насосов; ΔN – полезный отпуск электрической мощности в сеть; W – расход охлаждающей воды через конденсатор; $P_к$ – абсолютное дав-

ление пара в конденсаторе; $D_к$ – расход пара в конденсатор; $t_{1в}$ – температура охлаждающей воды на входе в конденсатор устанавливается некоторое значение абсолютного давления пара в конденсаторе $P_{к0}$. Увеличение расхода охлаждающей водой (вплоть до максимально возможного значения W_{max}) приведет к непрерывному уменьшению давления отработавшего пара (равному $P_{к\,min}$ при расходе охлаждающей воды W_{max}). При этом будет увеличиваться как вырабатываемая турбоагрегатом электрическая мощность $N_т$, так и затраты мощности на привод циркуляционных насосов $N_н$. Полезный отпуск электрической мощности в сеть, рассчитываемый как разность $\Delta N = (N_т - N_н)$, имеет максимум (точка А), которому соответствуют некоторые оптимальные значения расхода охлаждающей воды $W_{опт}$ и абсолютного давления пара в конденсаторе $P_{к.опт}$. Вакуум, соответствующий абсолютному давлению $P_{к.опт}$, называется экономическим (наивыгоднейшим). Значение $P_{к.опт}$ больше, чем предельное давление пара в конденсаторе $P_{к.пред}$ (точка Б).

Исходя из определения понятия «наивыгоднейший вакуум», наивыгоднейшим вакуумом будет считаться такой вакуум, при котором ΔN будет иметь максимальное значение.

Литература

1. Ледуховский, Г. В. Конденсационные установки паровых турбин: расчет энергетических характеристик. / Г. В. Ледуховский, А. А. Поспелов: учеб. пособие. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина, 2014. – 112 с.

2. Мильман, О. О. Исследования и расчет конденсационных устройств паровых турбин / О. О. Мильман. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 240 с.

УДК 620.178.5

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

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ

Аннотация. *Существует множество методов измерения и анализа вибрации, которые дают возможность наиболее информативно и достоверно контролировать состояние работающих машин и оборудования. В данной статье*

приведено описание метода фазовых портретов и в каких ситуациях этот метод может быть применен, его достоинства и недостатки.

Ключевые слова: *вибродиагностика, неразрушающий контроль, фазовый портрет, дефект, динамическая система.*

Вибродиагностика – это метод неразрушающего контроля, который позволяет выявлять дефекты оборудования на ранних стадиях их развития, наблюдать за процессом изменения работоспособности с целью предупреждения персонала о достижении предельного состояния. Этот метод диагностики имеет такие преимущества, как возможность следить за техническим состоянием оборудования без его разборки и не прерывая производственный процесс, а также позволяет выявлять скрытые дефекты.

Одним из наиболее информативных методов вибрационной диагностики является метод фазовых портретов (траекторий колебаний), в котором используется теория детерминированного хаоса [1].

Поскольку любая вибрация – это колебания, соответственно вибрация представляет собой совокупность различных частот, которые можно изучить, узнать их амплитуды и по этим показателям определить, в каком состоянии находится оборудование. Состояние системы характеризуется двумя значениями в каждый момент времени и на плоскости этих переменных это состояние однозначно определяется положением изображающей точки с координатами значений $x(t)$ и $\vartheta(t)$ (перемещение и скорость соответственно) [2]. Плоскость переменных с этими значениями называется фазовой плоскостью. Со временем изображающая точка будет перемещаться на этой плоскости по кривой, которая называется фазовой траекторией движения. Совокупность многообразных фазовых траекторий создает фазовый портрет колебательной системы. Среди этих траекторий имеется некоторое число основных, которые и определяют качественные свойства системы. Анализируя фазовый портрет, можно получить хоть и неполную, но обширную информацию о колебательной системе. Разбитый на траектории портрет дает легко обозримый «портрет» динамической системы. К построению такого портрета прибегают тогда, когда не удается решить аналитически уравнение, описывающее сложные колебания. В первую очередь, это относится к нелинейным колебаниям, анализ которых затруднен из-за отсутствия, за редким исключением, точных решений нелинейных уравнений.

На фазовом портрете отображаются сразу две характеристики движения, что дает возможность получить больше информации о поведении системы.

Недостатками этого метода является сложность аппаратной реализации и ПО, а также сложность интерпретации результатов.

На сегодняшний день главной задачей является получение наиболее информативных характеристик фазовых портретов вибросигналов, соответствующих наиболее типичным дефектам различного оборудования, выявление закономерностей изменения фазовых портретов, в зависимости от степени тяжести дефектов.

Литература

1. Матюшкова, О. Ю. Современные методы виброакустического диагностирования / О. Ю. Матюшкова, В. Ю. Тэттэр // Омский научный вестник. Сер.: Приборы, машины и технологии. – 2013. – №3. – С. 294-299.

2. Мун, Ф. Хаотические колебания / Ф. Мун. – М.: Мир, 1990. – 311 с.

3. Петрухин, В. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Петрухин, С. В. Петрухин. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. – 176 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5068.html.

4. Бутковский, А. Г. Фазовые портреты управляемых динамических систем / А. Г. Бутковский. – М.: Наука, 1985. – 136 с.

УДК 665.06

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ «РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА - ТЕПЛОВОЙ НАСОС» В ПРОГРАММЕ ASPEN HYSYS

Аннотация. *Рассматривается возможность оптимизации эксплуатационного режима процесса фракционирования путём создания математической модели комбинированной установки «Ректификационная колонна – тепловой насос» в одной из сред математического моделирования.*

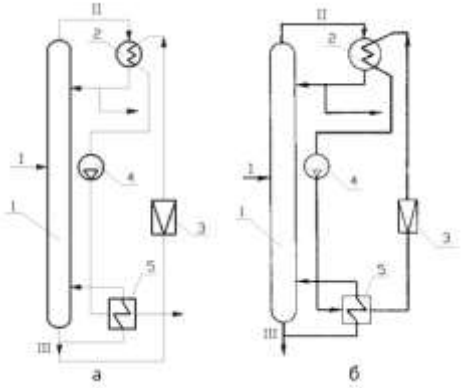
Ключевые слова: *ректификация, ректификационная установка, тепловой насос, моделирование.*

Проблема уменьшения энергозатрат в различных отраслях промышленности относится, в частности, и к химическим производствам, в ко-

торых значительная доля затрат принадлежит процессам разделения смесей как при получении чистых готовых продуктов, так и на стадиях подготовки сырья [1]. Среди существующих методов разделения жидких смесей процесс ректификации является одним из наиболее энергоёмких из-за высокой теплоты парообразования компонентов смеси.

Ректификация является одним из основных процессов химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслей промышленности. На долю ее приходятся громадные капиталовложения и энергозатраты. В то же время ректификация имеет один из наиболее низких энергетических КПД среди всех процессов химической технологии. Поэтому рациональное аппаратурное оформление процессов ректификации и снижение затрат энергии на их осуществление является актуальной задачей [2].

В связи с широким распространением процессов ректификации, перед проектировщиками и персоналом установки фракционирования стоит задача снижения энергозатрат на процессы ректификации путем внедрения нестандартных схем разделения с включением теплонасосной техники. Схемы разделения с циклом теплового насоса закрытого и открытого типа представлены на рисунке.



Использование теплового насоса в процессах разделения:
а – цикл открытого типа, б – цикл закрытого типа,
1 – ректификационная колонна, 2 – дефлегматор-испаритель,
3 – дроссельный клапан, 4 – компрессор, 5 – конденсатор-кипятильник,
I – сырье, II –верхний продукт, III – нижний продукт

Также одной из нестандартных схем включения цикла теплового насоса в процессы разделения является ректификационная установка [3], которая включает в себя ректификационную колонну, выполненную

в виде теплообменного аппарата типа «труба в трубе». Межтрубное пространство ректификационной колонны заполнено насадкой, увеличивающей поверхность контакта паровой и жидкой фаз, вместо дросселя установлен детандер на одном валу с компрессором для использования энергии расширения паров в детандере на вращение компрессора, а для использования теплоты отходящего остатка для подогрева исходной смеси установлен теплообменник-подогреватель.

Вопрос оптимизации эксплуатационного режима процесса фракционирования решается путём создания математической модели комбинированной установки «Ректификационная колонна – тепловой насос» в одной из сред математического моделирования и проведения численного эксперимента, направленного на разработку оптимальной технологической схемы посредством сравнительного анализа различных конструкций тепловых насосов в промышленных процессах и на отыскание оптимального технологического режима. Рассматриваются варианты включения теплового насоса закрытого типа, теплового насоса открытого типа, теплового насоса в виде теплообменного аппарата типа «труба в трубе», встроенного в полость колонны. Одним из самых известных в России продуктов математического моделирования подобных процессов является продукт американской компании AspenTechnologiesInc – Aspen HYSYS.

Внедрение технологических схем с тепловым насосом в процессы ректификации позволит снизить энергопотребление на 1,25 МВт, при использовании схемы «разделительная колонна – тепловой насос закрытого типа», при схеме «разделительная колонна – тепловой насос открытого типа» – на 3,05 МВт., уменьшить металлоемкость конструкции, капитальные затраты и экологическую нагрузку [4].

Литература

1. Красавина, Е. О. Анализ энергосберегающих мероприятий на Ачинском нефтеперерабатывающем заводе восточной нефтяной компании / Е. О. Красавина, В. Е. Ухлин // Энергетика, электротехника и энергоэффективные технологии глазами молодежи: IV российск. молодеж. науч. конф. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 41-43.

2. Энергосбережение в ректификации с использованием комплексов со связанными потоками / А. В. Тимошенко, Е. А. Анохина, Д. Г. Рудаков и др. // Вестник МИТХТ. – 2011. – Т. 6. – № 4. – С. 28-37.

3. Ректификационная установка: патент России № 2393904 / Ефремов Г. И., Александров И. А., Плотникова Л. В., Галибина Г. В. – № 2009107903/15, 05.03.2009; 2010. Бюл. № 19.

4. Красавина, Е. О. Снижение энергоемкости промышленных процессов разделения веществ за счет использования комбинированных схем «ректификационная колонна – тепловой насос» / Е. О. Красавина, Л. В. Плотникова, В. Е. Ухлин // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы IV российской молодежной научной школы-конференции: в 2 томах. Томский политехнический университет. – Томск: ООО «ЦРУ», 2016. – С. 348-351.

УДК 346.7:621.1

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

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. *В работе были выявлены законодательные проблемы теплоэнергетики.*

Ключевые слова: *проблемы, газификация, государственное регулирование, администрация, органы регионального управления, энергетические комиссии.*

На сегодняшний день эксперты энергетических отраслей сошлись во мнениях, что в Российской Федерации явно недоработаны законодательства, регулирующие отношения в энергетическом хозяйстве и это в свою очередь тормозит развитие данной отрасли [1]. Эти недоработки не представляют возможным выбрать наиболее правильный и перспективный путь развития энергетики.

К основным направлениям развития энергетики в Российской Федерации относятся:

– достижение максимально высокого показателя резервирования тепловых сетей (минимизация рисков, связанных с выводом из строя теплосетей в холодное время года) при доступных финансовых средствах;

– предоставление возможности функционирования регионов и муниципальных образования без вмешательства центра;

– необходимость создания самофинансируемого процесса повышения энергоэффективности и технической модернизации отрасли за счет повышения мотиваций к снижению издержек и за счет привлечения инвестиций.

При этом на государственном уровне должна быть разработана методика решения вопросов, что целесообразнее:

– сжигать газ в котельных либо замещать его другими видами топлива и максимально увеличивать объемы продаж за границу;

– развивать атомную теплоэнергетику либо переходить на индивидуальные теплогенераторы;

– отдавать теплоэнергетику в частные руки либо оставлять в государственной и муниципальной собственности.

Одновременно с этим решать вопросы:

– предотвращения коррупции;

– соблюдение интересов всех заинтересованных сторон: производителей, эксплуатационников, потребителей.

Как правильно сформировать и организовать теплоснабжение страны при нехватке финансовых средств [2].

Имеется множество мнений, что данные вопросы необходимо решать на уровне субъектов федерации, но практика показывает, что это не является возможным на данном периоде, в частности, на региональном уровне пока невозможно задать уровень цен на топливо, определить плату за выброс вредных веществ, сформировать налоговую политику и т. д. [1].

Но для некоторых пунктов эти проблемы можно решить уже сейчас, в частности, хорошим примером является газификация котельных. При низких внутренних ценах на газ газификация котельных чрезвычайно выгодна местным администрациям, которые под лозунгом энергосбережения из своих скудных бюджетов находят средства для перевода котельных на газовое топливо, порой даже на строительство новых газифицированных котельных. РАО «Газпром», используя привилегии монополиста, не выдает технические условия, вводит ограничения на поставку газа. Осуществляет давление на программы перевода муниципальной теплоэнергетики на другие виды топлива. РАО «ЕЭС России», прилагает максимум усилий для максимального увеличения доли дешевого газа в топливном балансе, хотя большинство крупных электростанций могут работать на разных видах топлива, так как техническое оснащение позволяет использовать в эксплуатации несколько видов топлива.

Данные проблемы вынуждена решать администрация районов, но справиться с данной проблемой на региональном уровне не представляется возможным.

Вмешательство государства позволит установить баланс в выдаче газа по регионам. На государственном уровне данный вопрос можно решить путем снятия ограничений по выдаче топлива в холодное время года.

Необходимо создать ряд законодательных документов, помимо ФЗ № 261, которые будут регулировать взаимоотношения в данной отрасли на всех уровнях, позволит контролировать уровень цен для поставщиков топлива, производителей электроэнергии и тепла, а также задать перспективный путь развития на последующие годы.

Литература

1. Свечникова, Н. В. Проблемы правового регулирования в сфере энергетики в Российской Федерации / Н. В. Свечникова // Пробелы в российском законодательстве. Юридический журнал. – 2015. – №. 6. – С. 71-72.
2. Аванесов, В. М. Проблемы практической реализации государственных программ по энергосбережению на основе анализа результатов теплоэнергетических аудитов / В. М. Аванесов, А. П. Щеренко // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – №. 4. – С. 24-26.
3. Полуянов, В. П. Законодательные предпосылки реформирования тарифной политики в теплоэнергетике / В. П. Полуянов // Научные труды ДонНТУ. Сер.: экономическая. – 2009. – Выпуск 37-3. – С. 113-119.

УДК 697.341

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

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ г. КАЗАНЬ

Аннотация. *Выявлены наиболее существенные факторы, которые оказывают влияние на снижение надежного и качественного теплоснабжения потребителей.*

Ключевые слова: *теплоснабжение, надежность, оптимизация.*

Проведено исследование в области надежности системы теплоснабжения в Северной части г. Казань.

На базе крупнейших источников тепла г. Казани КТЭЦ-2, КТЭЦ 3, РК «Савиново» сложилась независимая система централизованного теплоснабжения в Северной части г. Казань.

В Северной части расположены современные жилые комплексы и микрорайоны, промышленные предприятия. Развитие городской инфраструктуры ставит задачу для решения экономических проблем в области надежности системы теплоснабжения.

Выявлены наиболее существенные факторы, которые оказывают влияние на снижение надежного и качественного теплоснабжения потребителей и распространены на территории г. Казань:

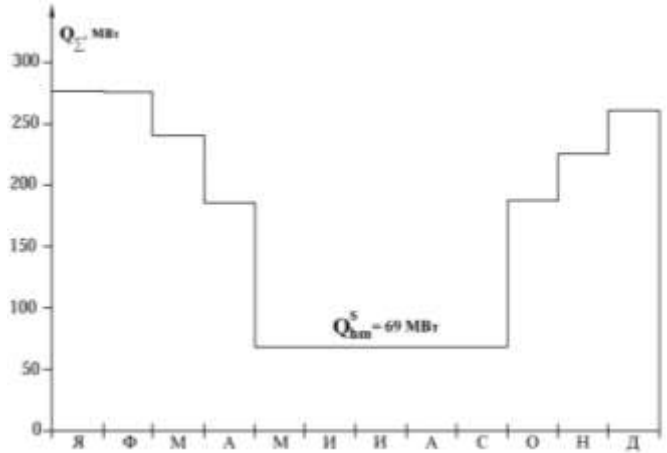
1. физический износ оборудования систем теплоснабжения. Физический износ составляет более 10% и является первым из последующих рассматриваемых критериев.

2. наличие и состояние тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей. Следствием достаточно высокого уровня износа сетей является повышенный уровень потерь воды и тепловой энергии, которые приведут впоследствии к убытку ресурсов.

3. среда, в которой содержатся трубопроводы. В результате физико-химических воздействий окружающей среды на трубопроводах образуются локальные повреждения, что отражается на всей системе работы теплопроцесса.

К решению повышения надежности работы тепловых сетей можно отнести применение современных теплоизоляционных материалов (с низкой теплопроводностью), проведение оптимизации по распределению тепловых потоков к потребителям, оптимизацию режима работы системы теплоснабжения.

В целях проведения анализа по оптимизации системы теплоснабжения рассмотрен район в Северной части г. Казань с расчетом потребления теплоты по месяцам (рисунок). Основная нагрузка приходится на отопление и горячее водоснабжение. Источником теплоснабжения является РК «Савиново».



Годовой график потребления теплоты по месяцам

В районной котельной «Савиново» города Казани установлены три водогрейных котла типа КВ-ГМ-180-150 Барнаульского котельного завода

«Сибэнергомаш» для теплоснабжения систем отопления, для обеспечения теплом системы горячего водоснабжения и для разогрева мазута в резервуарах мазутохранилища. Подключенная тепловая мощность котельной на 2016 год составляла 431 Гкал/ч. Таким образом, суммарная тепловая мощность всех котлов, установленных в котельной, составляет 540 Гкал/ч, что покрывает нагрузку на отопление и горячее водоснабжение.

В дальнейшем рассматривается внедрение индивидуальных тепловых пунктов в качестве источника тепловой энергии для повышения энергетической и экономической эффективности взамен реконструкции ЦТП.

Литература

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Лебедев В. М. Источники и системы теплоснабжения предприятий. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 384 с.
3. Программа XXII Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного «Дню энергетика» (4-5 декабря 2018 года, г. Казань) [23, С. 38]: научное издание. – Казань: КГЭУ, 2018. – 72 с.

УДК 621.18:697.3

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

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ С ГАЗОВЫМИ КОТЛАМИ КОНДЕНСАЦИОННОГО И ТРАДИЦИОННОГО ТИПОВ

Аннотация. *Проведен сравнительный анализ денежных затрат на выработку теплоты для нужд спортивного комплекса от автономной котельной с газовыми котлами традиционного и конденсационного типов, тепловых сетей и автономной котельной с двумя одинаковыми газовыми котлами традиционного типа.*

Ключевые слова: *газовый котел конденсационного типа, газовый котел традиционного типа, автономная газовая котельная, тепловые сети, экономическая эффективность.*

Для производства суммарной теплоты 1135 кВт на нужды отопления, горячего водоснабжения и вентиляции спортивного комплекса в Республике Татарстан были подобраны котлы конденсационного и традиционного типов марок Vitocrossal 200 CM2 и Vitoplex 100 PV1, соответственно. Система отопления работает по температурному графику 115/70 °С.

Оба котла включаются в схему последовательно. Конденсационный газовый котел (ведущий) покрывает базовую нагрузку, а традиционный котел (ведомый) – пиковую нагрузку [1].

Предлагаются три режима работы котельной, в зависимости от температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, при которой возможна конденсация водяных паров (при температуре ниже 57 °С), и соответствующей ей температуры наружного воздуха [2]. При работе в этих режимах расчетное значение нормативного КПД котельной с конденсационным и традиционным газовыми котлами может достигать значений в диапазоне от 99 % до 104,76 % [3].

Проведено сравнение затрат на выработку теплоты для спортивного комплекса:

1. с использованием тепловой сети. Плата за потребляемую тепловую энергию за 2019 год составила 6404 тыс. руб., за период с 2019 по 2029 гг. с учетом увеличения тарифа – 84734 тыс. руб.

2. с использование энергетически эффективной схемы котельной с конденсационным и традиционным газовым котлом с КПД 100,37 %. Расход природного газа составил 444 м^3. Капитальные затраты на основное и вспомогательное оборудование котельной, на сооружение котельной и на строительно-монтажные работы по расчетам составили 6020 тыс. руб. Плата за расходуемый природный газ за 2019 год составила 2554 тыс. руб. Суммарные денежные расходы на котельную за 2019 год, состоящие из затрат на электрическую энергию, природный газ, воду, а также капитальные затраты и прочие расходы составили 10367 тыс. руб.

3. с использованием схемы котельной с двумя традиционными газовыми котлами с КПД 92 %. Расход природного газа составил 484 тыс. м^3. Капитальные затраты на основное и вспомогательное оборудование котельной, на сооружение котельной и на строительно-монтажные работы по расчетам составили 3744 тыс. руб. Плата за расходуемый природный газ за 2019 год составила 2786 тыс. руб. Суммарные денежные расходы на котельную за 2019 год, состоящие из затрат на электрическую энергию, природный газ, воду, а также капитальные затраты и прочие расходы составили 8324 тыс. руб.

В результате расчетов определили, что применение схемы автономной котельной с газовыми котлами традиционного и конденсационного типов с КПД 100,37 % по сравнению с тепловыми сетями окупится через 3 года, а по сравнению со схемой с двумя газовыми котлами традиционного типа с КПД 92 % будет приносить прибыль через 8 лет. Однако применение схемы с конденсационным газовым котлом имеет преимущественную особенность, которая заключается в низком уровне вредного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Загретдинова, А. Р. Автономная котельная с последовательным соединением теплогенераторов конденсационного и традиционного типов / А. Р. Загретдинова // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 81-82.

2. Загретдинова А.Р. Повышение энергоэффективности котельной спортивного комплекса / А. Р. Загретдинова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы IV Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 20-23 ноября 2018 г.): в 8 ч. Часть 1: Инжиниринговые технологии – взгляд в будущее современного производства. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – С. 56-58.

3. Загретдинова А. Р., Кондратьев А. Е. Перспективы применения децентрализованной системы теплоснабжения. Энергоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: док. / А. Р. Загретдинова, А. Е.; Кондратьев под общ. ред. Е. В. Мартынова; сост.: Е. В. Мартынов, В. В. Чесноков, С. В. Артамонова // XVIII Международный симпозиум, Казань, 13-15 марта 2018 г. – Казань: Издательство: ИП Шайхутдинов А.И., 2018. – С. 137-138.

УДК 621.431

Зыкин М. И., Анисимов Н. С.
Руководитель: Сидоров А. Л., преподаватель
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. *В данной статье рассматривается методика проверки свечей зажигания двигателей внутреннего сгорания.*

Ключевые слова: *свеча зажигания, автомобильный транспорт.*

Трудно недооценить значение автотранспорта в современном мире. По данным аналитического агентства «Автостат», на 1 января 2018 года в нашей стране зарегистрировано 2,1 млн легковых автомобилей с дизельными двигателями. Это примерно около пяти процентов от общего объема автопарка. Все остальное составляют бензиновые двигателя. И во всех используют свечи зажигания. Часто возникают проблемы с определением работоспособности. Даже среди новых свечей около 20-25% оказываются некачественными и не способными работать.

Свеча зажигания работает в тяжёлых условиях. Давление в конце такта сжатия бензинового двигателя достигает 0,9-1,5 мПа, а температура – 270-480 ^{o}C. Часто проверка свечей зажигания заключается в проверке при атмосферных условиях, то есть свечу выкручивают из головки блока цилиндров, подключают к свечному проводу и, прокручивая двигатель, наблюдают за работой свечи. Но данный метод дает нам только то, что свеча вообще работает. А как она себя ведет в условиях высокого давления и повышенной температуры, данный метод выяснить не позволяет.

