ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XII международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2017 года

Ч а с т ь 2

Йошкар-Ола
ПГТУ
2017

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

Н 34 **Научному прогрессу – творчество молодых:** материалы XII международной молодежной научной конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2017 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – Ч. 2. – 192 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Метрология, стандартизация, сертификация», «Материаловедение и технология машиностроения», «Автомобили. Технологические машины и оборудование. Конструкция, эксплуатация, сервис», «Энергообеспечение предприятий».

УДК 378.147.88
ББК 74.58

© Поволжский государственный
технологический университет, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный уровень наукоемкого производства требует, чтобы обучающиеся в высшей школе овладели инновационной культурой, творческим мышлением, были способны легко воспринимать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии с последующим их внедрением. Поэтому при организации учебного процесса необходимо переносить акцент на самостоятельную творческую работу студентов, связанную с решением конкретных научных или практических задач, в том числе и по заказам предприятий. В конечном итоге это позволит сформировать у обучающихся определенный набор компетенций для дальнейшей практической деятельности.

XII Международная молодежная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам, которая прошла 21-22 апреля 2017 года на базе центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, использованию их творческого потенциала для решения актуальных проблем современной науки и практики.

Основные задачи, которые были поставлены при организации и проведении конференции:

– стимулировать интерес студентов к научному творчеству, научить методике, способам самостоятельного решения научно-исследовательских и практических задач, навыкам работы в научных коллективах;

– развить творческое и профессиональное мышление молодежи, углубить и закрепить полученные при обучении теоретические и практические знания;

– выявить наиболее одаренных и креативных студентов для подготовки резерва научно-педагогических и научных кадров;

– развить научные межвузовские связи как внутри страны, так и со странами ближнего и дальнего зарубежья.

В конференции участвовало более 400 представителей молодого поколения из вузов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. Работа конференции была организована в 24 секциях. Наименования секций соответствовали научным 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.

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

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 4 частях. В данной части представлены секции: «Метрология, стандартизация, сертификация», «Материаловедение и технология машиностроения», «Автомобили. Технологические машины и оборудование. Конструкция, эксплуатация, сервис», «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 оценку полученных результатов. Редакционная коллегия благодарит всех, кто предоставил статьи для публикации и помогал готовить их к публикации.

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

Проведение XIII конференции по традиционной тематике аналогично планируется на вторую декаду апреля 2018 года. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

Секция «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ»

УДК 658.516

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