Для проверки свечей зажигания под давлением есть множество приборов заводского и индивидуального исполнения. Принцип работы всех этих приборов сводится к тому, что свеча вкручивается в герметичную емкость, накачивается воздух и создается давление, и на свечу подается напряжение. Этот метод более качественный, но всё-таки остается не выясненным вопрос, как себя поведет свеча при высокой температуре.

В предлагаемом нами приспособлении предусматривается нагнетание сжатого воздуха до давления 0,9 мПа и нагрев до температуры 250-300 ^{O}C. Подогреватель воздуха устанавливается непосредственно в камере сжатия.

Порядок работы на приспособлении выглядит следующим образом:

1. устанавливается проверяемая свеча;
2. накачивается давление в 0,9 мПа;
3. нагревается камера до температуры 250-300 ^{o}C;
4. производится подача напряжения на свечу. По наличию и характеру искры определяем работоспособность свечи, правильность регулировки зазора.

Разработанное приспособление позволяет проверить и настроить свечи в максимально приближённых условиях работы, а также позволяет произвести регулировку зазора свечи зажигания.

Правильно отрегулированные свечи позволят двигателю более качественно работать, снизить расход топлива, что скажется на ресурсе узлов системы зажигания.

Литература

1. Архангельский, В. М. Автомобильные двигатели: учебное пособие / В. М. Архангельский. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.

2. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов учреждений высшего образования. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом «Академия», 2015. – 416 с.

УДК 621.311+620.92

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ ПО ИХ ВИБРОКОЛЕБАНИЯМ

Аннотация. *Одна из основных задач энергетики состоит в обеспечении надежности систем энергоснабжения. Ввиду необходимости контролировать параметры транспортируемой среды внутри магистральных трубопроводов разработаны технические способы мониторинга и измерения давления в трубопроводах.*

Ключевые слова: *акустический метод, давление, датчик вибрации, резонансные частоты, модальный анализ.*

Грамотная эксплуатация и своевременный анализ систем энергоснабжения позволяет повысить безопасность и надежность их работы. Один из важных вопросов, касающихся энергетических систем, состоит в необходимости контроля параметров среды, транспортируемой по трубопроводам. Установка устройств внутри трубы в магистральных трубопроводах не рекомендуется, так как размещение приборов приводит к созданию препятствий, способствующих нарушению движения продукта и возникновению нежелательных отложений на стенках.

В настоящее время существует большое количество различных способов определения давления внутри трубопроводов. Наиболее допустимым и надежным для применения является акустический метод.

Преимущества метода состоят в минимальном наборе технических средств, простоте конструкции и увеличении точности определения давления.

Способ измерения давления внутри трубопровода в соответствии с акустическим методом, состоит в определении собственных частот трубы с последующим определения давления по формуле (1), устанавливающей функциональную зависимость частоты и давления.

Данный способ измерения давления предполагает размещение пьезометрических датчиков вибраций на наружной поверхности трубопроводов. При помощи датчиков вибрации в сетевом компьютере осуществляется регистрация спектра шумового сигнала, содержащего в себе спектральные составляющие вибраций собственных резонансов трубопровода.

Формула, описывающая зависимость частоты резонансных гармоник трубы от давления, может быть представлена:

$$P = \alpha \cdot \Delta \mathrm{f} + \mathrm{b} \cdot \Delta \mathrm{f}^2 + c \cdot \mathrm{f}_0 (20 - T), \qquad (1)$$

где P – измеряемое давление;

a, b, c – градуировочные коэффициенты;

$\Delta \mathrm{f}$ – приращение частоты резонансной гармоники;

f_0 – номинальное значение частоты;

T – температура стенки трубы [1].

Оценить данную зависимость позволяет ANSYS – пакет программ для математического моделирования различных физических процессов [2]. В программе создается математическая модель процесса и производится анализ приращения частот собственных резонансов трубы.

В среде ANSYS осуществляется построение геометрической модели объекта исследования – трубопровода [3], также в программе задаются параметры материала исследуемого объекта, давление внутри трубы и температура на поверхности стенки, производится модальный анализ в соответствии с заданными условиями.

Под модальным анализом понимается задача определения собственных частот и форм (мод) собственных колебаний [4].

Проведение численного моделирования позволяет сделать вывод об эффективности метода акустического контроля давления внутри трубы и о наиболее чувствительных к изменению давления резонансных частотах трубопровода.

С помощью модального анализа было определено, что с возрастанием давления внутри трубопровода увеличивается собственная частота трубопровода.

Литература

1. RU 2470274, 20.12.2012 «Способ и устройство для измерения давления внутри трубопроводов».
2. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова и др. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
3. Компьютерное проектирование. ANSYS: учебное пособие / М. А. Денисов. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. – 77 с.
4. 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, 2006. – 101 с.

УДК 62-519

Исламова Г. Ф., Гапоненко С. О.
Научный руководитель: Гапоненко С. О., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Аннотация. *Технологические объекты нефтегазодобычи, как правило, распределены по большой площади и на труднодоступных территориях. Расстояние до отдельных вышек может достигать нескольких километров. При этом путь может проходить через болота и реки, а доступность объектов зависит от времени года и погодных условий. В связи с этим усложняется система передачи информации, необходимой для дистанционного контроля и управления распределенными и удаленными «кустами» скважин. Для решения данной проблемы предложена интеллектуальная система автоматизированного управления технологическими процессами с помощью радиомостов.*

Ключевые слова: *радиомост, диспетчеризация, насосное оборудование, автоматизация, интеллектуальная система, технологический процесс.*

Для соединения сетей в пределах одного объекта на данный момент используют беспроводные точки доступа и кабельную прокладку. Но если технологические объекты распределены неравномерно и расположены в труднодоступных территориях, тянуть кабеля становится экономически нерационально, так как требуются техника, установка столбов, раскопка траншей, учет специфики почвы (тип грунта, влажность,

глубина промерзания), затухания сигнала, при обрыве требуется «прозвонка». Современные технологии предлагают другие, более надежные и дешевые решения – беспроводную сеть – GSM и радиомосты. Эти технологии обеспечивают быструю передачу информации без дорогой и сложной прокладки кабеля. GSM модули не актуальны на данных территориях, в связи с отсутствием покрытия телефонной связи.

Технология радиомоста для передачи данных схожа с Wi-Fi связи, с использованием специализированного оборудования. Для этого применяются точки доступа с повышенной мощностью. Для увеличения дальности приема сигнала применяется параболическая антенна, фокусирующая его в луч, позволяющий передавать информацию на расстояние до 20 км. Главным условием для обеспечения передачи является прямая видимость между передающими и принимающими устройствами. Некоторые устройства оборудуются решетчатыми антеннами, имеющими меньшую парусность. Их можно устанавливать на зданиях, где высокая ветровая нагрузка на возвышенностях или местностях с сильными ветрами.

Система мониторинга (СМ) предназначена для контроля и эффективного управления, в том числе дистанционного, технологическим оборудованием: насосами, а также параметрами, характеризующими состояние оборудования, обнаружение отказов оборудования при его работе и при переключениях.

Предлагаемый способ дистанционного управления насосами заключается в измерении параметров у насосного оборудования: температуры, давления, скорости и частоты; сигналов аварии оборудования и передачи данных в диспетчерский пункт.

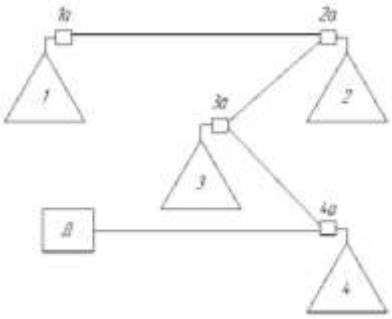


Схема связи точек доступа между объектами нефтегазодобычи и диспетчерской: 1, 2, 3, 4 – объекты нефтегазодобычи, 1а, 2а, 3а, 4а – точка доступа радиомоста, Д – диспетчерская

Для реализации предполагаемого способа был предложен метод передачи и управления сигналом на основе радиомоста с точкой доступа. Устройство может быть использовано в качестве ретранслятора, моста или производительной точки доступа. Схема системы представлена на рисунке.

Принцип работы данной системы заключен в точке доступа, которая выполняет роль приемника и передатчика с частотой более 5 ГГц и способная поддерживать беспроводные мосты на расстояние более 9 км.

Дискретные и аналоговые сигналы датчиков насоса на объектах 1, 2, 3, 4 считываются микроконтроллерами, после чего данные передаются в точку доступа, 1а, 2а, 3а, 4а, и отправляются в диспетчерскую. По окончании этапа обработки сигнал отправляется в обратном порядке по тем же точкам доступа до требуемого контроллера, далее передается управленческий сигнал на насос.

Таким образом, производится дистанционное управление технологическим процессом без участия человека на объекте.

Эффективность данного способа повышается за счет уменьшения времени, затрачиваемого на контроль и управление насосами на объекте, и экономии средств, вследствие установки автоматических систем управления на объекте, посредством контроллеров и радиомостов.

Достоинствами интеллектуальной системы автоматизированного управления технологическими процессами являются возможность дистанционного контроля без пребывания человека непосредственно на объекте, оперативность в случае аварии или неполадок.

Литература

1. Двинин, А. А. Типовые центробежные насосы в нефтяной промышленности, оборудование и агрегаты нефтегазового производства / А. А. Двинин, А. А. Безус. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 231 с.

2. Смурнов, Е. С. Автоматизация и диспетчеризация систем электроснабжения / Е. С. Смурнов. – М.: Лаборатория книги, 2010. – 102 с.

УДК 654.54

Казакова Г. Д.
Научный руководитель: Политова Т. О.
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. *В общем комплексе мероприятий по обеспечению надёжности тепловых сетей сбор статистической информации об отказах и оценка показателей надёжности в условиях эксплуатации являются последним, заключительным этапом. При этом появляется возможность оценить реальные значения показателей надежности и, следовательно, оценить эффективность мероприятий по обеспечению надёжности на всех этапах – проектирование, производство,*

испытания, монтаж, эксплуатация. Поэтому особое значение приобретает вопрос качества получаемых в эксплуатации оценок показателей надёжности.

Ключевые слова: *надежность, тепловые сети, износ, тепловые потери.*

Надежность тепловых сетей оценивается показателем надежности, величина которого должна быть не менее установленного уровня. Так как с ростом системы ущерб, связанный с авариями, прогрессивно растет, поэтому для больших систем уровень надежности устанавливают выше. Вопрос об оптимальном уровне надежности систем теплоснабжения в настоящее время не решен. Предварительно уровень надежности систем теплоснабжения от квартальных котельных и районных тепловых станций можно принимать не ниже 0,85, а от ТЭЦ – не ниже 0,90. Такой сравнительно невысокий уровень надежности объясняется большими значениями параметра потока отказов элементов тепловых сетей [2].

В данной работе проведен анализ статистических данных, предоставленных ОАО «Казэнерго» за 2014-2018 гг., а также определены нормативные значения часовых тепловых потерь для среднегодовых условий эксплуатации трубопроводов тепловых сетей, проведено сравнение этих значений до и после замены трубопроводов.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16.05.2014 № 452 «Об утверждении Правил определения плановых и расчета фактических значений показателей надежности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения, а также определения достижения организацией, осуществляющей регулируемые виды деятельности в сфере теплоснабжения, указанных плановых значений…» исходными данными для анализа является количество прекращений подачи тепловой энергии потребителям в связи с технологическими нарушениями на тепловых сетях и на источниках тепловой энергии [3,4].

Существенно большая надежность источников тепловой энергии по сравнению с тепловыми сетями связана с резервированием котлов и насосного оборудования. Предоставленные ОАО «Казэнерго» статистические данные о повреждениях (порывах) в их тепловых сетях содержат информацию за период с 2014 г. по 2018 г. В этих данных приведены наименования энергорайонов, относящихся к ним источников теплоснабжения и объектов, на которых произошли порывы, а также время их отключения на ремонт и включения после его осуществления. В целях увеличения срока службы и сокращения затрат на ремонт сетей ОАО «Казэнерго» реализует программу по замене традиционных стальных трубопроводов на трубопроводы из полимерных материалов.

Увеличение финансовых вложений повысило надежность тепловых сетей и сократило тепловые потери [1].

Определение нормативных значений часовых тепловых потерь, Гкал/ч, для среднегодовых условий эксплуатации трубопроводов тепловых сетей производилось по формуле:

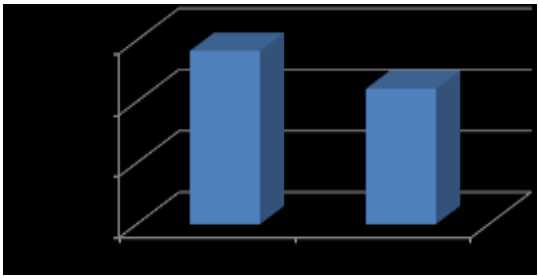
$$Q_{\text{из.н.год}}=\sum(q_{\text{из.н}}\cdot L\cdot\beta)\cdot 10^{-6},$$

где $q_{\text{из.н}}$ – удельные часовые тепловые потери трубопроводами каждого диаметра, определенная пересчетом табличных значений норм удельных часовых тепловых потерь на среднегодовые условия эксплуатации, ккал/ч·м;

L – длина участка трубопроводов тепловой сети, м;

β – коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери запорной и другой арматурой, компенсаторами и опорами (принимается 1,2 при диаметре трубопроводов до 150 мм и 1,15 при диаметре 150 мм и более, а также при всех диаметрах трубопроводов бесканальной прокладки независимо от года проектирования).

В результате данного расчета, в котором учитывались количества повреждений, рост общего износа сетей, финансовые вложения, получили изменение нормативных часовых тепловых потерь до и после реконструкции тепловых сетей Q1 иQ2 (рисунок).



Изменение тепловых потерь до и после реконструкции тепловых сетей

Проведенный анализ показывает изменение общей оценки эксплуатационной надежности тепловых систем за предшествующие годы. Необходимо повысить требования к безопасности реконструкции и эксплуатации систем, улучшить качество и организацию работы в целом.

Литература

1. Добромыслов, А. Я. Водоснабжение, канализация. Противопожарная безопасность. Практические рекомендации по проектированию и строительству

трубопроводных систем, в том числе с применением пластмассовых труб / А. Я. Добромыслов, Е. Е. Кирюханцев. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2008. – 727 с.

2. Ионин, А. А. Надежность систем тепловых сетей / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.

3. Сурис, М. А. Защита трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии / М. А. Сурис, В. М. Липовских. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 216 с.

4. Анализ монтажа санитарно-технических систем холодного и горячего водоснабжения – Режим доступа: https://vuzlit.ru/1879029/opredelenie_teplovogo_potoka.

УДК 735.29

Камаев А. Г., Овчинников В. С., Горинов Ю. А., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

ВЫБОР ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Аннотация. *Представлены подходы по выбору тепловой изоляции трубопроводов.*

Ключевые слова: *тепловая изоляция, минеральная вата, пенополиуретан.*

Цель работы – повышение надежности и энергоэффективности теплоснабжения.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью качественной теплоизоляции, обеспечивающей увеличение срока службы трубопроводов и уменьшение теплопотерь.

Универсального теплоизоляционного материала, который бы подходил для всех трубопроводов, на сегодняшний день нет. Для каждого отдельного проекта необходимо подбирать свой теплоизоляционный материал, который обеспечит необходимые задачи теплоизоляции трубопровода.

На сегодняшний день на российском рынке представлено довольно много утеплителей для трубопроводов, они производятся в виде матов, трубок, сегментов, цилиндров и полуцилиндров, рулонной изоляции, в виде мастик и красок, в виде услуги по напылению теплоизоляции. Также трубопроводы могут быть предызолированы, т. е. на рынке предлагается готовое решение пробрести трубу, на которой уже присутствует теплоизоляция и гидроизоляция (если она необходима).

В настоящее время используются различные виды изоляции.

Минераловатные теплоизоляционные цилиндры rockwool изготавливаются из минеральной ваты на основе базальтовых пород. Цилиндры могут выпускаться кашированными армированной алюминиевой фольгой.

Основная область применения – тепловая изоляция технологических трубопроводов на объектах различных отраслей промышленности (включая пищевую промышленность) и строительного комплекса. Следует отметить, что основной областью применения являются трубопроводы, по которым транспортируется пар (паропроводы), а также технические жидкости, которые имеют высокую температуру – до + 400 °С.

Экструзионный пенополистирол «ТИСПЛЭКС» – это жесткий материал желтого цвета из полистирола общего назначения, который получают путем смешивания гранул полистирола при повышенных температуре и давлении с введением вспенивающего агента и с последующим выдавливанием из экструдера. Получаемый материал имеет равномерную структуру, состоящую из мелких, полностью закрытых ячеек размером 0,1-0,2 мм. Благодаря этому изделия «ТИСПЛЭКС» обладают стабильными теплотехническими и физико-механическими показателями и необычайно высокой прочностью на сжатие, практически совсем не пропускают влагу и поэтому являются долговечными, имеют коэффициент теплопроводности 0,028 Вт/м.К.

Вспененный синтетический каучук Kaiflex выпускается в виде трубок толщиной от 6 до 32 мм и внутренним диаметром от 6 до 160 мм, а также в виде рулонов толщиной 6, 10, 13, 16, 19, 25 и 32 мм. Изоляция может выпускаться с самоклеющимся слоем или в комбинации со специальными покрытиями Kaiflex.

Kaiflex представляет собой вспененный каучук, предназначенный для изоляции холодильных установок, морозильных систем, систем кондиционирования, вентиляции, водоснабжения, канализации и отопления.

Изделия из пенополиуретана марки «ТИС» – это жесткая, неплавкая термореактивная пластмасса с сильно сетчатой структурой, только 3% от объема занимает твердый материал, который образует каркас из стенок и ребер. Именно он придает материалу механическую прочность. Остальные 97% объема занимают поры, они-то и берегут тепло или холод строений и коммуникаций.

Жидкий керамический теплоизоляционный материал (Астратек) представляет собой высокотехнологичный композиционный материал на водной основе, состоящий из вакуумированных керамических сфер, находящихся в смеси акриловых полимеров. Эта комбинация делает материал легким, гибким, растяжимым, обладающим отличной адгезией к покрываемым поверхностям. Материал, по консистенции напоминающий

обычную краску, является суспензией белого цвета, которую можно наносить на любую поверхность. После высыхания образуется эластичное полимерное покрытие, которое обладает уникальными теплоизоляционными свойствами и обеспечивает антикоррозийную защиту.

Рабочий температурный режим материала Астратек® от -60 до +230 ºС, допускаются кратковременные тепловые нагрузки до +260 ºС. Астратек® наносится, как краска. Материал можно наносить с помощью воздушного и безвоздушного распылителя или с помощью кисти. После полимеризации Астратек® устойчив к агрессивным средам, не смывается щелочными растворами и водой. Грязь с поверхности смывается водой.

Вспененный полиэтилен Порилекс изготавливается из полиэтилена высокого давления методом вспенивания по экологически безопасной технологии (без применения фреона). Имеет структуру с закрытыми порами. За счет высокого содержания воздуха имеет высокие теплоизолирующие свойства. Не впитывает влагу, имеет отличные пароизоляционные параметры. Поглощает удары и шум, является превосходным звукоизолятором. Экологически безопасен, не имеет ограничений в применении (вплоть до пищевой и медицинской промышленности).

В зависимости от выбора марки теплоизоляции Батиз, область применения материалов до +400 °С, а также до +1000 °С, что делает Батиз незаменимым для теплоизоляции трубопроводов с температурой теплоносителя до +1000 °С.

Выводы.

Тепловая изоляция трубопроводов – важная задача, которая обязательно должна проводиться при прокладке коммуникаций. Для её выполнения существует немало материалов и технологий. Выбрав подходящий способ тепловой изоляции, необходимо придерживаться технологии работ. В этом случае потери тепла будут минимальными, а кроме этого, будет обеспечена защита конструкции трубопроводов от различных факторов, что положительно скажется на сроке их службы.

Литература

1. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник для средних профессионально-технических учебных заведений / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 268 с

2 Технология теплоизоляционных материалов: учебник для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.

3. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. СНиП 41-03-2003.

УДК 620.92

Козлов Д. С., Курочкина К. Ю., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КАСКАДНОГО ТИПА

Аннотация. *Представлен анализ особенностей фотоэлектрических преобразователей каскадного типа.*

Ключевые слова: *ВИЭ, фотоэлементы, солнечный спектр.*

Цель работы – анализ особенностей работы и перспектив использования фотоэлектрических преобразователей каскадного типа.

Наиболее эффективными, с энергетической точки зрения, устройствами для превращения солнечной энергии в электрическую (т. к. это прямой, одноступенчатый переход энергии) являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП). При характерной для ФЭП равновесной температуре порядка 300-350 К и Т солнца ~ 6000 К их предельный теоретический КПД >90%. Это означает, что в результате оптимизации структуры и параметров преобразователя, направленной на снижение необратимых потерь энергии, вполне реально удастся поднять практический КПД до 50% и более (в лабораториях уже достигнут КПД 40%).

Теоретические исследования и практические разработки в области фотоэлектрического преобразования солнечной энергии подтвердили возможность реализации столь высоких значений КПД с ФЭП и определили основные пути достижения этой цели.

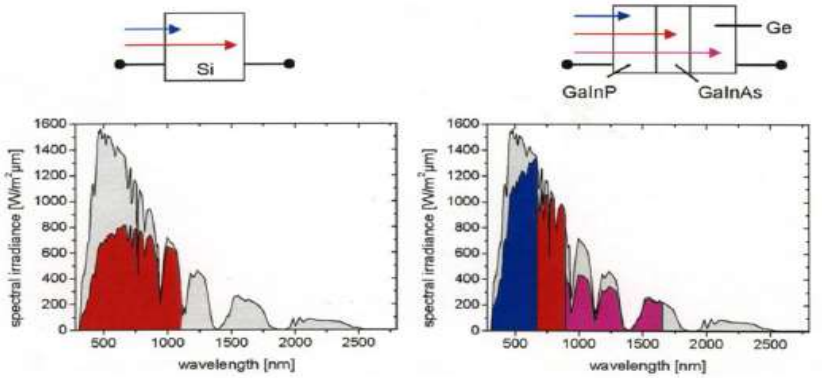
Преобразование энергии в ФЭП основано на фотовольтаическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения. Неоднородность структуры ФЭП может быть получена легированием одного и того же полупроводника различными примесями (создание p-n-переходов) или путём соединения различных полупроводников с неодинаковой шириной запрещённой зоны-энергии отрыва электрона из атома (создание гетеропереходов), или же за счёт изменения химического состава полупроводника, приводящего к появлению градиента ширины запрещённой зоны (создание варизонных структур). Возможны также различные комбинации перечисленных способов. Эффективность преобразования зависит от электрофизических характеристик неоднородной полупроводниковой

структуры, а также оптических свойств ФЭП, среди которых наиболее важную роль играет фотопроводимость, обусловленная явлениями внутреннего фотоэффекта в полупроводниках при облучении их солнечным светом. Принцип работы ФЭП можно пояснить на примере преобразователей с p-n-переходом, которые широко применяются в современной солнечной и космической энергетике. Электронно-дырочный переход создаётся путём легирования пластинки монокристаллического полупроводникового материала с определённым типом проводимости (т. е. или p- или n-типа) примесью, обеспечивающей создание поверхностного слоя с проводимостью противоположного типа.

Преимуществами наногетероструктурных каскадных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) являются:

- увеличение КПД (более 37%) каскадных ФЭП на основе полупроводниковых наногетероструктур GaInP/GaInAs/Ge;
- возможность преобразования 1000-кратно концентрированного солнечного излучения;
- снижение в 1000 раз расхода полупроводниковых материалов пропорционально степени концентрирования солнечного излучения.

Сегодня эффективность каскадных солнечных элементов на основе гетероструктур составляет 35-40%. Главная причина увеличения эффективности каскадных солнечных элементов заключается в том, что большая часть энергии солнечного излучения, попадающего на солнечный элемент, эффективно используется для получения электричества



Доли солнечного спектра (ярко окрашенные), преобразуемые с помощью кремниевых ФЭП (слева) и каскадных наногетероструктурных ФЭП (справа)

Фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии в настоящее время признан наиболее перспективным среди методов, ис-

пользуемых в нетрадиционной энергетике. За последние шесть лет темпы роста фотоэнергетики составляли около 35% в год. Ожидается, что в течение ближайших 20 лет солнечная фотоэнергетика создаст более 2 млн. рабочих мест, сократит выбросы парниковых газов в атмосферу на 350 млн. тонн CO_2, и к 2030 г. общая мощность солнечной фотоэнергетики превысит 650 ГВт.

Вывод: в настоящее время фотоэлектрические преобразователи каскадного типа являются самыми эффективными устройствами для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую, расширение области применения указанных фотопреобразователей позволит расширить область применения солнечной энергетики.

Литература

1. Reported by Shell International Petroleum Co. and the G8 Renewable Energy Task Force Energy from the Desert, James & James 2003 (Science Publishers) Ltd 8-12 Camden High Street, London NW1 OJH, UK www.jxj.com.

2. Андреев, В. М. Жидкостная эпитаксия в технологии полупроводниковых приборов / В. М. Андреев, Л. М. Долгинов, Д. Н. Третьяков. – М.: Советское радио, 1975. – 327 с.

3. Алферов, Ж. И. Некоторые фотоэлектрические свойства p-n-гетеропереходов фосфид-галлия – арсенид-галлия / Ж. И. Алферов // ФТП. – 1965. – Т. 7. – № 4. – С. 1235.

УДК 620.92

Кудрявцева А. В., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРУПНЫХ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ СИХВИНСКОЙ ПЭС

Аннотация. *Представлен анализ конструктивных особенностей крупных приливных электростанций на примере Сихвинской ПЭС.*

Ключевые слова: *ПЭС, приливная энергетика, ВИЭ.*

Цель работы – провести анализ конструктивных особенностей крупных приливных электростанций на примере Сихвинской ПЭС, выявить преимущества и недостатки конструкции.

Сихвинская ПЭС – крупнейшая в мире на настоящий момент приливная электростанция, расположенная в искусственном заливе Сихва-Хо на северо-западном побережье Южной Кореи. Электростанция обладает установленной мощностью 254 МВт и была запущена в августе 2011 года.



Внешний вид и место расположения Сихвинской ПЭС

Электростанция располагается на северо-западном побережье Южной Кореи в провинции Кёнгидо на западе от города Ансан примерно в 40 км к юго-западу от столицы Республики Кореи Сеула. Она использует силу Жёлтого моря, расположенного между Корейским полуостровом и Китаем. По причине большой площади залива и относительно небольшой глубины возникают сильные приливы. В бухте Асан, от которой отделен залив Сихва, прилив составляет порядка 8 метров.

В период между 1987 и 1994 годами государственная корпорация Korea Water Resources Corporation построила дамбы изначально не с целью получения электроэнергии, а с целью отвоёвывания у моря новой территории, а также с целью создания резервуара пресной воды для орошения. После создания дамбы и отделения бухты от моря качество воды в ней начало стремительно ухудшаться из-за слива городских и промышленных отходов, вследствие чего применение воды для запланированных целей стало невозможным. Проведённое морским научно-исследовательским институтом (Korea Ocean Research and Development Institute – KORDI) исследование показало, что, для того чтобы снова улучшить качество воды, необходимо обеспечить более активный водообмен с открытым морем.

Поэтому в 1997 году было решено сделать отверстие в дамбе, через которое морские течения смогут проникать в бухту. Это отверстие как положительный побочный эффект дало возможность использовать при-

ливные силы для получения энергии и интегрировать в систему электростанцию. Поскольку цель получения энергии была менее значимой и подчинённой экологическим целям, электростанция была рассчитана только на одностороннее направление движения воды: только прибывающая вода крутит турбины, отлив же совершается без энергетического эффекта. При отливе вода через восемь пропускных сооружений просто сливается в море. При этом возникает меньшее сопротивление, чем в приливных турбинах, что обеспечивает повышенную водную циркуляцию. Таким образом, с каждым циклом обменивается около четверти объёма бухты.

Строительство электростанции было начато в 2003 году. Была построена рядом с основной дамбой также временная подпорная стенка из огромных бетонных цилиндров, отделяющая запорные сооружения дамбы от моря. Таким образом, возник отрезанный от воды участок моря, который был осушен. В этом участке и была сооружена электростанция. Строительство было произведено южнокорейской фирмой Daewoo Construction в сотрудничестве с австрийской фирмой VA Tech Hydro.

Параллельно со строительством электростанции с обеих сторон дамбы насыпаны два искусственных острова, «остров людей» и «остров природы», которые планируется использовать для туристических и рекреационных целей.

Запуск электростанции планировался в 2009 году – начале 2010 года, но многократно откладывался в ходе строительных работ. Станция открылась окончательно и запущена в коммерческое использование в августе 2011 года.

Вывод: в настоящее время технология создания приливных электростанций является недостаточно отработанной и дорогостоящей, в связи с этим создаваемые приливные электростанции имеют обычно не только энергетическое применение. Важным аспектом создания и эксплуатации приливных электростанций является изменение экологической обстановки.

Литература

1. Сихвинская ПЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kyojima.livejournal.com/26459.html, свободный.

2. Сихвинская ПЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%85%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%9F%D0%AD%D0%A1, свободный.

УДК 620.9

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

ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР КАК СПОСОБ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СТАНЦИИ НА ЛУНЕ

Аннотация. *Был проанализирован основной способ аккумулирования тепла, наиболее подходящий для лунных условий.*

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

Лунный научно-исследовательский комплекс состоит из жилых модулей, помещений общего назначения, блока жизнеобеспечения и агрегатов систем обслуживания (радиаторы, отражатели и т. д.), санитарно-гигиенического блока, ресторана; адаптационно-реабилитационного центра, комплекса медицинского обеспечения, спортивного сектора, центра управления системами жилой зоны, мастерских технического обслуживания, службы связи с Землей и внутрибазовой связи. Учитывая специфические условия существования на Луне, была разработана схема использования солнечной энергии в целях отопления исследовательской станции [1]. Основной проблемой является обеспечение теплом помещения в период лунной ночи. Решением данной проблемы стал аккумулятор тепла, расположенный под станцией внутри лунных пород.

Тепловой аккумулятор – устройство, для аккумулирования тепловой энергии, основанное на использовании физического или химического процесса, связанного с поглощением и выделением теплоты.

Существуют различные типы тепловых аккумуляторов, успешно применяемых в бытовых системах отопления.

По интервалу рабочих температур тепловые аккумуляторы можно разделить на 4 группы:

- для производства холода – $T < 20$ °C
- низкотемпературные – 20 °C $< T <$ 200 °C
- среднетемпературные – 200 °C $< T <$ 500 °C
- высокотемпературные – $T > 500$ °C

Наиболее широкое применение нашли низкотемпературные тепловые аккумуляторы, использование которых связано с системами жизнеобеспечения человека, экологически чистыми способами производства энергии и оптимизацией потребления энергии.

По временному фактору использования аккумуляторов теплоты различают аккумуляторы краткосрочного и долгосрочного действия [2]. Время цикла работы аккумулятора тепла (далее АТ) краткосрочного действия не превышает продолжительности суток. В АТ долгосрочного действия продолжительность процесса зарядки и разрядки может достигать годового периода. Конструктивное различие между первыми и вторыми сказывается, в первую очередь, на их размерах, что связано с необходимостью аккумулирования разного количества теплоты. Кроме того, АТ долгосрочного действия необходимо хорошо теплоизолировать из-за необходимости длительного хранения запасенной теплоты. Низкие температуры держатся порядка 2 недель, поэтому целесообразно применять агрегаты долгосрочного действия.

Принцип действия теплового аккумулятора.

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

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

Литература

1. Курицына, К. С. Схема использования солнечной энергии в целях отопления исследовательской станции на Луне / К. С. Курицына // XXI аспирантско-магистерский семинар, посвященный Дню энергетика: в 3 т.: тезисы докладов (Казань, 5-6 декабря 2017 г.). – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 2. – С. 61-62.

2. Иванов, В. Л. Приемники и аккумуляторы теплового излучения Солнца: учебное пособие / В. Л. Иванов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 68 с.

УДК 621.039

Лаптева О. С., Сунцова А. А., Медяков А. А.
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ В РЕАКТОРЕ «МИР» ТВЭЛОВ ВВЭР В РЕЖИМАХ СО СКАЧКООБРАЗНЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ МОЩНОСТИ

Аннотация. *Представлен анализ особенностей проведения испытаний в реакторе «МИР» ТВЭЛов ВВЭР в режимах со скачкообразным увеличением мощности.*

Ключевые слова: *скачок мощности, ВВЭР, ТВЭЛ.*

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

Исследовательский петлевой реактор «МИР» предназначен для проведения ресурсных испытаний новых конструкций тепловыделяющих сборок (ТВС), фрагментов ТВС и отдельных твэлов ядерно-энергетических установок различного назначения. Одновременно в реакторе можно испытывать несколько экспериментальных ТВС, отличающихся конструкцией, содержанием делящегося материала в твэлах, требуемым уровнем энерговыделения, видом и параметрами охлаждающего теплоносителя.

При моделировании в исследовательском реакторе условий, характерных для скачкообразного увеличения мощности штатной ТВС энергетического реактора, необходимо за фиксированное время увеличить мощность исследуемых твэлов, размещенных в петлевом канале, от исходного значения до заданного. В качестве поглощающих материалов для экранов используют различные поглотители, например, газообразные.

Порядок проведения эксперимента предусматривает следующую последовательность действий. Облучательное устройство с исследуемыми твэлами устанавливают в канал петлевой установки, в которой поддерживают параметры теплоносителя, соответствующие ВВЭР. Реактор выводят на уровень мощности, обеспечивающий достижение в петлевом канале требуемых исходных условий эксперимента. При этом ближайшие к петлевому каналу органы регулирования введены в активную

зону. После стабилизации всех параметров и достижения равновесных состояний производят увеличение мощности исследуемых твэлов. Для этого ближайшие к петлевому каналу органы регулирования извлекают с максимально допустимой скоростью. Одновременно для компенсации вводимой положительной реактивности в активную зону погружают регуляторы, расположенные в других участках активной зоны. Использование данного метода имеет ряд особенностей. Во-первых, ограниченное время проведения эксперимента требует, чтобы в процессе перекомпенсации участвовало как можно меньше органов регулирования. В этом случае за счет сокращения времени на выбор и подключения к работе необходимых органов регулирования скорость увеличения мощности исследуемой ТВС будет максимальной. Кроме того, при уменьшении плотности теплоносителя в петлевом канале (например, в случае разгерметизации и снижения в нем давления) вводится положительная реактивность. Значение эффекта реактивности зависит от выгорания топлива в рабочих ТВС, окружающих петлевой канал, и от глубины погружения ближайших к нему органов регулирования. Поскольку увеличение мощности исследуемых твэлов обеспечивается извлечением органов регулирования, приемлемое значение эффекта реактивности, при котором с ним справляется система управления и защиты, обеспечивается соответствующим выбором выгорания топлива в рабочих ТВС.

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

Анализ временных зависимостей показаний датчиков давления в рефабрикованных твэлах в процессе эксперимента позволил установить диапазоны значений пороговой линейной мощности, при которой интенсифицируется газовыделение из топлива: для твэлов ВВЭР-440 с выгоранием ~50 и ~60 МВт·сут/кгU они составляют 28,0 – 31,0 и 22,0 – 25,0 кВт/м соответственно. При фиксированной линейной мощности с увеличением выгорания температура топливного сердечника возрастает. В твэлах ВВЭР-440 при одинаковой линейной мощности и равном выгорании температура выше, чем в твэлах ВВЭР-1000.

Проведенные послереакторные материаловедческие исследования показали, что для твэлов с выгоранием 50-60 МВт·сут/кгU состояние оболочек (окисление наружной и внутренней поверхностей, гидрирование и механические свойства) практически не изменилось. Испытания привели к незначительному увеличению наружного диаметра оболочки

в центральной части твэлов, где линейные мощности были максимальными. В результате испытаний произошло некоторое изменение геометрических параметров топливных таблеток и существенное изменение структуры диоксида урана, которое сопровождалось повышенным выходом ГПД из топлива под оболочку и миграцией нуклидов цезия в центральной части твэла в зоне максимального энерговыделения.

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

Выход ГПД в твэлах с выгоранием топлива 50-60 МВт·сут/кгU, полученный методом прокола оболочки, после испытаний достигал 40-50%.

Литература

1. Исследовательские реакторы НИИАР и их экспериментальные возможности / Под научн. ред. проф. В. А. Цыканова. – Димитровград: НИИАР, 1991. – 103 с.

2. Бемерт, Ю. Эксперименты по моделированию скачкообразных изменений мощности для выявления повреждаемости твэлов ВВЭР / Ю. Бемерт, К. Юттнер, Д. Райнфрид // Атомная энергия. – 1989. – Т. 67. – С. 49-51.

3. Изучение возможности проведения в реакторе «МИР» экспериментов со скачкообразным увеличением мощности твэлов / А. Ф. Грачев, В. В. Калыгин, А. П. Малков и др. // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. – 1993. – Вып. 1. – С. 41-49.

4. Экспериментальные исследования влияния скачков мощности на состояние твэлов типа ВВЭР при различных выгораниях: сборник докладов IV Межотраслевой конференции по реакторному материаловедению / Ю. К. Бибилашвили, А. Ф. Грачев, В. В. Калыгин и др. – Димитровград, 1996. – Т. 1. – С. 125-140.

5. Характеристики топлива ВВЭР после эксплуатации в стационарных и переходных режимах. Прогнозирование сверхвысоких выгораний: сборник докладов VI Российской конференции по реакторному материаловедению / А. В. Смирнов, В. П. Смирнов, В. А. Цыканов и др. – Димитровград: Изд-во ГНЦ РФ НИИАР, 2001. – Пленарные доклады, Т. 1. – С. 3-16.

УДК 620.9

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. *В статье рассматривается проблема применения энергосберегающих технологий в тепловой изоляции теплообменного оборудования, анализируются и приводятся примеры различных видов теплоизоляции и материалов для нее.*

Ключевые слова: *энергосбережение, теплоизоляция, материалы, трубопроводы.*

В современном мире экономически эффективное функционирование промышленных предприятий и объектов теплоэнергетики напрямую зависит от рационального использования тепловой энергии, но при этом 70% тепла теряется при его транспортировке. Для снижения этих потерь применяется тепловая изоляция, которая предусматривает защиту тепловых промышленных установок, холодильных камер, трубопроводов от нежелательного теплового обмена с окружающей средой. В строительстве и теплоэнергетике тепловая изоляция необходима для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду. Более того, тепловая изоляция промышленных трубопроводов, помимо функций энергосбережения, обеспечивает дополнительную защиту от механических ударов и повреждений для самого оборудования и предохраняет его от коррозии, а также позволяет предотвратить выпадение конденсата. [1]

Выбор наиболее оптимального теплоизоляционного материала для трубопроводов тепловых сетей следует производить на основании следующих критериев:

- теплопроводность при заданных условиях эксплуатации;
- паропроницаемость;
- требования к поверхности изоляции (механическая защита, защита от воздействия ультрафиолета и т. п); [2]
- температуростойкость;
- морозостойкость;
- показатели пожарной безопасности (огнестойкость и т. п.);

– плотность;
– биостойкость.

На российском рынке в настоящее время в качестве материала используют стальные трубы и трубы из нержавеющей стали в различной изоляции: минеральная вата, пенополиуретан (ППУ изоляция заводского исполнения), а также пенополимерминеральная (ППМ).

ППУ изоляция заводского исполнения представляет из себя конструкцию, собранную по схеме «труба в трубе», т. е. металлическая труба заключена в ППУ трубу большего диаметра. Данный вид изоляции может эксплуатироваться при температуре окружающей среды от -80°С до +130°С. Толщина пенополиуретанового слоя, который необходимо сформировать, зависит от диаметра и толщины стенок трубы. Для труб, диаметр которых варьируется в пределах 32-1420 мм, а толщина стенки составляет 3-12 мм, толщина ППУ слоя находится в интервале 46-91,5 мм.

Преимущества ППУ: эластичность и в то же время твердость, что обеспечивает широкий диапазон использования; низкий коэффицент теплопроводности (0,027 ват/мк); трубы в ППУ изоляции могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от -80°С до +130°С.

Недостатки: чувствительность к ультрафиолетовому и механическому воздействию; транспортировка и хранение требуют защиты труб в полиэтиленовой трубе (ПЭ).

Пенополимерминеральная изоляция (ППМ) – это недорогой и достаточно распространенный метод теплоизоляции трубопроводов, стоимость заделывания стыков которых в три раза меньше, чем для труб в ППУ изоляции. Для производства такой изоляции используют вспененный полимер и дополнительные наполнители. Наполнителями для такого материала чаще всего служат зола, песок, а также шлаки.

Преимущества: по сравнению с утеплителями из минеральной ваты ППМ изоляция не слеживается, т. е. её толщина остается неизменной на протяжении всего срока эксплуатации; не требуется замена увлажненных участков; трубы в ППМ изоляции защищены от коррозии.

К недостаткам ППМ относится то, что данный вид изоляции не является полностью герметичной. Для того чтобы защитить трубопровод от губительного воздействия коррозии, необходимо дополнительно наносить на него антикоррозийное средство.

Минеральная вата. На сегодняшний день широкое применение в качестве теплоизоляции для труб получили цилиндры на основе минеральной ваты с добавлением в волокна базальтовой примеси.

Материал цилиндров обеспечивает абсолютную устойчивость к действию различных масел, щелочей, кислот, растворителей. Цилиндры из минеральной ваты значительно упрощают работу по теплоизоляции трубопровода. Они снижают время работы и позволяют добиться хорошего качества утепления. [3]

Следующим материалом для теплоизоляции называется вспененный синтетический каучук, который используется для изолирования холодных объектов – таких как системы кондиционирования, холодного водоснабжения и т. п. При изоляции трубопровода синтетическим каучуком достигается герметичность теплоизоляционного слоя. Однако использование этого утеплителя обойдется значительно дороже минеральной ваты или пенополиэтилена.

В заключение можно сказать, что у каждого материала имеются свои преимущества и недостатки. Соблюдение указанных условий поможет проектным и монтажным организациям повысить энергоэффективность, долговечность и надежность теплоизоляционных конструкций.

Литература

1. Смородова, О. В. Технико-экономическое обоснование толщины тепловой изоляции тепловых сетей / О. В. Смородова, А. С. Скрипченко // Инновационная наука. – 2016. – №4-3. – С. 151-154.
2. Федеральный закон от от 27.07.2010 №190 «О теплоснабжении» (с изменениями на 1 мая 2016 года). Введен с изм. и доп. 03.03.2015. – М.: Рос. газ., 2015.
3. Смородова, О. В. Инструментальная оценка динамики старения минераловатной тепловой изоляции / О. В. Смородова //Инновационная наука. – 2016. – №8-2. – С. 90-93.

УДК 539.376

Мамаева О. Э.
Научный руководитель: Ласточкин Д. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА КЛИНОВОЙ ЗАДВИЖКИ

Аннотация. *Представлены условия проведения испытаний контроля герметичности и функционирования затвора клиновой задвижки.*

Ключевые слова: *контроль, функционирование, герметичность, клиновая задвижка, испытание.*

Контроль функционирования и герметичности затвора клиновой задвижки на нефтеперекачивающих станциях совпадает с плановыми остановками и с проведением технического обслуживания и выполняется согласно «Регламенту входного контроля, ремонта и технического освидетельствования арматуры АК «Транснефть – Верхняя Волга». [1]

Контроль герметичности затвора клиновой задвижки представляет собой испытание, которое проводится при давлении выше номинального в 1,1 раза. Так, при этом контролируют изменение давления на отключенной части нефтепровода после его плановой остановки и закрытии отсекающих задвижек. Далее проводится мероприятие по снижению статического давления, то есть осуществляется сброс нефти в емкости откачкой в параллельный нефтепровод. В контролируемой части нефтепровода избыточное давление должно быть не менее 0,4 МПа. [2]

По показаниям манометров (не ниже 1 класса точности с ценой деления не более 0,05 МПа) контролируется изменение давления не более 30 минут. Изменение давления (за 30 минут на 0,1 МПа) и шум протечки нефти (более чем на 6 $м^3/ч$) свидетельствует о негерметичности затвора проверяемой запорной арматуры. Регистрация шума осуществляется течеискателями типа ULTRAPROBE-100 (рисунок).



Течеискатель типа ULTRAPROBE-100

Результаты контроля на герметичность клиновой задвижки оформляются в виде акта установленной формы и заносятся в паспорт-формуляр.

При контроле функционирования, т. е. проверке срабатывания клиновой задвижки на «открытие-закрытие», проводится контроль герметичности затвора, усилия и крутящий момент, необходимый для «открытия» - «закрытия» запорной арматуры в соответствии ТУ.

Контроль герметичности затвора проводится специализированным ремонтным персоналом АК «Транснефть – Верхняя Волга» в соответствии с требованиями РД-19.100.00-КТН-036-13 (с Изменениями 1). В результате проведения контроля в соответствии с инструкцией протечек нефти через затвор задвижки, шума не зафиксировано. [3]

По результатам контроля функционирования в соответствии с РД-19.100.00-КТН-036-13 (с Изменениями 1) и ГОСТ Р 55614-2013 делается вывод и соответствия требованиям нормативно-технической документации и годности к эксплуатации. [4].

Литература

1. Регламент входного контроля, ремонта и технического освидетельствования запорной арматуры и обратных затворов [Текст] / В. В. Калинин, Ю. В. Лисин, В. Н. Ярыгин и др. – М.: Академия, 2005. – 105 с.

2. Мамаева, О. Э. Контроль работоспособности запорной арматуры магистрального нефтепровода / О. Э. Мамаева // Современные концепции развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (26 октября 2018 г, г. Уфа): в 3 ч. – Ч. 3 – Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2018. – С. 66-67.

3. Лисин, Ю. В. Правила технического диагностирования и освидетельствования механо-технологического оборудования. Методики технического диагностирования механо-технологического оборудования [Текст] / Ю. В. Лисин. – М.: Академия, 2012. – 306 с.

4. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования [Текст] / В. Т. Бобров, В. А. Калинин, Л. Л. Стукельман и др. – М.: Академия, 1992. – 56 с.

УДК 53.06

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

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ С ИНЕРЦИОННО-КИНЕТИЧЕСКИМ АККУМУЛЯТОРОМ

Аннотация. *Рассматривается новый подход выработки и аккумулирования энергии и усовершенствование ветрогенератора с инерционно-кинетическим аккумулятором на магнитном подвесе.*

Ключевые слова: *ветрогенератор, магнитный подвес, аккумулирование энергии.*

Введение. Короткий период солнечной активности, низкая среднегодовая скорость ветров на большей части нашей страны заставляют искать новые подходы и решения, в частности в области надежности энергоснабжения.

Цель работы – разработать новый подход выработки и аккумулирования энергии.

Решаемые задачи: уменьшение силы трения, снижение веса и габаритов установки, увеличение срока эксплуатации, достижение выработки энергии при малой скорости ветра.

Решением этих задач может стать ветрогенератор с инерционно-кинетическим аккумулятором на магнитном подвесе.

В ходе проведения литературных и патентных исследований были найдены аналоги близкие к нашей конструкции, в частности ветрогенератор на магнитном подвесе, который запасает энергию в кислотном аккумуляторе, который, как известно, выходит из строя при низких температурах.

Существенными недостатками такой конструкции являются большой вес и габариты, невозможность аккумулирования энергии в самом генераторе.

Указанный технический результат достигается тем, что ветрогенератор будет состоять из двух модулей – ветроколеса и генератора, который одновременно является и накопителем энергии. Ветроколесо и генератор схожи по конструкции. Обе конструктивные единицы состоят из вала, вертикальность положения которых обеспечивают два подшип-

ника. На валу ветроколеса крепятся лопасти, а на валу генератора крепится диск (маховик), на котором располагаются постоянные магниты и который выполняет роль ротора. На втором, неподвижном диске генератора, выполняющего роль статора, который крепится к внутренним элементам корпуса накопителя, располагаются катушки. Ветер, воздействуя на лопасти, приводит их во вращательное движение. Вращательное движение от ветроколеса на генератор (маховик), находящийся в герметичном корпусе в вакууме, передается бесконтактно, посредством магнитной муфты на постоянных магнитах и обгонной муфты для исключения торможения вала маховика валом крыльчатки. Катушки крепятся на статоре генератора с чередованием – левая намотка, правая намотка и т. д. напротив магнитов ротора, при этом все катушки соединяются последовательно. Внутренний диаметр катушек равен диаметру магнитов и составляет 10 мм. И катушки, и магниты расположены в несколько рядов – каждый ряд на своем диаметре.

Были проведены теоретические расчеты, согласно которым мощность генератора примерно равна 237 Ватт. Данный расчет приведен для скорости ветра 1,5-2 м/с без использования редуктора. Вес маховика не превышает 6 кг. Время вращения при отсутствии ветра составляет 71 минуту.

Выводы. Таким образом, основные преимущества предлагаемого ветрогенератора с инерционно-кинетическим аккумулятором на магнитном подвесе заключаются в следующем:

1) аккумулирование энергии в маховике,

2) начало работы уже при небольшой скорости ветра (от 0,5 м/с),

3) сравнительно небольшой вес и габариты,

4) хорошая сбалансированность.

Литература

1. Фатеев, Е. М. Ветродвигатели и ветроустановки / Е. М. Фатеев. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1957. – 546 с.

2. Шефтер, Я. И. Использование энергии ветра / Я. И. Шефтер. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.

3. Фатеев, Е. М. Ветродвигатели и их применение в сельском хозяйстве / Е. М. Фатеев. – М.: Машгиз, 1952. – 272 с.

4. Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора / Р. И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

УДК 662.764

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

ВОЗМОЖНОСТИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В РОССИИ

Аннотация. *Рассмотрены методы подземной газификации угля, наиболее рентабельные для применения в угольной промышленности России. Произведена приблизительная оценка мероприятий по внедрению объектов газификации в топливно-экономический комплекс.*

Ключевые слова: *энергетика, газификация, топливо, уголь, метан.*

Уголь является одним из самых широко известных источников энергии. На сегодня Россия является одной из крупнейших стран по запасам угля, имея в своем активе 157010 млн. т, что составляет 17,61% от мировых запасов (в данном показателе наша страна уступает только США – 26,62%) [1]. Однако доля угля в топливно-энергетическом балансе имеет скромные 17%, чуть больше чем в 2 раза уступая и нефти, и газу. Конечно, это связано с тем, что показатель выбросов CO_2 при сжигании угля в разы превышает показатели природного газа, что сказывается на плохой экологии восточных регионов страны, обладающих обширными угольными бассейнами.

Одним из вариантов решения данной проблемы является подземная газификация угля. Она позволяет сжигать уголь непременно в самих угольных пластах на большой глубине, что позволяет значительно уменьшить эмиссию углекислого газа, а также даст возможность для работы промышленных объектов на гораздо экологически-чистом топливе. Именно в этом ключе и идет развитие угольной индустрии в США и Китае.

Имея опыт построек данных объектов во времена СССР, можно судить о том, что именно ПГУ является одним из немногих вариантов для выхода из кризиса нашей угольной промышленности.

Разумеется, ситуация складывается таким образом, что самые большие перспективы развития ПГУ имеются в Кузнецком бассейне (в ТЭБ Кемеровской области кузнецкие угли имеют долю в 82-85%) [1], в которой, помимо всего прочего, имеется оставшаяся со времен Советского Союза станция «Подземгаз» в г. Киселевск. Перезапуск данной станции в эксплуатацию поможет снизить долю котельных и ТЭЦ в регионе, работающих на угле, примерно на 7-9%. Конечно, перезапуск возможен при применении новых технологий.

Учитывая особенности угля, а также то, что буровое оборудование, неэксплуатируемое с 1996 г., пришло в непригодность, то имеет место замена старых на более мощные буры и соответственно применение активно используемого на Западе метода CRIP (Controlled Retracting Injection Point, пер. с англ: контролируемый перенос очага горения) [2]. Данный метод логично использовать, принимая во внимание метаноемкость пласта, которая достигает 30-40 $м^3$/т угля, что соответственно позволяет достигать сжиганием угольного пласта на забое розжиговой скважины для создания искусственных дренирующих поверхностей. С увеличением дренирующей способности напрямую увеличивается и объем добываемого синтетического газа, который позволит обеспечить те объекты, которые сейчас используют в разы более токсичный уголь в качестве основного топлива.

Помимо этого, при удачном перезапуске «Подземгаза» и дальнейшего успешного функционирования станции возможно будет продолжение развития газификации угля в данной области. Новые станции можно строить, приняв во внимание метод огневого расширения буровых каналов. Задействовав широкие территориальные возможности, данная технология позволит бурить вдоль угольных пластов длинные каналы, после которых на выходе можно получать сингаз в размере около 850 млрд. $м^3$ год [3]. Строительство одной такой станции должно обойтись в размере 450-500 млн. руб. Соответственно, при запуске в эксплуатацию 2 подобных объектов можно снизить долю задействования угля, в качестве сжигаемого топлива на промышленных объектах еще примерно на 14-15%.

Заключение. По результатам исследования можно сделать вывод, что подземная газификация может помочь в борьбе с экологическими проблемами угольной промышленности, а также поднять позиции угля в топливно-энергетическом балансе страны. Как итог, подземная газификация угля – это возможность разумно применить имеющиеся ресурсы, уменьшив выбросы CO_2, в то же время не уменьшая, а наоборот, увеличивая долю их задействия в энергетике России.

Литература

1. Корнилов, Д. Есть ли будущее у подземной газификации углей? / Д. Корнилов // Наука в Сибири. – 13 августа 2004 г. – № 31-32 (2467-2468) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nsc.ru/HBC/hbc.phtml?5+301+1.

2. Гафаров, Н. А. Освоение нетрадиционных углеводородных ресурсов в США / Н. А. Гафаров, А. И. Глаголев // Газовая промышленность. – 2012. – №11. – С. 48-50.

3. Немов, В. И. Системы ценообразования на глобальном газовом рынке: региональные причины и их различия / В. И. Немов // Газовая промышленность. – 2010. – С. 10-12.

УДК 662.764

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

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ МЕТОДОМ ОГНЕВОГО РАСШИРЕНИЯ КАНАЛА

Аннотация. *Рассмотрен способ подземной газификации угля методом огневого расширения бурового канала. Представлена принципиальная схема модуля использования протяженных каналов. Результатом проведенной работы является возможность применения указанной технологии для повышения эффективности процесса газификации.*

Ключевые слова: *энергетика, газификация, топливо, уголь, метан.*

Появившийся в начале 20-х годов прошлого века интерес к различным способам сжигания угля является актуальным и на сегодняшний день. На протяжении этих лет рассматривались проблемы, затрагивающие вопросы интенсификации сжигания, использования низкосортных топлив и подземной газификации. Даже спустя годы, в связи с рядом факторов, вопросы интенсификации и подземной газификации до сих пор являются актуальными задачами мировой энергетики. К сожалению, в нашей стране темпы развития индустрии в области подземной газификации угля существенно отстают от стран-конкурентов.

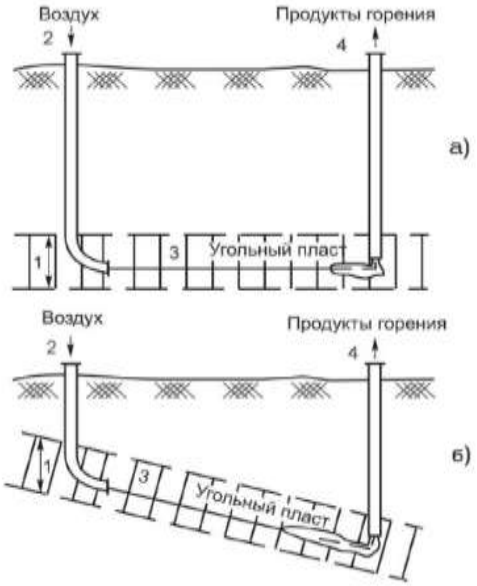
Подземная газификация угля (ПГУ) представляет собой метод сжигания углеводородного состава в глубинных угольных пластах, то есть позволяет сжигать уголь прямо в пределах его естественных залежей через матрицу скважин, получая на выходе синтетический газ, для дальнейшего промышленного использования.

В большинстве случаев для эксплуатации станций ПГУ применялся метод гидравлического разрыва угольного пласта. Эта технология как раз была открыта в нашей стране (первые эксперименты по разупрочнению пласта были проведены в 1954 г. на станции «Подземгаз» на глубине 150 м) [1]. Его суть заключается в увеличении давления, и соответственно, последующем искусственном расширении естественных микропор и микротрещин. Производился такой разрыв при помощи жидкостей и кварцевого песка. Главными недостатками данного метода являются отсутствие направленности канала, а также высокая ресурсоемкость [2].

Одной из перспективных технологий ПГУ может стать применение протяженных буровых каналов по направлению угольных пластов. Использование для дегазации буровых каналов такого типа само по себе является перспективным, потому что является соизмеримым по величине поверхности использования со щелями гидроразрыва [3].

Суть данного метода заключается в том, что объем метана в канале прямо пропорционален длине канала, что оправдывает бурение протяженных горизонтальных каналов. Но нужно учитывать, что расстояние до контура питания может достигать несколько сотен метров, соответственно, если попытаться уменьшить расстояние до контура питания за счет подачи воздуха, что поможет нам переместить очаг, то это позволит существенно увеличить приток метана, а также увеличить значение газопроницаемости.

На рисунке представлена принципиальная схема модуля, состоящего из 2 скважин.



Принципиальная схема модуля использования протяженных буровых каналов:
а – горизонтальный пласт; б – наклонный пласт

На угольном пласте 1, подвергаемый процессу дегазации, бурят скважины. Часть данных скважин 3 может быть пробурена горизон-

тальной или наклонной, тогда как на дальний конец нужно пробурить вертикальную скважину 4, которую соединяют с каналом 3, после этого в первой из них можно начинать разжигать угольный пласт. В скважину 2 нагнетается воздух, в то же время открывается в атмосферу скважина 4. Очаг горения перемещается по каналу 3 прямо навстречу дутью, нагнетаемому в скважину 2.

Заключение

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что бурение протяженных горизонтальных скважин может увеличить количество добываемого метана, а значит и придать дополнительные возможности энергетике, связанной с альтернативными видами топлива. Кроме того, преимуществами такого способа сжигания являются большая экологичность (по сравнению с традиционными способами сжигания угля), меньшая ресурсоемкость по сравнению с методом гидроразрыва. Подземная газификация угля при помощи огневого расширения канала – это современная технология, которая может дать второе дыхание угольной промышленности.

Литература

1. Смирнов, В. А. Огневая фильтрация скважин воздухом высокого давления на каменноугольных пластах / В. А. Смирнов, Е. В. Крейнин // Подземная газификация угля. – 1957. – №4. – С. 24-28.
2. Крейнин, Е. В. Физико-технические особенности термического воздействия на пласты углеводородного сырья через горизонтальные скважины / Е. В. Крейнин, Е. И. Шифрин // Наука и технология углеводородов. – 1999. – №4. – С. 3.
3. Спецвыпуск журнала «Газовая промышленность». 2012. – №676.

УДК 621.181.27

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

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПРИЧИНАМИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПАРООТВОДЯЩИХ ТРУБ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

Аннотация. *Представлены основные сведения о расчетах остаточного ресурса труб. Рассмотрены возможности их применения в различных областях теплоэнергетики.*

Ключевые слова: *остаточный ресурс, производительность, трубопровод, расчет.*

Перспективное направление развития современной энергетики – создание и совершенствование энергоблоков с парогазовыми установками (ПГУ) с использованием котлов утилизаторов для утилизации тепла на выходе из газовых турбин. Применение ПГУ позволяет достичь коэффициента полезного действия до 50-62 %. Однако как и для обычных энергетических блоков надежность работы тепломеханического оборудования ПГУ в значительной мере зависит от степени его износа. Наиболее распространённый вид – эрозионно-коррозионный износ (ЭКИ) трубной системы котла-утилизатора (КУ). Как показывает опыт эксплуатации ПГУ, основные эрозионно-коррозионные повреждения КУ происходят в контурах низкого давления, а именно на изгибах трубопроводов в испарительном контуре (двухфазная среда). Данные повреждения приводят к утонению стенок трубопроводов и, как следствие, к образованию свищей, что влечет за собой останов оборудования и дорогостоящий ремонт.

Целью работы является:

– обеспечение расчетного эксплуатационного ресурса энергоблоков ПГУ путем повышения эрозионно-коррозионной стойкости элементов теплообменного оборудования котлов-утилизаторов;

– снижение эксплуатационных затрат на ремонт и реконструкцию оборудования блоков с ПГУ, подверженного эрозии и коррозии;

– оптимизация и повышение эффективности методов контроля и управления эрозионно-коррозионными процессами, предупреждения аварийных ситуаций и вынужденных остановов по причине повреждения металла элементов пароводяного тракта котлов утилизаторов ПГУ.

В зоне изгиба на входе в выходной коллектор ИНД по ходу движения пароводяной смеси значительно возрастает ее скорость. В паровом пространстве упомянутых изгибов присутствует влага в виде отдельных капель. Оторвавшись от водяной пленки, образованной на внутренней поверхности трубы при движении двухфазного потока, капли разгоняются до высокой скорости (30 м/с) и ударяются о стенки изгибов перед выходом в выходной коллектор. В этих местах наблюдается высокий эрозионно-коррозионный износ, в результате которого происходит недопустимое утонение стенок и возникновение свищей, что приводит к аварийному останову КУ и длительному дорогостоящему ремонту.

1. Выполняется технологическое закрепление элементов секций ИНД, проводится последовательный демонтаж верхних коллекторов секций испарителя низкого давления (ИНД-1, ИНД-2), для чего отрезаются отводящие трубопроводы (по штуцерам), теплообменных труб на прямом участке после изгиба, разборка и демонтаж элементов, затрудняющих проведение работ.

2. Новые верхние коллекторы диаметром 219 мм с участками теплообменных труб изготавливаются из стали12 Х2М (с содержанием хрома 2,5%) с приваренными в заводских условиях штуцерами и дополнительными смотровыми лючками для повышения ремонтопригодности. Входные участки теплообменных труб, которые завариваются в верхний коллектор, выполняются с увеличенной толщиной стенки до 3,5 мм. Из условий монтажа участки труб могут поставляться отдельно и привариваться последовательно к верхним коллекторам и теплообменным трубам с подгонкой по месту на монтаже.

3. Замену верхних коллекторов секций с участками прямых труб предлагается выполнять поэтапно, по два верхних коллектора в смежных секциях ИНД-1, ИНД-2 на каждом КУ при останове в ремонт (или при капитальном ремонте) по монтажным указаниям.

Выводы.

Для снижения ЭКИ и, как следствие, повышения надежности оборудования необходимо:

1. увеличить давление в контуре НД до 0,7 МПа (изб.), скорость пароводяной смеси в верхней части теплообменных труб ИНД-1, ИНД-2 уменьшится ориентировочно в 1,5 раза, что позволит снизить эрозионно-коррозионных процессов и повысить надежность работы ИНД;

2. изменить конструкцию испарителя низкого давления (ИНД), что позволит проводить диагностику и контроль за возникновением дефектов на ранней стадии;

3. правильно организовывать водно-химический режим, что обеспечит работу основного оборудования блока ПГУ-800 без повреждений и снижения экономичности;

4. использовать хромосодержащие стали при изготовлении ИНД, т. к. они являются наиболее коррозионностойкими материалами.

Литература

1. Александров, А. А. Таблица теплофизических свойств воды и водяного пара [Текст]: справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. – 2-е изд. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006. – 155 с.

2. Пути повышения эрозионно-коррозионной надежности котлов утилизаторов ПГУ-450 [Текст] / В. А. Михайлов, Г. В. Томаров, А. И. Новожилов и др. // Тяжелое машиностроение. – 2009. – № 3. – С. 10-13.

3. Продление эрозионно-коррозионного эксплуатационного ресурса трубной системы котлов-утилизаторов ПГУ [Текст] / Г. В. Томаров, А. В. Михайлов, Е. В. Величко и др. // Теплоэнергетика. – 2010. – № 1. – С. 20-24.

4. Филиппов, Г. А. Применение пленкообразующих аминов для защиты от коррозии оборудования пароводяного тракта энергоблока ПГУ-450 [Текст] / Г. А. Филиппов [и др.] // Тяжелое машиностроение. – 2007. – № 4. – С. 14-16.

5. Петрова, Т. И. Эрозионно-коррозионный износ в котлах-утилизаторах парогазовых установок [Электронный ресурс] // Новое в российской электроэнергетике. – 2015. – № 2.

УДК 620.179.16

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

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА МЕТАЛЛА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация. *Ультразвуковая дефектоскопия – это неразрушающий метод контроля целостности оборудования и поиска различных скрытых и внутренних механических дефектов и оценка их недопустимой величины, а также химических отклонений от заданной нормы.*

Ключевые слова: *дефектоскопия, ультразвуковые волны, преобразователь, дефекты, колебания, сигналы.*

Ультразвуковой контроль (УК), этот метод испытаний использует механические колебания, похожие на звуковые волны, но более высокой частоты. Луч ультразвуковой энергии направляется в испытуемый объект. Этот луч проходит через объект с незначительными потерями, за исключением случаев, когда он перехватывается и отражается от разрыва. Используется метод отражения ультразвукового контактного импульса. В этой системе используется преобразователь, который превращает электрическую энергию в механическую. Преобразователь возбуждается высокочастотным напряжением, которое вызывает механическое колебание кристалла. Кристаллический зонд становится источником ультразвуковых механических колебаний. Эти виб-

рации передаются в испытательный образец через жидкость для сцепления, обычно масляную пленку, называемую соединением. Когда импульс ультразвуковых волн ударяется от дефекта в испытуемом образце, он отражается назад к своей точке происхождения. Таким образом, энергия возвращается к преобразователю. Теперь преобразователь служит приемником отраженной энергии. Начальный сигнал, или основной удар, возвращенные эхо-сигналы от неоднородностей и эхо-сигналы на задней поверхности испытательного образца – все это отображается на экране преобразователя. Обнаружение, определение местоположения и оценка несплошностей становятся возможными, потому что скорость звука в данном материале почти постоянна, что делает возможным измерение расстояния до дефекта, а относительная амплитуда отраженного импульса более или менее пропорциональна размеру этого дефекта.

Одной из наиболее полезных характеристик ультразвукового контроля является его способность определять точное положение разрыва в сварном шве. Этот метод тестирования требует высокого уровня подготовки и компетентности оператора и зависит от установления и применения подходящих процедур тестирования. Данный метод тестирования может быть использован для черных и цветных металлов, он часто подходит для тестирования более толстых сечений, доступных только с одной стороны, и может обнаружить часто незначительные или более явные дефекты, которые не могут быть обнаружены при визуальном тестировании.

Ультразвуковой метод впервые был использован в 30-м году прошлого столетия, но он остаётся очень популярным и применяется практически повсеместно. Это обусловлено тем, что наличие даже небольших дефектов в оборудовании, приводит к неизбежной утрате физических свойств, таких как прочность, упругость, надёжность и т. д., а со временем к разрушению изделия и выходу из строя всего агрегата.

Основными достоинствами данного метода являются: высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость, безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии), возможность проведения выездной диагностики (благодаря наличию портативных ультразвуковых дефектоскопов). Также во время проведения ультразвукового контроля не требуется выведения контролируемой детали или всего объекта из эксплуатации, при проведении УЗД проверяемый объект не повреждается.

Литература

1. Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2017. – 243 с.
2. Мукатдаров, А. А., Обеспечение качества металла методами неразрушающего контроля / А. А. Мукатдаров // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 20-21 апреля 2018 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 105-107.
3. Мукатдаров, А. А. Неразрущающий контроль металла / А. А. Мукатдаров // Тинчуринские чтения: матералы XIII международной молодежной научной конференции в 3 т. – Казань: КГЭУ, 2018. – Т. 2. – С. 191-193.

УДК 62-83

Негрышева Е. А., Чиликова И. И., Музюкова Д. С.
Научный руководитель: Плотникова Л. В., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. *Представлены результаты оценки термодинамической эффективности теплотехнологической схемы производства этилена по усовершенствованной методике.*

Ключевые слова: *термодинамическая эффективность, коэффициент системного использования, энергия.*

Проблема рационального использования энергетических ресурсов является актуальной в промышленной теплоэнергетике, перспективным решением которой является способ повышения энергоэффективности технологических процессов на основе использования вторичной энергии с целью экономии тепловой энергии и топлива.

Задача оценки эффективности системы решается введением в методику анализа термодинамической эффективности теплотехнологических схем следующих критериев эффективности: коэффициента системного использования (КСИ) и коэффициента полезного использования (КПИ) [1, 2]. Для решения задачи необходимо предварительно принять следу-

ющее условие. Любой из элементов схемы рассматривать относительно других элементов как объект в составе системы. Аналогично должна рассматриваться любая технологическая схема относительно других технологических схем производства.

Среди отведенных в системе потоков значительная часть представляет собой потоки, сбрасываемые в окружающую среду, которые предлагается разделить на тепловые потери, которые можно полезно использовать $(Q'_{сбр})$, и на потери, которые невозможно использовать в системе $(Q''_{сбр})$. Т. е. для каждого потока нужно будет определить границы возможности его использования в системе, что приведет к устранению «искусственного» занижения КСИ [3].

Для теплотехнологической схемы производства этилена составлен тепловой баланс теплотехнологической схемы и обновленные диаграммы представления процессов в элементах теплотехнологической схемы. Произведен анализ результатов расчета термодинамической эффективности по существующей методике и усовершенствованной методике.

Рассчитаны КСИ для исходной системы с потерями энергии и для системы производства дополнительной энергии из вторичной энергии. В случае, если ни один из потоков не использовать, то полезная энергия – это энергия продукции, а все остальные потоки будут считаться потерями (потери теплоты с дымовыми газами, конденсатом и пр.). КСИ теплоты при таком подходе увеличился с 83 % до 88 %, а КСИ эксергии – с 65 % до 72 %.

Таким образом, если в $\sum Q_{сбр}$ входит поток, который нельзя полезно использовать именно на этом производстве, то этот компонент вычитается из $\sum Q_{сбр}$. Это приводит к повышению КСИ, приближению КСИ к КПД, что указывает на то, что задействованы все возможные к использованию на данном производстве потоки вторичной энергии.

Литература

1. Валиев, Р. Н. Разработка системы комплексной утилизации ВЭР для теплотехнологической схемы дегидрирования изоамиленов в изопрен в производстве синтетического изопренового каучука СКИ-3: дисс. канд. техн. наук: 05.14.04. – Казань, 2001. – 161 с.

2. Фаздалова, А. И. Оценка энергоэффективности промышленных систем рекуперации вторичной энергии / А. И. Фаздалова, Л. А. Кашипова, Л. В. Плотникова // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 20-21 апреля 2018 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В.

Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – Ч. 2. – С. 243-245.

3. Гайфуллина, М. М. Методический подход к оценке энергоэффективности и энергосбережения предприятия (на примере нефтяных компаний) / М. М. Гайфуллина, Л. К. Хафизова // Экономика и социум. – 2016. – № 12-3 (31). – С. 442-445.

УДК 624.953

Новоселова А. А.
Научный руководитель: Костромин Д. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ПУНКТА В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Аннотация. *Представлен проект по усовершенствованию газорегуляторного пункта.*

Ключевые слова: *ГРП, газоснабжение, газораспределение, транспортировка.*

Проблема повышения надежности работы ГРП в условиях городской среды является одной из самых важных в газовой промышленности. Главными целями являются: достижение эффективной, надежной, а самое главное безаварийной эксплуатации и работы ГРП [1]. Ведь безопасность жизнедеятельности населения стоит превыше всего. Газ должен поступать потребителям строго в заданных пределах давления, должно быть обеспечено своевременное автоматическое отключение газа, в случае аварийной ситуации. Решение этих актуальных проблем и предлагается в данной статье.

Для решения данной проблемы был выполнен анализ технологий реконструкции ГРП, анализ особенностей технических требований при выборе нового оборудования. Уточняется информация о расчете пропускной способности, режима истечения газа. Рассматривается оптимально подходящее оборудование для ГРП, технология производства работ, состав бригады для проведения мероприятий по ТО, также рассматриваются правила и требования, необходимые для безопасных условий жизнедеятельности.

Газорегуляторный пункт или сокращенно ГРП – комплекс технологического оборудования и устройств, предназначенный для понижения входного давления газа до заданного уровня и поддержания его на выходе постоянным независимо от расхода газа [2].

Газорегуляторные пункты служат для дополнительной очистки газа от механических примесей, снижения давления газа после газораспределительной станции и поддержании его на заданном значении с последующей бесперебойной и безаварийной подачей потребителям.

В зависимости от избыточного давления газа на входе, газорегуляторные пункты могут быть среднего (до 0,3 МПа) и высокого давления (0,3-1,2МПа). ГРП могут быть центральными (обслуживать группу потребителей) и объектовыми (обслуживать объекты одного потребителя) [3].

Для того чтобы улучшить работу ГРП, предлагается ряд решений. В схеме ГРП (без резервной линии редуцирования) предусматривается байпасная линия, которая позволяет подавать газ и осуществлять ручное регулирование выходного давления газа на время ремонта оборудования или проведения технического обслуживания ГРП. На входе и выходе из ГРП установлены манометры. На входе в ГРП промышленного назначения либо в узлах учета газа замеряется температура газа с помощью термометра. Для централизованного замера расхода газа устанавливается измерительное устройство – газовый счетчик промышленного назначения.

Для постоянного отслеживания и контроля работы этого устройства на каждый ПРГ создается паспорт, а также режимная карта.

В паспорте указывается номер ГРП, ШРП, ГРПБ, адрес нахождения, владелец, дата ввода в эксплуатацию, пределы регулирования давления газа (минимум 130 мм. в. ст, максимум 250 мм. в.ст.) [4].

На второй странице указываются все технические средства. указывается регулятор давления, фильтр, запорная арматура и т. д. Также прилагается схема данного ПРГ.

Создается режимная карта, в которой указывается количество линий редуцирования и пределы давления газа.

Газораспределительный пункт имеет свои аналоги, а также предлагаются нововведения для данной конструкции. Имеются сведения о различных ноу-хау, авторских свидетельствах конструкций газораспределительных пунктов. Все эти идеи изложены и зарегистрированы в патентах и представлены на сайте федерального института промышленной собственности Fips.ru .

Вывод. При выборе типа пункта редуцирования газа учитывается, в какой местности и рядом с чем он будет располагаться. Если есть уже существующая котельная, то скорее всего в нее установят ГРУ, а если газ подается к нескольким домам, то вблизи них устанавливают целое здание ГРП или ГРПБ.

Также для обеспечения безопасной и безаварийной работы пункта редуцирования газа в период проектировки следует выполнять ряд требований, гарантирующих безопасную эксплуатацию. В конструкции перечисленных устройств предусмотрено оборудование для обогрева отопительного и технологического отделений, и должно быть оборудование для подогрева газа, проходящего через трубопроводы газорегуляторного пункта. Отсутствие данного оборудования увеличивает вероятность обмерзания приборов линии редуцирования газа, это, в свою очередь, может приводить к отказу работы данных приборов, а следовательно, – аварийным ситуациям. Кроме того, в конструкции должны присутствовать управляемая запорная арматура и система автоматизированного управления технологическим процессом, должен быть предусмотрен блок контрольно-измерительных приборов и автоматики.

Обязательно должны быть соблюдены все требования пожарной безопасности. Здание должно соответствовать определенному классу пожароопасных объектов. В здании с расположенным пунктом или в самом помещение с ГРП обязательно должны быть средства пожаротушения. Любые работы, проводимые на этих объектах, должны проводиться строго с соблюдением должностной инструкции и выполняться в соответствии с требованиями.

Выполнение всех этих требований обязательно. Именно так может быть соблюдена безопасная и безаварийная работа пунктов редуцирования газа, что так важно для безопасной подачи газа потребителям.

Литература

1. Деточенко, А. В. Спутник газовика / А. В. Деточенко, А. Л. Михеев, М. М. Волков. – М.: Недра, 1978. – 311 с.

2. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://new.fips.ru/.

3. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200084535.

4. Колибаба, О. Б. Основы проектирования и эксплуатации систем газорапсределения и газопотребления / О. Б. Колибаба, В. Ф. Никишов, М. Ю. Ометова. – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.

УДК 62-868.6

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ ИЗ ПОРАЖЕННОГО ГНИЛЬЮ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. *Представлена математическая модель процесса производства топливных пеллет из пораженного гнилью древесного сырья с применением системы управления дозированием технического лигнина.*

Ключевые слова: *дозирование лигнина, топливные пеллеты, пораженное гнилью сырье.*

Одной из причин, затрудняющих производство топливных пеллет из пораженного гнилью древесного сырья с заданными свойствами, является ошибка дозирования технического лигнина, носящая случайный характер. Это связано с необходимостью быстрого и точного определения влажности древесного сырья с целью определения степени поражения древесины гнилью. Для устранения этого фактора необходимо усовершенствовать метод определения влажности древесного сырья и систему управления дозированием технического лигнина.

На рис. 1 показана схема системы управления производством топливных пеллет из пораженного гнилью древесного сырья. Здесь вход x – влажность потока исходного сырья, пораженного гнилью, выход y – влажность измельченного сырья, смешанного с лигнином. Сигналы a,b,c обозначают ошибку регулирования, сигнал управления и управляющее воздействие привода на объект (шлюз с дозатором) соответственно.

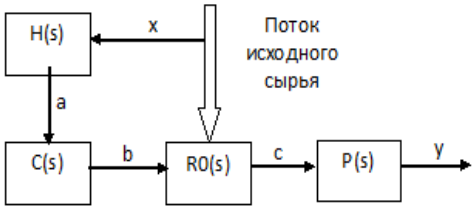


Рис. 1. Система управления производством топливных пеллет из пораженного гнилью древесного сырья: H(s) – измерительный прибор (ЯМР-анализатор); C(s) – управляющее устройство (регулятор); $R_0(s)$ – исполнительное устройство (привод); P(s) – объект управления (шлюз с дозатором)

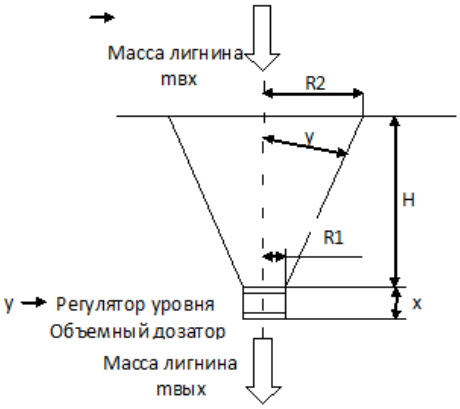


Рис. 2

При исследовании системы управления производством топливных пеллет из пораженного гнилью древесного сырья рассматривается расход исходного сырья на входе (Q_2-m_1) и выходе из шлюза (Q_1-m_2), который зависит от скорости дозатора ω_1 и скорости приводов питателя ω_2.

Параметры шлюза определяются по формуле (1):

$$R_1 \Big/ \varphi = R_2 \Big/ (H + \varphi) = \tan\gamma\,, \quad (1)$$

где R_1 – радиус конуса шлюза, мм; R_2 – радиус цилиндра шлюза, мм; H – уровень лигнина в шлюзе, мм; φ – коэффициент дозатора.

Дифференциальное уравнение объем шлюза высотой h:

$$V\frac{d}{dt} = \frac{1}{3}\pi h(R_1^2 + R_1R_2 + R_2^2)\frac{d}{dt}\,. \quad (2)$$

Так как R_1 является постоянной от времени величиной, получаем:

$$V\frac{d}{dt} = \frac{1}{3}\pi h(R_1\frac{dR_2}{dt} + 2R_2\frac{dR_2}{dt}) = \frac{1}{3}\pi h(R_1 + 2R_2)\frac{dR_2}{dt}\,. \quad (3)$$

Из формулы (1), получим отношение: $\frac{dR_2}{dt} = \frac{R_1}{\varphi}\frac{dH}{dt}$. (4)

$$\frac{dm}{dt} = \rho_{lignin}V\frac{d}{dt} = \rho_{lignin}(\frac{1}{3}\pi h)(\frac{R_1}{\varphi})[R_1 + \frac{2R_1}{x}(H+\varphi)]\frac{dH}{dt}\,. \quad (5)$$

$$m_1 - m_2 = \frac{dm}{dt}.$$

$$m_1 - m_2 = \rho_{lignin}V\frac{d}{dt} = \rho_{lignin}(\frac{1}{3}\pi h)(\frac{R_1}{\varphi})[R_1 + \frac{2R_1}{x}(H+\varphi)]\frac{dH}{dt}\,.$$

Объемный расход лигнина определяется по формуле (6):

$$V = m \big/ \rho_{lignin} \; ; \; \frac{dH}{dt} = \frac{\omega_2 Q_2 - \omega_1 Q_1}{\rho_{lignin} (\frac{1}{3}\pi h)(\frac{R_1}{\varphi})[R_1 + \frac{2R_1}{x}(H + \varphi)]}, \qquad (6)$$

где ω_2, ω_1 – соответственно скорость привода питателя и дозатора, м/с; Q_2, Q_1 – объемный расход от питателя и от дозатора, м^3/с.

Из уравнения (6) получаем:

$$\rho_{lignin} V(t) \frac{d}{dt} = \omega_2 \rho_{lignin} Q_2(t) - \omega_1 \rho_{lignin} Q_1(t) \; ; \; V(t) = AH(t) .$$

Математическая модель системы управления процессом дозирования лигнина описывается уравнением:

$$AH(t) \frac{d}{dt} = \omega_2 \rho_{lignin} Q_2(t) - \omega_1 \rho_{lignin} Q_1(t) .$$

При начальном условии t=0:

$$A[H(t) - H(0)] \frac{d}{dt} = \omega_2 \rho_{lignin} [Q_2(t) - Q_2(0)] - \omega_1 \rho_{lignin} [Q_1(t) - Q_1(0)] ,$$

$$Ah(t) \frac{d}{dt} = W_2 C_2(t) - W_1 C_1(t) . \qquad (7)$$

Используем преобразование Лапласа для того, чтобы получить передаточную функцию уровня лигнина в шлюзе с дозатором с учетом скорости привода и физико-механических свойств лигнина:

$$h(s) = \frac{W_2(s)\rho_{lignin} C_2(s) - W_1(s)\rho_{lignin} C_1(s)}{A\rho_{lignin} s} . \qquad (8)$$

Передаточная функция для скорости приводов находится по формуле (9):

$$\frac{W_2(s)}{W_1(s)} = \frac{A\rho_{lignin} s * h(s)}{C_2(s)} + C_1(s) . \qquad (9)$$

Литература

1. Сантос, М. Р. Математическая модель и автоматизация процесса объемного дозирования молотого кофе на базе Scada системы Labview / М. Р. Сантос // Науковедение. – 2015. – Т.7, №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://naukovedenie.ru/PDF/38TVN415.pdf.

УДК 620.9

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

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД ТЭЦ

Аннотация. *В работе приведены результаты расчетов энергетических и эксергетических КПД теплоэлектроцентралей г. Уфа.*

Ключевые слова: *энергия, эксергия, коэффициент полезного действия (КПД).*

Энергетический тепловой баланс, основанный на первом начале термодинамики, не учитывает энергетическую неравноценность теплоты и работы, неравноценность теплоты различного потенциала, и вследствие этого не позволяет обнаружить основные очаги необратимости. Эксергетический баланс, базирующийся на двух началах термодинамики, лишен этих недостатков. Эксергетический баланс не заменяет, а дополняет энергетический (тепловой баланс), указывает место наибольшей необратимости процесса [1].

Сопоставление теплового и эксергетического балансов приводит к переоценке представлений о термодинамической эффективности рассматриваемого объекта [2].

В работе были рассчитаны энергетический и эксергетический КПД источников комбинированной выработки энергии, а именно теплоэлектроцентралей г. Уфы.

Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в г. Уфа осуществляется на четырех ТЭЦ – структурных подразделениях ООО «БГК».

Исходными данными к расчетам являлись следующие величины:

– годовой отпуск тепловой и электрической энергии;

– параметры пара в отборах турбин;

– количество пара, отпускаемого из каждого отбора турбин, установленных на ТЭЦ;

– норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой и электрической энергии.

Сравнение энергетического и эксергетического КПД
для тепловых электростанций г. Уфы

Станция	Энергетический КПД	Эксергетический КПД
ТЭЦ-1	0,811	0,211
ТЭЦ-2	0,582	0,356
ТЭЦ-3	0,810	0,126
ТЭЦ-4	0,623	0,244

Из таблицы видно, что самые высокие энергетические КПД у Уфимской ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3, следовательно, станции являются весьма эффективными. Однако эксергетические КПД у данных станций самые низкие, поскольку работают они в базовом режиме в основном по тепловому графику на паре среднего давления, то есть фактически в режиме котельной. Получаемая энергия характеризуется низким качеством.

Самые высокие значения эксергетического КПД у ТЭЦ-2 и ТЭЦ-4. Связано это с тем, что работают они по электрическому графику с ограничением при разгрузке по фактически подключенной теплофикационной нагрузке по каждой турбоустановке. Работа осуществляется на паре высокого и среднего давления.

Таким образом, низкий эксергетический КПД указывает на значительный потенциал энергосбережения.

Литература

1. Казаков, Р. А. Основы теоретического анализа энергетической и экологической эффективности металлургических предприятий / Р. А. Казаков, И. В. Дарда // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4. – С. 38-45.
2. Колосов, М. В. Повышение эффективности систем теплоснабжения: дис. канд. техн. наук: 05.14.04. – Красноярск: СФУ, 2012. – 118 с.

УДК 697.3: 004.8

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

ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. *В статье рассмотрены основные достоинства внедрения нейронных сетей в автоматизацию индивидуальных тепловых пунктов и основ-*

ные мероприятия, определяющие высокую эффективность использования искусственного интеллекта.

Ключевые слова: *индивидуальный тепловой пункт, искусственный интеллект, нейронная сеть, автоматизированная система управления, энергосбережение.*

Существуют два типа теплового пункта: центральный и индивидуальный. В связи с модернизацией системы отопления сейчас устанавливают только индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

Уход от устаревших тепловых схем и переход к закрытым системам отопления и горячего водоснабжения (ГВС) ведет к внедрению автоматики [1].

Задачей внедрения автоматизированной системы управления (АСУ) с применением искусственного интеллекта является усовершенствование ИТП, улучшение качества эксплуатации и обеспечение бесперебойной работы системы.

Целью внедрения АСУ с искусственным интеллектом является:

– оперативное и точное получение информации об объекте в данный момент времени;

– рационализация температурного режима теплоснабжения;

– контроль состояния технологического оборудования;

– быстрое выявление аварийных и предаварийных ситуаций;

– предотвращения аварий;

– наблюдение всех технических параметров объектов благодаря удаленной диспетчеризации;

– повышение надежности, качества и экономичности теплоснабжения и ГВС жилого дома [2].

Искусственный интеллект (нейронная сеть) – вычислительная система, имеющая способность к самообучению, постепенному повышению своей производительности. Нейронная сеть позволяет создавать автономные интеллектуальные системы управления, с помощью которых решаются следующие задачи:

1. классификация – распределение данных по параметрам. Например, на вход дается температура окружающей среды, и нужно решить, с какой температурой будет подаваться теплоноситель потребителям на систему отопления и ГВС. Эту работу может выполнять нейронная сеть, анализируя расход теплоносителя, время суток, тепловую нагрузку и т. д.

2. предсказание – возможность предсказывать следующий шаг. Например, увеличение или уменьшение расхода теплоносителя, основываясь на годовой график месячных тепловых расходов.

3. распознавание – самое широкое применение нейронных сетей в настоящее время [3].

Основные требования к АСУ с нейронной сетью:

– круглосуточно работать в режиме реального времени;

– возможность дополнять систему, подключая дополнительные объекты и параметры;

– иметь возможность для развития и модернизации;

– обладать удобством и простотой для производственного персонала.

Внедрение автоматизированной системы управления с искусственным интеллектом обеспечивает надёжную и безопасную работу на ИТП, даёт возможность быстро выявлять и устранять аварийные и предаварийные ситуации, позволяет экономить денежные средства благодаря снижению затрат на обслуживание и использование трудовых ресурсов [4].

Литература

1. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения» (г. Казань, 24-27 апреля 2018 г.): в 3 т. – Казань: КГЭУ, 2018. – Т. 2. – С. 203-205.

2. Смирнова, М. В. Теоретические основы теплотехники / М. В. Смирнова. – М.: ИнФолио, 2016. – 272 с.

3. Нейронные сети для начинающих. Ч. 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/312450/.

4. Автоматизированная система управления ИТП жилых домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://isup.ru/articles/5/2953/.

УДК 697.3

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

ОБЗОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Аннотация. *В статье рассмотрены мероприятия, сокращающие энергопотребление многоквартирного жилого дома. Рекомендуемые мероприятия позволяют довести уровень теплопотребления практически до нормативного*

по самому высокому классу энергоэффективности, к которому относятся здания с маркировкой выше «В» («А», «А+», «А++»).

Ключевые слова: *энергосбережение, энергоэффективность, система отопления.*

Россия – одна из наиболее энергопотребляющих стран мира. Повышение энергоэффективности является приоритетной задачей российской экономики. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, высокой стоимостью энергии и негативным влиянием на окружающую среду, связанным с ее производством.

Государственной Думой 11 ноября 2009 г. был принят Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Настоящий закон регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [1].

В повышении эффективности энергосбережения большое значение имеет правильно организованное управление энергопотреблением. Целью энергосберегающих мероприятий является не снижение затрат энергии любой ценой, а создание комфортных условий в зданиях при изменяющихся погодных условиях в отопительный период при минимально необходимых расходах энергии.

Одним из предложений является настройка контроллера регулятора подачи теплоты системы отопления на поддержание температурного графика с учетом увеличения доли внутренних теплопоступлений в тепловом балансе многоквартирного жилого дома при повышении температуры наружного воздуха. За счет этого сокращается подача тепловой энергии на отопление по сравнению со стандартным проектным графиком. Экономия энергии при этом составит 5-6 %.

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

Тепловой пункт с пофасадным регулированием обеспечивает корректировку теплового режима отопления фасада здания в зависимости от отклонения температуры воздуха в помещении, изменения температуры наружного воздуха и величины солнечной радиации на наружную стену. Эти факторы индивидуальны для каждого из фасадов и зависят от их ориентации относительно сторон света [2]. Для указанных усло-

вий экономия тепловой энергии в среднем без учета бытовых тепловыделений может составить 53 – 76 Гкал/год или 4-6 %.

В большинстве российских многоквартирных домов предусмотрена вытяжная вентиляция. Отопление подъездов обеспечивается от радиаторов централизованного отопления. Применение коллективных (централизованных) рекуператоров позволяет снизить издержки на обогрев подъездов и других помещений общественного использования. Возможна замена обычной системы отопления подъездов на подогрев теплым притоком. Централизованные рекуператоры, как правило, устанавливаются в венткамерах. Вернуть тепло в квартиры от них проблематично, поскольку в наших квартирах применяется только вытяжная вентиляция.

Для проветривания квартир целесообразно применять внутриквартирные проветриватели-рекуператоры, встроенные в окно. Приток и вытяжка осуществляются внутри конструктивных элементов окна. Такой проветриватель обеспечивает постоянное поступление подогретого свежего воздуха в помещение, предохраняя жителей от уличного шума [3].

Для дополнительного уменьшения теплопотерь можно применить теплоотражающий экран за батареей, который изолирует зону стены, расположенную за обогревательным прибором центрального или автономного отопления. Это позволит экономить до 5-7 % тепловой энергии.

Проблема энергосбережения с каждым годом становится все более актуальной. Уже давно во всем мире ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования.

Литература

1. Портал Энергосовет.ru – энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии 2006 – 2017.

2. Оценка потенциала энергосбережения при пофасадном регулировании отпуска теплоты на отопление / К. С. Симонов, А. Е. Проскуряков, А. А. Грязных, О. А. Рябцев. – Воронеж, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docplayer.ru/45889592-Ocenka-potenciala-energosberezheniya-pri-pofasadnom-regulirovanii.html.

3. Использование рекуператоров в жилых домах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www. portal-energo.ru/articles/details/id/110.

УДК 550.1:523.3

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

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЛУННОЙ СТАНЦИИ

Аннотация. *Активное развитие космической техники, помноженное на имеющиеся на Луне природные ресурсы, позволяет говорить о колонизации Луны. Цель эта достижима и оправданна. В начале XXI века Китай начал свою программу освоения Луны. Вследствие чего о планах будущих лунных экспедиций заявили Россия, Европа, Индия, Япония. Учёные создают объёмную карту лунной поверхности, что в будущем может поспособствовать проекту колонизации Луны. Исходя из вышесказанного, проблема организации обитаемой станции на Луне является актуальной.*

Ключевые слова: *лунная база, система жизнедеятельности.*

Цель работы: разработка модели объекта лунной базы, систематизирование и обобщение теории о потенциальной возможности жизнедеятельности на естественном спутнике Земли.

Сегодняшний этап развития космонавтики включает в себя разработку долгосрочных космических программ. В ряду этих проектов предлагается проект создания «подбазальтовой» лунной базы, имеющей первостепенное значение при освоении Луны для решения целого ряда научных и прикладных задач. При этом необходимо учитывать и решать целый ряд проблемных аспектов: отсутствие атмосферы; температура поверхности Луны колеблется в очень широком диапазоне $(+127/-173)^0$C; сила тяжести в 6 раз меньше, чем на Земле; агрессивное солнечное излучение (радиация); крайне неровная поверхность из сотен тысяч кратеров [1].

В начале 1960 годов, убедившись в показаниях приборов, астроном Карл Саган утверждал, что в недрах Луны находятся пещеры впечатляющих размеров ($V \approx 100$ км^3) [2], имеющие благоприятные для жизни условия. Исходя из этого, проект долговременной лунной базы сейчас детально прорабатывают специалисты ФГУП ЦНИИмаш – головной организации «Роскосмоса». Российские специалисты предполагают, что целью российской лунной программы будет добыча гелия-3. Об этом

говорил, в частности, глава РКК «Энергия» Николай Севастьянов. По оценкам специалистов, на Луне содержится не менее 1 млн т гелия-3, что полностью обеспечит термоядерную энергетику человечества на срок более 1000 лет. Также 12 апреля 2016 года научно-технический совет «Роскосмоса» утвердил проект ракеты-носителя тяжёлого класса «Ангара А5В» грузоподъёмностью 38 т полезной нагрузки при выводе на низкую околоземную орбиту (200 км). Он способен на подъем лунного посадочного модуля, межорбитальных буксиров и космических кораблей с экипажем.

При детальной разработке плана лунной базы активно используются и проекты, подготовленные научными коллективами СССР в 60-70-е годы. Существует 3D-модель (один из вариантов) Лунного Строительного Комбайна (СССР, 1968 г), добывающего полезные ископаемые. Однако обеспечение людей комфортными условиями для работы и проживания в настоящее время является ключевой задачей.

Для обеспечения жизнедеятельности человека на Луне предлагается следующая конструкция, включающая в себя комплекс основного сооружения, находящегося на глубине 1 м [3] (место постоянного пребывания членов экипажа, где обеспечивается полная защита людей от действия неблагоприятных факторов, и известно, что засыпка сооружения лунным грунтом (реголитом) слоем 30-40 см уже обеспечивает надежную защиту); сооружения научно-исследовательского комплекса, включающего в себя обсерваторию, геофизическую станцию с установкой для сверхглубокого бурения; энергоцентр; лунный космодром; установки для получения кислорода и воды из лунного грунта.

Покрытие основного сооружения – это слой базальта, то есть он защищает людей и оборудование от космической радиации и метеорных частиц [4], но необходимо помнить, что конструкция должна иметь теплоизоляцию. Задачи: обеспечить максимальную живучесть основного сооружения, минимизировать трудозатраты при его строительстве и соблюсти ограничения, связанные с транспортировкой с Земли. Здесь к преимуществам лунной базы можно отнести: разделение всего сооружения на отдельные, изолированные друг от друга зоны, что обеспечивает повышение его живучести; возможность достраивать сооружение.

В строении необходимо иметь несколько запасных выходов, индивидуальные комнаты, кресло-кровать для экономии места, откидной стол, шкаф для личных вещей, резервный скафандр в каждой комнате

на случай аварийной ситуации. Также туалеты и душевые, кухня, она же кают-компания. Здесь же будут храниться запасы обезвоженных и замороженных продуктов. Необходим основной командный пункт, где будут осуществляться координация и контроль деятельности членов экипажа, поддерживается связь с Землей и с другими космическими объектами, контролироваться работа многочисленных систем строения; медицинский пункт и помещение для занятия физкультурой; резервный командный пункт, который бы использовался в случае выхода из строя основного командного пункта; научная лаборатория; мастерская для ремонта техники, научных приборов и скафандров. Обязательно в основное сооружение должны входить подсистема регенерации атмосферы, подсистема водообеспечения, осуществляющая регенерацию жидких отходов человека, подсистема обработки и удаления твердых отходов, подсистема санитарно-гигиенического обеспечения, подсистема хранения и приготовления пищи. Необходим фитотрон (оранжерея), являющийся средством психологической разгрузки членов экипажа.

Вывод. Предлагаемая конструкция лунной базы позволяет обеспечить жизнь людей на длительное время в безопасных условиях, способствует проведению научных исследований в области планетологии, астрономии и т. д., добыванию полезных ископаемых, получению четких изображений удаленных областей Вселенной и т. п.

Литература

1. Путешествия к Луне. Ред.-сост. В. Г. Сурдин. – М.: Физматлит, 2009. – 516 с.

2. Саган Карл. Космос: Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации. – Санкт-Петербург: ТИД Амфора, 2005. – 525 с.

3. Заболоцкий, М. Температура на Луне / М. Заболоцкий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://spacegid.com/ (дата обращения 22.06.2018).

4. Черкасов, И. И. Грунт Луны / И. И. Черкасов, В. В. Шварев. – М.: Наука, 1975. – 144 с.

5. Яковлева, Е. Ученые придумали, как добывать воду и кислород на Луне / Е. Яковлева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.moya-planeta.ru/.

УДК 697.3:338.5

Сираева Л. А.
Научный руководитель: Безруков Р. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КТЭЦ-1 ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Аннотация. *В данной статье рассмотрена оценка эффективности КТЭЦ-1 при замещении отопительной котельной. Приведены функциональные недостатки отопительной котельной.*

Ключевые слова: *отопительная котельная, ТЭЦ, тепловод, тепловые нагрузки, себестоимость тепловой энергии, экономическая эффективность*.

Под теплоснабжением понимают систему обеспечения теплом зданий и сооружений. Наша страна занимает первое место в мире по масштабам развития теплофикации и центрального теплоснабжения. В настоящее время централизованное теплоснабжение развивается на базе ТЭЦ и производственных, районных или квартальных котельных. С каждым годом к теплоснабжению предъявляются все более высокие требования. Система должна быть надежной, экономичной и гибкой в эксплуатации.

Котельная предназначена для теплоснабжения жилых, административных и общественных зданий на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Котельная расположена в г. Казани, работает на природном газе и введена в эксплуатацию в 1995 году. На котельной установлены водогрейные котлы типа КВГ теплопроизводительностью 6,5 Гкал/час и рассчитаны на подогрев воды от 70 до 150°С.

Одним из самых больших недостатков в работе водогрейных котлов является их значительная уязвимость от наружной и внутренней коррозии металла. Также из-за жесткого ограничения в топливе и необходимости работы с очень низкой температурой сетевой воды на входе в котел до 30-40°С на котельной были вынуждены производить капитальный ремонт с полной заменой поверхностей нагрева уже через 2-3 года.

Для расчета экономической эффективности работы котельной по выработке тепловой энергии рассмотрены два варианта:

Вариант 1. Работа котельной в круглогодичном режиме.

Вариант 2. Работа котельной в зимний отопительный период с последующим переключением тепловой нагрузки по ГВС на ТЭЦ в летний период.

Одним из обобщающих экономических показателей, характеризующих качественный уровень работы котельной и эффективность использования материальных ресурсов, является себестоимость отпускаемой тепловой энергии.

Таким образом при переключении тепловой нагрузки по ГВС на ТЭЦ в летний период в эксплуатационных расходах по котельной будут существенные изменения:

- снизятся расходы по статьям материальных затрат;
- возникнут дополнительные расходы на покупку тепловой энергии от ТЭЦ.

Расчет экономической эффективности работы котельной в условиях переключения тепловой нагрузки по ГВС в летний период на ТЭЦ показывает, что, несмотря на техническую возможность претворения данного мероприятия в жизнь, экономически оно нецелесообразно.

Замещение части объема тепловой энергии собственной выработки в количестве 2,855 тыс. Гкал покупной энергией от ТЭЦ дает снижение по данному показателю на 17,2%. Но среднегодовая себестоимость реализации одной Гкал тепла при этом повышается на 68,21 руб. (6,2%), т. е. с 1331,85 руб./Гкал до 1400,06 руб./Гкал. Основным фактором, приводящим к такому результату, является то, что цена реализации теплоэнергии, равная 1368 руб./Гкал, на 32,06 руб./Гкал ниже себестоимости теплоэнергии собственной выработки, равной 1400,06 руб./Гкал.

Таким образом, сравнение результатов расчета по показателю «себестоимость» при неизменной цене реализации тепловой энергии позволяет сделать вывод, что предлагаемое мероприятие неэффективно: затраты на покупную теплоэнергию (3662,06 тыс. руб.) не покрываются в размере 1105,4 тыс. руб. той экономией теплоэнергетических расходов котельной (2556,66 тыс. руб.), которые образуются в процессе замещения объемов с тепловода ТЭЦ, т. е. каждая Гкал замещаемой тепловой энергии дает котельной 387,18 руб. непокрываемых убытков.

Литература

1. Бузников, Е. Ф. Производственные и отопительные котельные / Е. Ф. Бузников, К. Ф. Роддатис, Э. Я. Берзиньш. – М.: Энергоиздат, 1984. – 248 с.

2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 6-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 472 с.

3. Эстеркин, Р. И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.

УДК 621.3.064.1

Степанов М. Р., Фоминых К. А.
Научный руководитель: Волкова А. М., преподаватель
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

ПРЕЗЕНТАЦИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО РАСЧЁТУ ОДНОФАЗНЫХ ТОКОВ КЗ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 КВ

Аннотация. *Представлена учебная программа расчета тока однофазного короткого замыкания в сетях 0,38 кВ с последующим выбором и проверкой надежной работы пуско-защитной аппаратуры.*

Ключевые слова**:** *короткое замыкание, фаза, коэффициент чувствительности.*

Коротким замыканием называют всякое непредусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, а в системах с заземленными нейтралями – также замыкание одной или нескольких фаз на землю или нулевой провод.

Основной причиной возникновения короткого замыкания является нарушение изоляции между фазами или между фазами и землей.

Наиболее часто возникают однофазные короткие замыкания, а наиболее редко – трехфазные.

Цель учебной программы: помощь студентам электроэнергетической специальности в освоении методов расчета токов однофазного короткого замыкания в соответствии с действующими в настоящее время нормативно-техническими документами.

Цель и задача расчета – умение правильно выбрать и проверить надежность работы пуско-защитной аппаратуры.

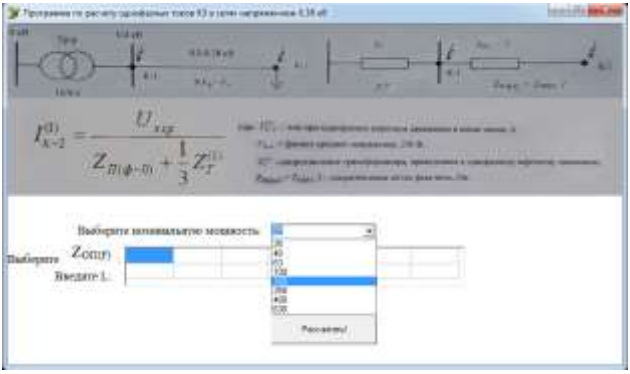
В качестве исходных данных используются расчетная схема, номинальная мощность трансформаторной подстанции, полное сопротивление петли фаза – нуль алюминиевых проводов, длина участка.

Используя исходные данные, осуществляется расчет токов однофазного короткого замыкания с последующим выбором пуско-защитной аппаратуры и ее проверкой на надежность работы.

Учебная программа реализована и разработана в операционной системе Windows XP, в интегрированной среде разработки Borland Delphi 7, в среде быстрой разработки приложений, в которой интегрированы средства моделирования разработки и развертывания приложений электронной коммерции и Web-сервисов.

Преимущества Delphi по сравнению с аналогичными программными продуктами: быстрота разработки приложения (RAD), высокая производительность разработанного приложения, низкие требования разработанного приложения к ресурсам компьютера, наращиваемость за счет встраивания новых компонентов и инструментов в среду Delphi и возможность разработки их собственными средствами Delphi (существующие компоненты и инструменты доступны в исходных кодах).

Для выполнения программы необходим следующий состав программных средств: компьютер на базе Intel Pentium 2-4, оперативная память RAM не менее – 32мб, свободное место на диске – не менее 10мб.



Порядок работы программы:

1. запускаем программу и выбираем номинальную мощность КТП;
2. определяем сопротивление петли фаза – ноль, для этого выбираем марку провода;
3. так как линия содержит разные марки проводов на каждом участке, выбираем то значение сечения, которое задано на том участке, который будем рассчитывать;
4. вводим длину линии, которая задана на участке, который будем рассчитывать;
5. после того как ввели все значения, нажимаем кнопку «Рассчитать». Получим значение тока однофазного КЗ в крайней точке данного рассчитываемого участка.
6. определяем коэффициент чувствительности, для этого вводим ток теплового расцепителя автомата, он должен равняться току в линии;
7. нажимаем на кнопку «Рассчитать», получим ответ. Если коэффициент чувствительности меньше 3, то условие не выполняется.

8. при невыполнении условия открывается окошко с установкой защиты нулевой последовательности, с помощью реле РЭ-571.

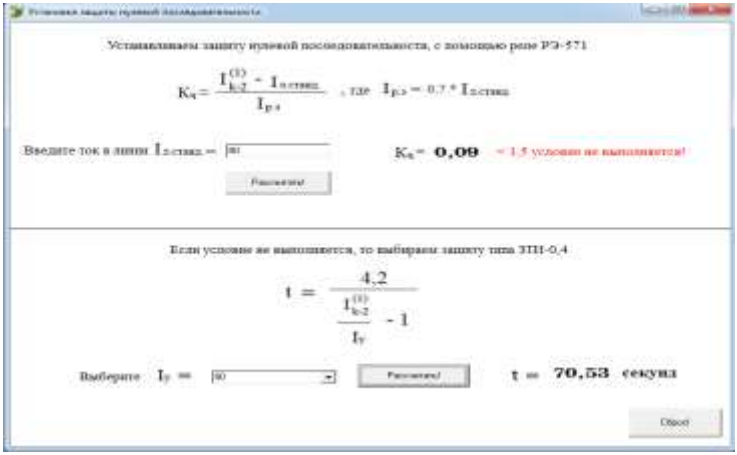


9. вводим стандартный ток в линии;

10. нажимаем на кнопку «Рассчитать», коэффициент должен быть >1,5, если меньше, то условие не выполняется и открывается следующее окно с защитой типа ЗТИ – 0,4.

11. выбираем уставку по току срабатывания, нажимаем на кнопку «Рассчитать»;

12. получаем ответ, время срабатывания защиты ЗТИ – 0,4



Таким образом, мы можем просчитать все участки каждой отходящей линии и найти значение однофазного тока короткого замыкания, выбрать и проверить надежность работы пуско-защитной аппаратуры.

Данная тема актуальна, так как она является наиболее простой, удобной, функциональной и предусматривает полный расчет.

УДК 662.998

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

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПОДЗЕМНОЙ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ

Аннотация. *В данной статье рассмотрены вопросы о выборе эффективного теплоизоляционного материала для трубопроводов подземной бесканальной прокладки.*

Ключевые слова: *теплоизоляция, трубопроводы.*

В законопроекте «О реформе теплоснабжения в РФ от 06.02.2017» говорится, что уровень потерь в теплосетях достигает 20-30%, что практически в четыре раза выше, чем в европейских странах. [2]. Все это усугубляется неэффективностью теплоизоляционных материалов. Поэтому высокоэффективные теплоизоляционные материалы для трубопроводов остаются актуальными в наше время.

Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям по СП.61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов:

- энергоэффективности – иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации;
- эксплуатационной надежности и долговечности – выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации;
- безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации.

Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

Теплоизоляционная конструкция трубопроводов тепловых сетей подземной бесканальной прокладки должна выдерживать без разрушения:

- воздействие грунтовых вод;
- нагрузки от массы вышележащего грунта и проходящего транспорта. [1]

Для бесканальной прокладки необходима усиленная тепловая изоляция для защиты ее от механических повреждений. В таблице 1 представлены некоторые из них.

Таблица 1. Теплоизоляционные материалы для трубопроводов подземной бесканальной прокладки

Теплоизолятор	Коэф. теплопроводности, Вт/м ^{0}К	Плотность, кг/м^3	Термостойкость, ^{0}С	Преимущества
ППУ	0,029-0,035	35-160	-60 +130	низкий коэффициент теплопроводности (группа А); технологичность при изготовлении и монтаже теплопроводов; долговечность
Армопенобетон	0,05	200-250	до 300	негорючесть; высокая температура применения; отсутствие коррозионного воздействия на стальные трубы; паропроницаемость гидрозащитного покрытия; долговечность
Полимербетон	0,05-0,85	300-3000	до 150	высокая прочность; долговечность; выполняет функции теплоизоляционного слоя и гидроизоляционного покрытия
Пенобетон	0,057-0,06	200-250	-180 +600	применим для любых видов прокладки трубопроводов; высокая температура применения; негорючесть и экологичность; долговечность

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод, что самым эффективным теплоизоляционным материалом для трубопроводов подземной бесканальной прокладки будет ППУ-изоляция, так как она имеет самый низкий коэффициент теплопроводности, что позволит снизить потери теплоты и повысить эффективность теплоснабжения.

Литература

1. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 (с Изменением №1) от 2013-01-01.
2. О реформе теплоснабжения в Российской Федерации от 06.02.2017 г.
3. Шойхет, Б. М. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Современное состояние и перспективы развития / Б. М. Шойхет // Энергосбережение. – 2005. – №10. – С. 76-86.

УДК 620.192.45: 620.111.3

Тазитдинов Р. Р., Гапоненко С. О.
Научный руководитель: Гапоненко С. О., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

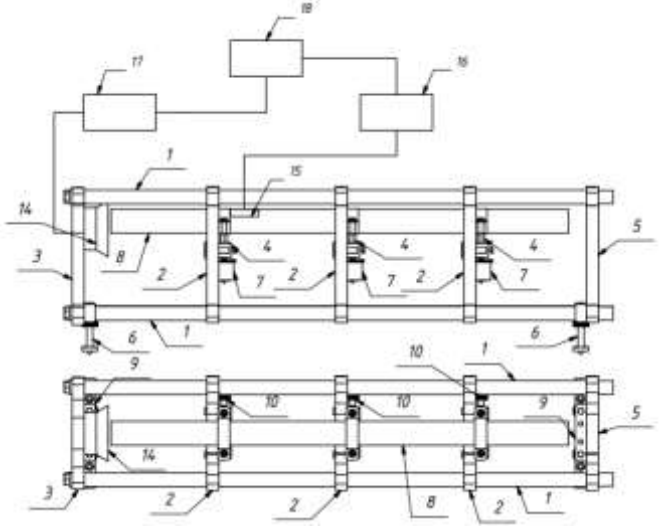
Аннотация. *Одной из главных проблем в российской энергетике является эксплуатация устаревшего оборудования, и тепловые сети не является исключением. На сегодняшний день износ теплосетей опережает их модернизацию. В 2018 году 30% тепловых сетей нуждались в полной замене, и на этом фоне приобретает актуальность вопрос о разработке измерительно-диагностического комплекса для повышения надежности функционирования энергетического оборудования. Решение данной проблемы включает в себя оценку технического состояния энергетического оборудования на примере заглубленных трубопроводов. Реализация такой диагностики позволит избегать крупных аварий и сократит время на устранение возникшей проблемы.*

Ключевые слова: *акустический метод неразрушающего контроля, энергетическое оборудование, измерительно-диагностический комплекс, пьезоэлектрический датчик, повышение надежности функционирования, трубопровод.*

Для надёжного и эффективного функционирования энергетического оборудования необходимо периодически осуществлять оценку технического состояния для предупреждения аварий и иных негативных последствий, вызванных наличием дефектов [1].

В настоящее время для диагностики энергетического оборудования, как правило, применяются методы неразрушающего контроля [2]. На решение поставленной задачи был разработан и создан измерительно-диагностический комплекс для повышения надежности функционирования энергетического оборудования путем возбуждения механической вибрации в стенках трубопровода акустическим излучателем и дальнейшим анализом за счет сравнения эталонного сигнала с результатом экспериментальных исследований.

Предлагаемое техническое решение представлено на рисунке. В качестве объекта контроля представлен трубопровод.



Измерительно-диагностический комплекс для повышения надежности функционирования энергетического оборудования:
1 – направляющая; 2 – опора с фиксатором; 3 – опора с акустическим излучателем; 4 – фиксатор; 5 – опора с фиксатором; 6 – ножка; 7 – регулятор высоты; 8 – исследуемая труба; 9 – основание с ножками; 10 – регулятор фиксатора; 11 – болт фиксатора; 12 – зажимной болт фиксатора; 13 – гайка крепления ножки; 14 – акустический излучатель; 15 – пьезоэлектрические датчики; 16 – аналого-цифровой преобразователь, (АЦП); 17 – цифро-аналоговой преобразователь, (ЦАП); 18 – персональный компьютер (ПК)

Измерительно-диагностический комплекс для контроля местоположения заглубленных трубопроводов работает следующим образом.

Пьезоэлектрическими датчиками 15 регистрируются акустические сигналы, которые возбуждаются в исследуемом трубопроводе 8 акустическим излучателем 14.

Пьезоэлектрические датчики 15 устанавливают на опоры с фиксаторами 2, где будет создаваться известное нам давление грунта. С помощью персонального компьютера 18 производят поиск и генерацию резонансной частоты колебания, исследуемого трубопровода 8. Преобразование выходного сигнала с персонального компьютера 18 в аналоговую форму производится в ЦАП 17. После регистрации резонансной частоты исследуемого трубопровода 8 в трех точках опор 2 регистрируемые пьезоэлектрическими датчиками 15 сигналы, проходя через АЦП 16, анализируются в персональном компьютере 18.

Конструкция выполнена массивным и виброустойчивым, а чувствительные элементы выполнены в виде пьезоэлектрических датчиков.

Таким образом, устройство позволит проводить лабораторные исследования при натурных условиях поиска трубопроводов различных диаметров и материалов по их резонансной частоте.

Литература

1. Гапоненко, С. О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук. – Казань: Казан. гос. энергет. ун-т, 2017. – 22 с.

2. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ. 2014. – №7-8. – С. 123-129.

3. Гапоненко, С. О. Варианты регистрации и анализа полезного виброакустического сигнала в программном продукте LabVIEW / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь: СКФУ. 2014. – №5(44). – С. 8-15.

4. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь: СКФУ, 2015. – №2(47). – С. 9-13.

5. Гапоненко, С. О. Измерительно–диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.

6. Гапоненко, С. О. Определение информативных частотных диапазонов для контроля местоположения заглубленных трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. А. Ибадов, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XIII международной молодежной научной конференции по естествен-

нонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 20-21 апреля 2018 г.): в 4 ч. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 68-71.

УДК 621.3:51

Таныгин Н. А.
Научные руководители: Образцова Л. Ф., Николаева И. В.,
преподаватели
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Аннотация. *Рассмотрен пример определения показания общего амперметра с использованием комплексных чисел.*

Ключевые слова: *электрическое напряжение, электрический ток, комплексные числа.*

Электрическое напряжение, подаваемое в дома, квартиры, на заводы, предприятия, изменяется по синусоидальному закону:

$$U = U_m \sin(\omega t + \varphi_u),$$

где U_m – амплитудное напряжение (В);

$\omega = 2\pi f$ – угловая частота (рад/с=с$^{-1}$);

$f = 50$ – промышленная частота тока в сети (Гц);

φ_u – начальная фаза напряжения.

Электрический ток, протекающий в электрических цепях, также изменяется по закону синуса:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i),$$

где I_m – амплитуда тока (А);

φ_i – начальная фаза тока.

Для упрощения расчётов цепей переменного тока, для расчётов режимов работы электрических приборов, расчётов линий электропередач в электроорганизациях, в частности в ОАО «МариЭнерго», используются комплексные числа.

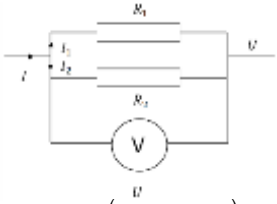
Для этого напряжение и токи переводят в комплексную форму.

Для того чтобы записать комплексную форму синусоидальных величин, необходимо знать:

1. модуль комплексного числа – действующее значение переменного тока или напряжения,

2. аргумент комплексного числа – начальная фаза тока и напряжения.

Пример:



Ток в первой ветви: $i = 14{,}1\sin\left(314t + 60^0\right)$;

Ток во второй ветви: $i = 28{,}2\sin\left(314t + 23^0\right)$, где $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 = 314c^{-1}$, $f = 50(Гц)$.

Действующее значение токов, которые покажут амперметры, определяется по формуле:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}},$$

значит,

$$I_1 = \frac{I_{m1}}{\sqrt{2}} = \frac{14{,}1}{1{,}41} = 10(A);$$

$$I_2 = \frac{I_{m2}}{\sqrt{2}} = \frac{28{,}2}{1{,}41} = 20(A).$$

Необходимо определить показания общего амперметра.

Для этого каждый ток переводим в комплексную форму.

Комплексные числа, как известно, имеют три формы записи: алгебраическую, тригонометрическую и показательную.

Токи в комплексной форме:

$$\dot{I}_1 = 10e^{j60} = 10(\cos 60^0 + j\sin 60^0) = 10(0{,}5 + j0{,}866) = 5 + j8{,}66(A),$$

$$\dot{I}_2 = 20e^{j23} = 20(\cos 23^0 + j\sin 23^0) = 20(0{,}92 + j0{,}39) = 18{,}4 + j7{,}8(A).$$

По первому закону Кирхгофа общий ток равен сумме токов в ветвях:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 5 + j8{,}66 + 18{,}4 + j7{,}8 = 23{,}4 + j16{,}46(A).$$

Чтобы определить показания общего амперметра, необходимо комплекс общего тока перевести в показательную форму, для чего надо определить модуль и аргумент.

Модуль комплексного тока:

$$I = \sqrt{23{,}4^2 + 16{,}46^2} = 28{,}61(A).$$

Аргумент комплексного тока:

$$tg\varphi = \frac{16{,}46}{23{,}4} = 0{,}7034 \Rightarrow \varphi = 35^0.$$

Комплекс общего тока:

$$\dot{I} = 28{,}61e^{j35}(A).$$

Показания амперметра – действующее значение переменного тока или модуль комплексного числа:

$$I = 28{,}61(A).$$

УДК 621.577

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

СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СБРОСНОЙ И НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГИИ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы ресурсо- и энергосбережения при работе теплового насоса, использующего сбросные и нетрадиционные источники энергии. Для улучшения экологических и экономических показателей системы горячего водоснабжения и отопления в качестве источника низкопотенциальной энергии предлагается использовать солнечное излучение. Предлагаемая технология позволит уменьшить выбросы CO_2 и улучшить экологическое состояние окружающей среды.*

Ключевые слова: *низкотемпературные вторичные энергоресурсы, солнечное излучение, тепловой насос, теплоснабжение, горячее водоснабжение, энергосбережение, солнечный коллектор, heatpumps, energyefficiency, solar collector, solar irradiance, hot water supply.*

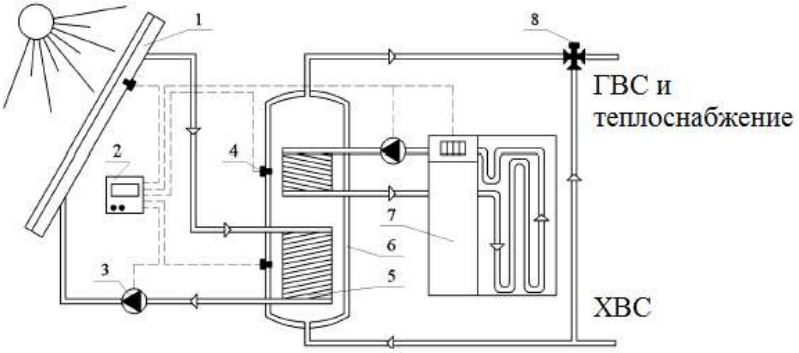
Комфортное нахождение людей на работе, дома и отдыхе сегодня невозможно представить без круглосуточного наличия горячего водоснабжения и теплоснабжения. Более 60% территории страны, на которой живёт около двадцати миллионов населения, находится за пределами дося-

гаемости централизованного теплоснабжения. Более того, существующее понимание сегодняшнего дня – энерго- и ресурсосбережения – подчеркивает важность таких мероприятий, как экономное расходование энергии, необходимость поиска энергетически малозатратных технических решений в бытовой деятельности и на производстве, что побуждает жителей как городов, так и отдаленных поселений либо использовать энергоэффективные установки, либо искать способы организации автономного энергоснабжения и уменьшить тем самым зависимость от нынешних тарифов и цен на энергоносители, в частности и на горячую воду [1].

Для эффективного энерго- и ресурсосберегающего варианта решения проблемы обеспечения теплоснабжением разнообразных потребителей может быть использован способ организации совместной работы для этих целей таких автономных установок, как тепловой насос и солнечные коллекторы [2]. Важным моментом совместной их работы обуславливается согласованием их характеристик по критерию оптимальной совместимости и выбором соответствующего типового размера применяемого оборудования.

В городе Казань – в условиях Приволжского федерального округа – в течение шести месяцев было проведено изучение работы и контроль за режимами и параметрами функционирования солнечного коллектора VITOSOL 100-F, собранный в небольшую автономную систему.

Данную гелиосистему доукомплектовали тепловым насосом VITOCAL 300-G и водонагревателем VITOCELL 100-E (рисунок).



Структурная схема системы горячего водоснабжения и теплоснабжения с тепловым насосом и водогрейным солнечным коллектором:
1 – водогрейный солнечный коллектор, 2 – контроллер, 3 – циркуляционный насос, 4 – температурный датчик, 5 – теплообменник, 6 – бойлер, 7 – тепловой насос, 8 – трехходовой клапан

Такой выбор перечисленного оборудования объясняется простотой монтажа, относительно невысокой его ценой и высокой степенью эксплуатационной надёжности. Водонагреватель VITOCELL 100-E представляет собой установку, состоящую из бака на двести литров, изготовленного из легированной стали, устойчивой к коррозии в атмосфере и агрессивных средах. За счёт того, что теплоноситель может вдобавок нагреваться солнечными коллекторами, время на нагрев значительно сокращается.

Вместе с этим нужно отметить, что для возможности использования теплового насоса также необходима электроэнергия, затраты которой в 4 раза меньше, чем при использовании трубчатого электронагревателя для получения воды необходимой температуры. Объём бака накопителей при таком совместном использовании уменьшается в 2,5-3 раза по сравнению с гелиосистемой теплоснабжения [3].

В условиях города Казань совместная реализация теплового насоса и солнечных водогрейных коллекторов позволяет получить необходимое количество горячей воды. Такие проекты можно успешно использовать для уменьшения затрат энергии на автономный подогрев воды на отдаленных объектах и на объектах промышленного сектора. При этом значительно уменьшается время нагрева воды; уменьшается площадь, занимаемая оборудованием; объем бойлера сокращается в 2-3 раза; сокращается расход электрической энергии за счет использования солнечных коллекторов.

Литература

1. Филенков, В. М. О перспективах использования тепловых насосов в регионах России / В. М. Филенков, Д. О. Бухонов, Л. Н. Козина // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 12 (43). – С. 94-96.

2. Плотникова Л. В., Филонова (Чиликова) И. И., Ефремов Г. И. Организация системы утилизации вторичных энергетических ресурсов крупнотоннажного промышленного предприятия на основе трансформаторов теплоты // Вестник Московского государственного открытого университета. Серия: Техника и технология. – 2011. – № 4. – С. 24-28.

3. Солнечные водонагревательные установки в климатических условиях Российской Федерации / С. Е. Фрид, М. Ю. Ощепков А. В., Мордынский и др. // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2012. – № 46. – С. 22–26.

УДК 539.376

Фоминых К. С.
Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. *Повышение стоимости ремонтно-технического обслуживания, запасных частей, монтажных и аварийно-восстановительных работ в условиях дефицита финансовых средств диктует необходимость разработки и внедрения новых технологий технического обслуживания. В связи с этим актуальными являются научные разработки, направленные на совершенствование методов и средств оценки технического состояния теплоэнергетического оборудования.*

Ключевые слова: *энергосбережение, тепловые сети, инструментальный контроль, течеискатели.*

Введение. В настоящее время задача поиска дефекта трубопровода и определения причины его возникновения занимает особое место, и от ее решения зависит не только время ограничения подачи тепловой энергии, движения транспорта и пешеходов, но и затраты, связанные с объемом проведения земляных работ и последующего благоустройства по восстановлению нарушенного ландшафта местности.

Методы. Эксплуатирующие организации используют набор диагностических устройств и приборов, но особую актуальность имеют ресурсосберегающие технологии, позволяющие сокращать время выполнения работ и экономить трудовые ресурсы. В настоящее время в России наиболее распространенными методами диагностики трубопроводов тепловых сетей подземной прокладки являются [1, 2]:

– испытания участков трубопроводов путем создания внутри трубы давления не менее 1,25 от рабочего;

– акустический метод, при использовании которого с помощью виброакустических датчиков и дальнейшей обработки их сигналов на компьютере, определяется степень износа стенки трубы или осуществляется местонахождение повреждения;

– метод магнитометрии с помощью внутритрубного дефектоскопа, определяющего сплошность металла;

– метод шурфовок грунта с вскрытием канала инженерной сети. Этот метод основывается на внешнем осмотре строительных конструкций и состояния теплоизоляционных материалов и трубопровода.

Результаты. В г. Йошкар-Ола мониторинг показал, что на ветхих ТС порывы происходят как в процессе проведения гидравлических испытаний, так и сразу после включения в работу. Количество порывов после пуска составляет до 50% от количества порывов в процессе проведения гидравлических испытаний. Для выявления будущих порывов не обязательно использовать гидравлические испытания, с этим успешно может справиться акустический контроль. Акустическая инженерная диагностика трубопроводов заменяет гидравлические испытания и уменьшает стрессовое состояние металла, вызванное ими [3].

Обсуждение. Применение метода акустической томографии трубопроводов и ранжирование участков, выводимых в перекладку по результатам диагностики, позволяет снизить количество утечек при снижении объемов перекладок. Снижению количества утечек также способствует информация об интервалах, ранжируемых как участки наихудшего состояния, и проведение на них предупредительных ремонтных работ. Высокая точность обнаружения мест повреждения трубопроводов значительно сокращает затраты времени на обнаружение порывов ТС, уменьшает затраты на их устранение. Каждая утечка, точно обнаруженная с помощью течеискателя, позволяет избежать в среднем 2 шурфовки.

Выводы. Обобщая опыт определения утечек, можно сформулировать следующие выводы.

1. Для точного нахождения места утечки и ее оперативной локализации предпочтительно применять несколько методов выявления порывов.

2. Корреляционный течеискатель «Вектор-2001» определяет место порыва с приемлемой точностью, используется в любое время года, определяет течи минимальной интенсивности. Практическая точность определения места шурфовки не превышает 95%.

Экспертное заключение. В таблице [4] приведены затраты в рублях на ликвидацию одной аварии трубопровода разного диаметра.

При расчете стоимости в состав затрат включены работы по восстановлению благоустройства, срезке и подсыпке грунта при планировке, а также работы по разборке и устройству дорожного покрытия.

Таблица

Диаметр труб, мм	Затраты
80	23494,97
100	27298,51
150	31120,41
200	35545,28
300	45947,08
400	59662,95

При таких условиях затрат резко возрастает необходимость в научных разработках, направленных на решение задач, связанных с совершенствованием методов и средств оценки технического состояния теплоэнергетического оборудования.

Повреждаемость городских тепловых сетей весьма велика и имеет явно выраженную тенденцию к дальнейшему повышению по мере старения сетей. Основной причиной высокой повреждаемости является интенсивная местная очаговая почвенная коррозия, причина которой – доступ влаги к незащищенной поверхности трубы. Борьба с высокой повреждаемостью должна вестись как во вновь строящихся, так и в существующих сетях.

Литература

1. Вакатов, А. В. Опыт инженерной диагностики тепловых сетей г. Тольятти / А. В. Вакатов, А. Е. Буклов // Новости теплоснабжения. – 2006. – №9(73).

2. Звягинцев, М. Ю. Опыт диагностики трубопроводов тепловых сетей методом акустической томографии в сочетании с бесконтактным магнитометрическим методом / М. Ю. Звягинцев // Новости теплоснабжения. – 2012. – №03(139).

3. Матвеев, В. И. Опыт диагностики тепловых сетей на МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» / В. И. Матвеев // Новости теплоснабжения. – 2001. – №7(11). – С. 24-27.

4. Приложение к Приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 21 июля 2017г. №1011 НЦС 81-02-13-2017.

УДК 621.577

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ

***Аннотация**. В данной статье рассмотрены перспективы использования теплонасосных установок на промышленных предприятиях на примере целлюлозно-бумажного комбината и на энергогенерирующих объектах на примере теплоэлектроцентрали.*

***Ключевые слова:** теплонасосная установка, энергоресурсы, тепловая энергия, низкопотенциальная энергия, ТЭС, целлюлозно-бумажная промышленность, сушильные установки.*

На сегодняшний день все более актуальной становится проблема нарастающего дефицита невозобновляемых природных энергоресурсов. Наряду с этим на предприятиях топливно-энергетического комплекса имеются значительные потери тепловой энергии. Внедрение энергосберегающих технологий в производство, направленных на генерацию дополнительной энергии из сбросной, становится жизненно необходимым, так как дополнительным эффектом является снижение загрязнения окружающей среды [1].

Известно, что теплонасосной установкой (ТНУ) называется оборудование, преобразующее низкопотенциальную сбросную энергию в энергию более высокого температурного потенциала, пригодную для практического использования.

Предпосылкой при разработке технологической схемы включения ТНУ на энергогенерирующих объектах является наличие низкопотенциального источника теплоты в виде сбросной энергии циркуляционной воды после конденсатора турбины, направляемой в градирню. В зимний период температура сбросной воды составляет 30°С, после преобразования в ТНУ она может достигать 60-65 °С, которой вполне достаточно, например, для подачи в систему горячего водоснабжения потребителя [2].

Применение ТНУ вместо градирни позволит не только использовать сбросную энергию, но и увеличить выработку электроэнергии в турбогенераторе; уменьшить расход прокачиваемой технической воды, тем са-

мым снизить мощность циркуляционного насоса; исключить сброс низкопотенциальной теплоты [3]. Аргументом внедрения ТНУ является также тот факт, что на тепловых электрических станциях, работающих с максимальной загрузкой систем охлаждения оборотной воды конденсаторов паровых турбин, наблюдается неспособность станций нести необходимую электрическую мощность в жаркое время года. Для таких ТЭС внедрение ТНУ в технологию охлаждения оборотной воды, резервы которой значительны в летнее время, позволит снизить ограничения электрической мощности.

Также на ТЭС для полезного использования теплоты после повышения ее потенциала предлагается включить конденсатор ТНУ в воздуховод дутьевого воздуха парового котла с целью предварительного подогрева дутьевого воздуха перед основными воздухоподогревателями.

В целлюлозно-бумажной промышленности как одной из наиболее энергоемких отраслей использование ТНУ как источника теплоты в сушильных установках обусловлено решением задач по сокращению энергетических затрат на процесс сушки с сохранением качества продукта. Работающие с ТНУ сушильные установки отличаются небольшим энергопотреблением; расход энергии такого агрегата на 60% меньше, чем потребление сушилок с классическими теплогенераторами за счет рекуперации теплоты [4, 5].

График выхода сбросной энергии на промышленных предприятиях стабилен в течение года, так как, в частности, не зависит от температуры наружного воздуха. На ТЭЦ же такая зависимость имеется, так как основным продуктом является энергия, вырабатываемая для нужд теплоснабжения, параметры которой меняются в зависимости от температуры наружного воздуха. В наиболее теплый период года сбросная энергия на ТЭС максимальна, в то время как потребность во вторичной энергии у потребителей минимальна. Таким образом, применение ТНУ наиболее перспективно на промышленных предприятиях по сравнению с энергогенерирующими объектами.

Литература

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 6-е изд., перераб. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 472 с.

2. Баранова, О. А. Реконструкция и развитие теплоснабжающих систем в условиях экологических ограничений на современном этапе / О. А. Баранова, А. В. Федяев // Вестник региональной энергетики. – М.: ООО «Издательский дом Страховое Ревю», 2004. – С. 56-74.

3. Салихов, А. А. Технология регенерации сбросной теплоты охлаждающей воды конденсаторов паровых турбин / А. А. Салихов, М. М. Замалеев, В. И. Шарапов // Сб. науч. трудов науч.-исслед. лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки» УлГТУ «Теплоэнергетика и теплоснабжение». Вып. 6. – Ульяновск: ГОУ ВПО «Ульян. гос. техн. ун-т», 2009. – С. 75-78.

4. Вальнёв, В. А. Сушка тепловыми насосами // Инновационные тенденции развития российской науки. – Красноярск: КрасГАУ, 2017. – С. 198-199.

5. Плотникова Л.В., Чиликова И.И. Структурное моделирование теплоэнергетических комплексов преобразования вторичной энергии для промышленных и энергетических систем // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса. Материалы XIV международной научно-технической конференции. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., 2018. – С. 189-194.

УДК 536.7

Чиликова И. И.[1], Суханова К. В.[2]
Научные руководители: Плотникова Л. В.[1], канд. техн. наук, доцент;
Маряшев А. В.[2], канд. техн. наук, доцент.
Казанский государственный энергетический университет[1]
Поволжский государственный технологический университет[2]

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. *Рассмотрена проблематика сложной структуры теплотехнологических комплексов промышленности. Описана существующая методика системного анализа сложноструктурированных промышленных схем, энергетических комплексов. Предложена корректировка критериев оценки эффективности системы преобразования вторичной энергии.*

Ключевые слова: *программное обеспечение, теплоэнергетические комплексы, промышленность, теплотехнологическая схема, системный анализ, вторичная энергия.*

Промышленные производства представляют собой сложноструктурированные системы, состоящие из большого количества элементов оборудования, потребляющего тепловую энергию. В зависимости от вида промышленного комплекса, удельные расходы энергоресурсов изменяются в довольно широких пределах, а низкая энергетическая эффективность этих комплексов является одной из главных причин энергетического кризиса.

В настоящее время высокую актуальность приобретает проблематика модернизации теплоэнергетических систем предприятий со сложной структурой, с резервами энергосбережения в виде вторичной энергии, в частности, теплоэнергетическая система целлюлозно-бумажного производства. Вопрос экономии топливно-энергетических ресурсов и разработка научных основ для создания высокоэффективных технологий производства энергии путем организации энерготехнологического комплекса совместно с энергогенерирующими предприятиями на промышленных предприятиях относится к важнейшим задачам современной техники. Итогом реализации энергетических мероприятий являются теплоэнергетические комплексы систем преобразования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), включающие энергосберегающее высокоэффективное технологическое оборудование нового поколения, в частности трансформаторы теплоты.

Выбор оптимального энергосберегающего комплекса на конкретном предприятии усложняется сложностью структуры предприятия, так как работа многих элементов схемы предприятия влияет на графики энергопотребления и образования сбросной энергии [1]. Существующая методика организации систем преобразования вторичной энергии выполняется в три этапа.

Первый этап системного анализа – структурный анализ, который позволяет избавиться от многоконтурности схемы производства и определить кратчайшую последовательность ее расчета. Полученная структурная модель далее используется как база для термодинамических расчетов. Термодинамический анализ, который является вторым этапом системного анализа, позволяет рассчитать термодинамический потенциал системы, уточненные коэффициенты оценки эффективности системы преобразования вторичной энергии для разных вариантов включения термотрансформаторов. Выбор теплоэнергетического комплекса преобразования вторичных потоков с наибольшим коэффициентом ценности теплоты К и их направление в аппараты с наименьшим КПД – заключительный этап анализа.

Совершенствование методики разработки структуры теплоэнергетических комплексов преобразования вторичной энергии заключается в корректировке рассчитанных данных с помощью коэффициента использования теплоты, чтобы оценить эффективность системы преобразования вторичной энергии, а также предлагается скорректировать подход к выбору потоков вторичной энергии, возможных для преобразования в том же производстве.

Предлагается скорректировать коэффициент системного использования КСИ$_Q$, который позволит определить истинную долю полезного использования в системе подведенной к объекту теплоты.

$$КСИ_Q = \frac{\sum Q^{**}}{\sum Q^{*}} = \frac{\sum Q^{*} - \sum D}{\sum Q^{*}} = \frac{\sum Q^{*} - (\sum Q_п + \sum Q'_{сбр1} + \sum Q'_{сбр2} + \sum Q''_{сбр})}{\sum Q^{*}},$$

где $\sum Q^{**}$ – отведенная из объекта теплота; $\sum Q^{*}$ – подведенная к объекту теплота; $\sum D$ – суммарные потери; $\sum Q_{сбр}$ – теплота с отведенными из объекта потоками вещества; $\sum Q_п$ – потери теплоты; знак «′» – означает теплоту с отведенными из объекта потоками, которая может быть полезно использована на объекте, знак «″» – означает теплоту с отведенными из объекта потоками, которая не может быть полезно использована на объекте, «1» – используемый поток сбросной энергии (в случае использования удаляется из объекта), «2» – неиспользуемый поток сбросной энергии.

Таким образом, предлагается усовершенствованная методика разработки структуры теплоэнергетических комплексов преобразования вторичной энергии. На основе данной методики выявлены потоки, пригодные для преобразования, а также в дальнейшем разработаны теплоэнергетические комплексы преобразования выявленной вторичной энергии для ряда производств на основе трансформаторов теплоты [2].

В частности, на основе усовершенствованной методики для исследуемого объекта целлюлозно-бумажной промышленности производства бумаги выявлены потоки, пригодные для преобразования в трансформаторах теплоты. Это такие потоки, как теплота отработанного влажного воздуха, покидающего сушильную часть бумагоделательной машины; нагретая вода, образующаяся при конденсации водно-спиртовых паров спиртовой колонны производства; теплота сточных вод, образующихся на различных участках производства бумаги. Для повышения эффективности энергоиспользования этих потоков предложено организовать теплоутилизационный комплекс преобразования вторичной энергии с включением нескольких трансформаторов теплоты в теплотехнологическую схему целлюлозно-бумажного производства: в технологическом процессе сушки материала в бумагоделательной машине; в технологическом процессе разделения (трансформатор теплоты в ректификационной установке получение спирта); на сточных водах производства бумаги.

Литература

1. Назмеев, Ю. Г. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности / Ю. Г. Назмеев, И. А. Конахина. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 364 с.
2. Плотникова, Л. В. Структурный анализ теплотехнологического комплекса производства бумаги ОАО «Полиграфкартон» / Л. В. Плотникова, И. И. Чиликова, В. А. Додонов // Инженерный вестник Дона. – 2016. – №4. – С. 29.

УДК 620.178.5

Шакурова Р. З., Гапоненко С. О.
Научный руководитель: Гапоненко С. О., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

РАЗРАБОТКА НАДЁЖНОГО И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. *Надёжная и эффективная работа энергетических систем во многом зависит от технического состояния энергетического оборудования. Одной из главных проблем в современной российской энергетике является старение энергетического оборудования. Решение данной проблемы включает в себя задачу предупреждения серьёзных техногенных аварий и катастроф и требует ведения систематического мониторинга и диагностики оборудования. Своевременная диагностика технического состояния энергетического оборудования позволяет обеспечить безаварийную эксплуатацию и увеличить срок его службы. Для этой цели был разработан надёжный и энергоэффективный способ диагностики энергетического оборудования.*

Ключевые слова: *вибрация, механические колебания, диагностика, пьезоэлектрический датчик, эксцентрик.*

Для надёжной и эффективной работы энергетического оборудования необходимо периодически осуществлять контроль их технического состояния для предупреждения аварий и иных негативных последствий, вызванных наличием дефектов [1].

Техническая диагностика энергетического оборудования позволяет дать объективную оценку их технического состояния и определить срок дальнейшей безопасной эксплуатации.

В настоящее время для диагностики энергетического оборудования, как правило, применяются методы неразрушающего контроля [2]. На

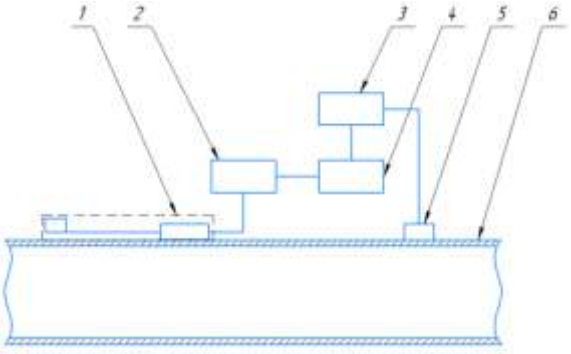
практике наибольшее распространение получила вибродиагностика, позволяющая обнаружить дефект на ранней стадии развития и спрогнозировать его развитие во времени.

Вибрация – это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение [3].

Предлагаемый способ диагностики технического состояния энергетического оборудования заключается в возбуждении механических колебания в стенке оборудования или трубопровода, регистрации этих колебаний посредством чувствительного элемента и дальнейшем анализе параметров колебаний в персональном компьютере для определения технического состояния объекта контроля.

Для реализации предлагаемого способа было разработано устройство для возбуждения механических колебаний, схема которого представлена на рисунке.

В качестве объекта контроля на схеме представлен трубопровод.



Устройство для возбуждения механических колебаний:
1 – инерциальный резонатор; 2 – регулятор частоты вращения; 3 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 4 – персональный компьютер; 5 – чувствительный элемент; 6 – трубопровод

Принцип работы предлагаемого устройства основан на использовании инерционных сил, возникающих при вращении несбалансированного твёрдого тела (эксцентрика) вокруг оси, не совпадающей с его центром массы [4].

Устройство работает следующим образом. Из персонального компьютера 4 подаётся сигнал на регулятор частоты вращения 2, который, в свою очередь, приводит в действие инерционный резонатор 1, состо-

ящий из электродвигателя и эксцентрика. Электродвигатель вращает вал, на котором закреплён эксцентрик. Так как центр масс эксцентрика не совпадает с осью вращения, возникают инерционные силы, реализующие вибрационное воздействие. Чувствительный элемент 5, выполненный в виде пьезоэлектрического датчика, измеряет абсолютную вибрацию, сигнал от него направляется через аналого-цифровой преобразователь в персональный компьютер для регистрации возбуждаемых инерционным резонатором колебаний и дальнейшего анализа их параметров.

Таким образом, анализируя параметры выходных колебаний, регистрируемых пьезоэлектрическим датчиком, можно выявить и локализовать дефекты, т. е. определить техническое состояние трубопровода [5].

Эффективность способа диагностики технического состояния энергетического оборудования повышается за счёт электропривода с числовым программным регулированием, который обеспечивает возможность контроля и варьирования частоты вращения эксцентрика.

Основными достоинствами предлагаемого способа является простота технической реализации, высокая производительность и оперативность, малые габариты.

Литература

1. Гапоненко, С. О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореферат дис. канд. техн. наук. – Казань: Казан. гос. энергет. ун-т, 2017. – 22 с.

2. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань: КГЭУ. 2014. – №7-8. – С. 123-129.

3. Гапоненко, С. О. Варианты регистрации и анализа полезного виброакустического сигнала в программном продукте LabVIEW / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь: СКФУ. 2014. – №5(44). – С. 8-15.

4. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь: СКФУ, 2015. – №2(47). – С. 9-13.

5. Гапоненко, С. О. Измерительно–диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – №3-4. – С. 138-141.

УДК 622.613.13

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

СЖИГАНИЕ НЕФТЯНОГО КОКСА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

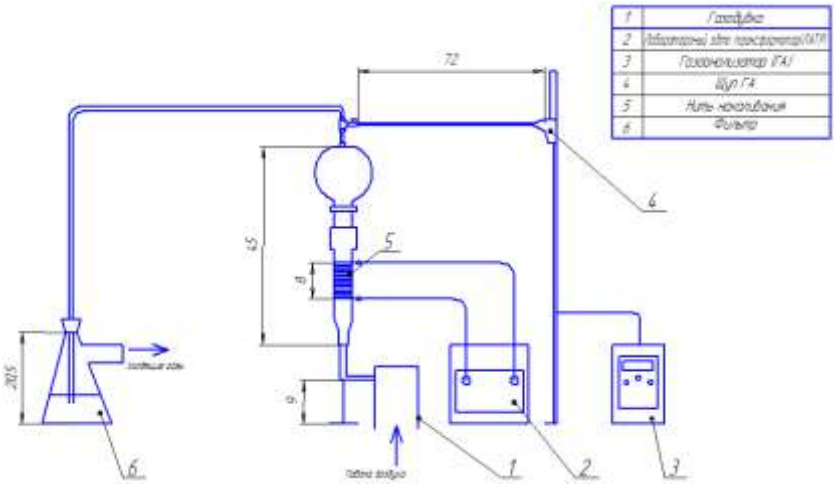
Аннотация. *Рассмотрен способ сжигания нефтяного кокса в псевдоожиженном слое. Разработана лабораторная установка для сжигания нефтяного кокса в псевдоожиженном слое. Результатом проведенных экспериментов является успешное сжигание кокса на установке и получение положительных для энергетики результатов (интенсификация сжигания нефтяного кокса и получение тепловой энергии).*

Ключевые слова: *энергетика, нефтяной кокс, топливо, псевдоожиженный слой.*

Проблема утилизации отходов нефтеперерабатывающих производств всегда остаётся актуальной. Одним из решений данной проблемы является глубокая переработка тяжелых остатков. Однако при этом образуется большое количество других твердых отходов – нефтяного кокса. Дальнейшая его переработка невозможна, а хранение или утилизация нецелесообразна. [1] Поэтому данный продукт нашёл применение в металлургии, в производстве алюминия, цемента, и, конечно же, в энергетике. Во многих развитых странах практика использования нефтяного кокса как топлива или выгорающей добавки вносит неотъемлемый вклад в мировую энергетику. К сожалению, в нашей стране опыт сжигания нефтяного кокса в энергетических котлах весьма мал и развитие этого направления на данный момент актуально.

На сегодняшний день АО «Танеко» (ПАО «Татнефть») построили и запустили установку замедленного коксования (УЗК) для более глубокой переработки нефти и производства нефтяного кокса. Предполагается дальнейшее использование нефтяного кокса в качестве топлива в энергетических котлоагрегатах, а именно в котлах Нижнекамской ТЭЦ-2 (НкТЭЦ-2). Но на данном этапе возникает множество экологических и операционных проблем при использования нефтяного кокса в качестве топлива. По этой причине возникает потребность в поиске новых идей и возможностей интенсификации сжигания нефтяного кокса в энергетических котлоагрегатах. [2]

В связи с вышеизложенным, на основе мирового опыта разработана лабораторная установка для сжигания нефтяного кокса в псевдоожиженном слое. Результатом проведенных экспериментов является успешное сжигание кокса на установке и получение положительных для энергетики результатов (интенсификация сжигания нефтяного кокса и получение тепловой энергии).



Лабораторная установка

Установка (рисунок) представляет собой кварцевую трубку с сужением в нижней части, скрепленную с термостойкой круглой плоскодонной колбой. Кварцевая трубка нагревается с внешней стороны электронагревателем из нихромовой проволоки. Температура электронагревателя регулируется лабораторным автотрансформатором (ЛАТР). Внутри в нижней части трубки помещается керамическая крошка, с целью предотвращения просыпания кокса. Внутрь трубки на керамическую подложку засыпается топливо-нефтяной кокс. Через нижнюю часть трубки подводится воздух, нагнетаемый компрессором через расходомер. Расход воздуха регулируется арматурой, а давление редуктором на компрессоре.

Круглая термостойкая колба в верхней части установки исполняет роль расширителя (диффузора) для снижения скорости потока. В верхней части колбы находится отверстие с резиновой пробкой. В пробку вставлена латунная трубка, на которую надевается резиновый шланг,

исполняющий роль газового тракта. В газовый тракт вмонтирован латунный тройник для введения в него зонда газоанализатора(ГА). После прохождения ГА продукты сгорания проходят через коническую колбу с дистиллированной водой. В воде осаждаются несгоревшие частицы нефтяного кокса и растворяется зола.

Заключение

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что нефтяной кокс можно рассматривать как потенциальный компонент топливо-энергетического баланса и как альтернативное топливо. Технология сжигания кокса в псевдоожиженном слое весьма проста в использовании. Кроме того, преимуществами такого способа сжигания является минимальное время воспламенения, долгая продолжительность горения, а также весьма широкий диапазон регулирования мощности. [3] Сжигание нефтяного кокса в псевдоожиженном слое – это современная технология, которая соответствует всем энергетическим нормативам.

Литература

1. Гимаев, Р. Н. Нефтяной кокс / Р. Н. Гимаев, И. Р. Кузеев. – М.: Химия, 1992. – С. 5

2. Загидуллин, С. Х. Проблемы обезвоживания нефтяного кокса / С. Х. Загидуллин, В. Л. Долганов, А. В. Туров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2017. – № 3. – С. 7.

3. Карапетов, А. Э. О проблемах при внедрении технологии сжигания в высокотемпературном кипящем слое в котлах коммунальной и промышленной энергетики / А. Э. Карапетов, А. В. Роор // Новости теплоснабжения. – 2016. – № 8(192). – С. 12.

УДК 628.483

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

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

Аннотация. *В данной статье рассмотрены вопросы коррозии металлов теплоэнергетического оборудования и выбран оптимальный способ защиты.*

Ключевые слова: *коррозия, защита.*

Энергетические блоки работают в тяжелых коррозионных условиях: высокая температура, давление и горячая вода, содержащая щелочь. Некоторые узлы изготавливаются из достаточно дешевых марок коррозионностойкой жаропрочной стали, которая устойчива в продуктах сгорания топлива. Основной причиной поломок парогенераторов является отказ самых теплонагруженных его частей, а именно: выходных и лобовых змеевиков, топочных экранов, неохлаждаемых подвесок и опор конвективных пакетов, пароперегревателей острого пара и т. д. Оборудование расположено по блочной системе, поэтому замена какого-либо узла, который вышел из строя в результате коррозии металла – достаточно трудоемкое и нелегкое дело. Чтобы ремонт проводился реже, стараются использовать качественные материалы или защищать их от коррозии.

В мазутном топливе содержится большое количество веществ. Это соли натрия, ванадий, сера, которые связываются с основными металлами. При сгорании мазута образуется черный налет на всех поверхностях нагрева. Его достаточно трудно удалить, т. к. он имеет твердую структуру. Налет уменьшает железо, ускоряет теплоотвод от газовых частей и вызывает перегрев или пережег конструкций, в результате чего происходит процесс разрушения.

В радиационной части топочные экраны разрушаются под воздействием газовой коррозии. При сгорании угольной пыли на поверхностях нагрева скапливается зола, образуя участи концентратов напряжений. Именно при сгорании топлива образуется газовая среда слабоокислительного характера. Когда пылеугольное топливо горит неустойчиво, экран топочной камеры может вступить в контакт с факелом. В таком случае образуется восстановительная среда. Плотный защитный слой в некоторой степени уменьшает скорость высокотемпературной коррозии поверхности нагрева, но, если в состав отложений входят хлориды и сульфаты щелочных металлов, оксид ванадия – при температуре в 570 °С образуется расплав и коррозия усиливается.

Для защиты парогенераторов ТЭС от коррозии используются следующие методы: регулярная очистка нагреваемых поверхностей от зольных отложений, использование жаропрочных и коррозионностойких сплавов и сталей, введение присадок в топливо (иногда применяются ингибиторы), нанесение защитных покрытий. При изготовлении оборудования парогенераторов основным материалом является сталь перлитного класса. Часто применяется сталь, легированная ванадием.

Хорошей устойчивостью к межкристаллитной коррозии в продуктах сгорания мазута при температуре 650 °С обладает аустенитная сталь марки ДИ-59. Она содержит в своем составе ниобий, марганец и медь.

Не рекомендовано использовать сплавы, с добавками молибдена, т. к. в продуктах сгорания мазута они не обладают удовлетворительной коррозионной стойкостью. Хром и алюминий уменьшают шанс возникновения ванадиевой коррозии. Из аустенитных хромоникелевых сталей, легированных бором, вольфрамом, молибденом и ниобием, изготавливают парогенераторы, которые работают на буром угле либо природном газе (малоагрессивные топлива) и при высоких температурах. В практике защиты от коррозии парогенераторов различного рода покрытия широкого применения не нашли. Это обуславливается проблематичностью ремонта. Постоянно контролировать их состояние также сложно.

Для увеличения эрозионной стойкости некоторых деталей аппаратуры (форсунок, в частности) используется диффузионное хромирование. В результате данного процесса в 20-25 раз увеличивается стойкость к эрозионному разрушению аустенитных хромоникелевых сталей. Чтобы защитить хромоникелевые подвески труб, их силицируют. Тогда они становятся устойчивыми при контакте с золой, которая содержит оксид ванадия. Если температура не превышает 700 °С, подвески и огневые стенки покрывают боратными системами.

Таким образом, для уменьшения разрушений необходимо не только использовать материалы с высокой коррозионной стойкостью, но и принимать все меры для уменьшения агрессивности среды. Например, чтоб разрыхлить золовые отложения, снизить их коррозионную активность и облегчить их удаление, вводят в топливо специальные присадки. Из них можно отметить 10-% водный раствор нитрита магния. Он затрудняет припекание золы к нагревательным зонам, а также повышает ее температуру плавления. Такое же действие оказывают и металлоорганические соединения железа, бария и меди. На 1 тонну мазута израсходуется всего 2 килограмма данного вещества. При введении в угольную пыль 1,5% $CaCl2•2H2O$ при температуре до 700 °С, уменьшается серная коррозия малоуглеродистой стали, а в отходящих газах содержание серы понижается. Внутренняя поверхность труб покрыта окислами железа и другими веществами, которые способствуют повышению тепловых напряжений. Чтобы эти напряжения уменьшить, необходимо периодически промывать систему кислотными растворами с последующей их нейтрализацией.

Литература

1. Йовчер, М. П. Коррозия теплоэнергетического и ядерно-энергетического оборудования / М. П. Йовчер; Перевод с болг. С. В. Цанева; Под ред. П. А. Акользина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.
2. Бадагуев, Б. Т. Паровые и водогрейные котлы. Безопасность при эксплуатации. Приказы, инструкции, журналы, положения / Б. Т. Бадагуев. – М.: Альфа-пресс, 2010. – 200 с.
3. Балабан-Ирменин, Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, А. М. Рубашов. – М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 288 с.
4. Щетинков, Е. С. Физика горения газов / Е. С. Щетинков. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1978. – 740 с.

УДК 662.92: 621.175

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

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ЗАМЕРЗАНИЯ КОНДЕНСАТА В УСТРОЙСТВАХ УТИЛИЗАЦИИ ТЕЛОТЫ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА

Аннотация. *В данной работе рассматриваются способы подогрева замерзшего конденсата с применением автоматизированных систем управления.*

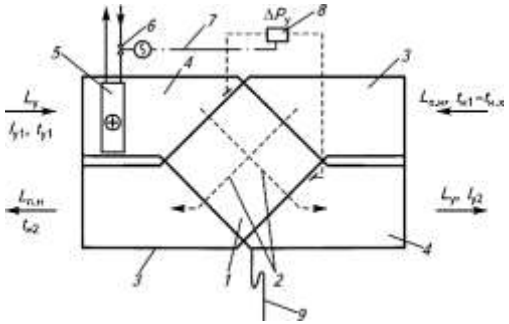
Ключевые слова: *теплоутилизатор, точка росы.*

В связи с тем, что при современных способах тепловой защиты строительных конструкций затраты на подогрев санитарной нормы приточного наружного воздуха в жилых домах достигает до 80% тепловой нагрузки системы отопления, а в общественно-административных зданиях может составить до 90 %, то с целью энергосбережения тепловой энергии необходима утилизация теплоты вытяжного воздуха [1].

Утилизация теплоты удаляемого воздуха может быть достигнута несколькими способами: а) использованием частичной рециркуляции удаляемого воздуха; б) использованием теплообменников-рекуператоров; в) использованием теплообменников с промежуточным теплоносителем [2].

Система приточной вентиляции с частичной рециркуляцией удаляемого воздуха предполагает частичное возвращение удаляемого воздуха в поток приточного наружного воздуха для повышения его температуры и уменьшения затрат тепловой энергии для его подогрева в калорифере. Однако при температуре смеси ниже температуры точки росы происходит конденсация водяных паров и замерзание конденсата при низких температурах наружного воздуха.

Рекуперативный теплообменник может состоять из пластинчатых и трубчатых каналов. В пластинчатых рекуператорах сверху над разделительными стенками каналов поступает вытяжной воздух, а в горизонтальном направлении подается приточный воздух; здесь теплоотдача происходит через разделительную стенку. В трубчатых каналах сверху поступает вытяжной воздух, а в межтрубное пространство горизонтально проходит приточный наружный воздух. Поскольку утилизируемый воздух имеет повышенное влагосодержание и температуру точки росы +4 °С, то при поступлении приточного воздуха наружного воздуха с температурой ниже + 4 °С на разделительной стенке со стороны вытяжного воздуха образуется конденсат. Схема пластинчатого теплоутилизатора показана на рисунке [1].



Принципиальная схема пластинчатого теплоутилизатора:
1 – пластинчатый теплоутилизатор; 2 – пластинчатые каналы для прохода *холодного приточного наружного воздуха* $L_{П.Н}$ *и теплого вытяжного удаляемого* воздуха $L_у$; 3 – присоединительные воздуховоды прохода приточного наружного воздуха $L_{П.Н}$; 4 – присоединительные воздуховоды прохода удаляемого вытяжного воздуха $L_у$; 5 – калорифер в потоке удаляемого воздуха $L_у$ на входе в каналы 2 пластинчатого теплообменника 1; 6 – автоматический клапан на трубопроводе подачи горячей воды G_{WT}; 7 – электрическая связь; 8 – датчик контроля сопротивления воздушного потока в каналах 2 для прохода вытяжного воздуха $L_у$; 9 – отвод конденсата

Образовавшийся конденсат под действием потока L_y попадает в отвод 9, но некоторая часть конденсата замерзает на поверхности каналов 2. Это приводит к возрастанию перепада давления ΔP_y в воздуховоде 4, который замеряется датчиком 8. Возрастание ΔP_y до заданного значения величины от датчика 8 поступает команда с помощью связи 7 на открытие автоматического клапана 6 на трубопровод подачи горячей воды в калорифер 5. При поступлении горячей воды в калорифер 5 температура потока удаляемого вытяжного воздуха t_{y1} повышается до 45-60 °С. Тем самым прохождение вытяжного воздуха с такой температурой вызовет оттаивание обмерзшего конденсата со стенок канала, а образующийся конденсат стечет в бак-накопитель по трубопроводу 9 [1].

Теплообменники с промежуточным теплоносителем предусматривают использование двух калориферных установок, соединенных между собой трубопроводом, заполненным антифризом, то есть этиленгликолем. Циркуляция антифриза осуществляется с помощью насоса. Вытяжной воздух подогревает антифриз в одном калорифере, который затем отдает теплоту наружному воздуху в другом калорифере при циркуляции теплоносителя. В них также возникает конденсация водяных паров с обмерзанием. Для этого необходим предварительный подогрев наружного воздуха перед входом в калорифер для подогрева приточного воздуха с использованием калорифера.

В случае с использованием теплоты вытяжного воздуха с частичной рециркуляцией при образования наледей на стенках канала приточного воздуха также от датчика перепада давления с помощью электрической связи поступает команда на регулятор расхода приточного воздуха, тем самым уменьшается поступление приточного наружного воздуха, а в канале поступление рециркуляционного вытяжного воздуха повышает температуру внутри канала приточного воздуха, что и вызовет оттаивание наледей со стенок канала, а вода при этом попадает в отвод конденсата [3].

Литература

1. Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

2. Шумилов, Р. Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учебное пособие / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 336 с.

3. Наумов, А. Л. Квартирные утилизаторы теплоты вытяжного воздуха / А. Л. Наумов, С. Ф. Серов, А. О. Будза // Вентиляция. – 2012. – № 12. – С. 20.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алибеков С. Я., *II,* 20, 22
Алимкулова С. Р., *II,* 73
Анисимов Н. С., *II,* 117
Анисимов П. Н., *II,* 75
Архипов Р. А., *II,* 89
Ахметгалиев И. Ф., *II,* 78

Бибикин В. А., *II,* 81
Бирюкова А. Ю., *II,* 84
Бусыгин С. В., *II,* 86

Васенева Н. А., *II,* 24, 26
Васильев А. А., *II,* 89
Васильева Л. Л., *II,* 90
Вестимая Л. А., *II,* 5
Власов П. С., *II,* 8
Волкова Е. Г., *II,* 28, 30
Воронина И. Д., *II,* 32

Гайнуллин А. Р., *II,* 92
Гапоненко С. О., *II,* 94, 121, 179, 195
Гарнышова Е. В., *II,* 97
Гатауллин Д. И., *II,* 100
Гатауллина И. М., *II,* 101
Гиззатуллин Б. А., *II,* 104
Гильмутдинов Д. Я., *II,* 106
Гиниятов Р. Р., *II,* 108
Горбунов К. Г., *II,* 111
Горинов Ю. А., *II,* 126
Грахольский А. А., *II,* 35

Дугина А. В., *II,* 113

Емельяненкова А. Е., *II,* 11

Забродин Н. Г., *II,* 38
Загретдинов А. Р., *II,* 106, 115, 119
Зыкин М. И., *II,* 117

Ибадов А. А., *II,* 139
Иванова Ю. В., *II,* 8
Изместьева В. Е., *II,* 119
Исламова Г. Ф., *II,* 121

Казакова Г. Д., *II,* 123
Камаев А. Г., *II,* 126
Кацуба И. С., *II,* 41
Козлов Д. С., *II,* 129
Колчина Н. А., *II,* 44
Кондратьев А. Е., *II,* 94, 111
Кудрявцев А. А., *II,* 47
Кудрявцева А. В., *II,* 131
Курицына К. С., *II,* 134
Курочкина К. Ю., *II,* 129
Кутонова Е. В., *II,* 50, 64

Лаптев С. Н., *II,* 52
Лаптева О. С., *II,* 136
Лоскутова Н. Н., *II,* 22
Ляхов А. А., *II,* 54

Макуева Д. А., *II,* 139
Мамаева О. Э., *II,* 141
Маргин А. Н., *II,* 144
Маргина А. А., *II,* 144
Медяков А. А., *II,* 84, 126, 129, 131, 136
Мингазетдинов Е. Е., *II,* 146, 148
Мингазов Д. Р., *II,* 150
Музюкова Д. С., *II,* 155
Мукатдаров А. А., *II,* 153

Негрышева Е. А., *II,* 155
Никифорова Д. И., *II,* 14
Новоселова А. А., *II,* 157

Овчинников В. С., *II,* 126
Онучин Е. М., *II,* 160

Патерюхин И. С., *II,* 56
Пекпулатова Н. А., *II,* 58
Пирбаева Ф. А., *II,* 60, 62

Ротач Р. Р., *II,* 163

Сабирова Л. Р., *II,* 164
Сафонова Е. М., *II,* 166
Свинцов А. В., *II,* 17
Сергеева Д. В., *II,* 169
Сидорова Е. Н., *II,* 160
Сираева Л. А., *II,* 172
Сластихина С. В., *II,* 50, 64
Смирнов М. В., *II,* 66
Степанов М. Р., *II,* 174
Сунцова А. А., *II,* 136
Суханова К. В., *II,* 177, 192

Таболич А. А., *II,* 68
Тазитдинов Р. Р., *II,* 179
Таныгин Н. А., *II,* 182
Токмолаева Н. Ю., *II,* 11

Ухлин В. Е., *II,* 108

Файзуллин А. А., *II,* 184
Федоров М. А., *II,* 184
Федорова Л. А., *II,* 44, 70
Федорова Л. В., *II,* 84
Фоминых К. А., *II,* 174
Фоминых К. С., *II,* 187

Хабибуллина Ю. Р., *II,* 104
Храмова Е. В., *II,* 190

Чиликова И. И., *II,* 155, 192

Шакурова Р. З., *II,* 195
Шамаева М. С., *II,* 14
Шарипов А. А., *II,* 198
Шугин А. А., *II,* 200

Ястребов А. В., *II,* 203

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Секция «Метрология, стандартизация, сертификация» 5

Секция «Материаловедение и технология машиностроения» 20

Секция «Энергообеспечение предприятий» 76

Авторский указатель 206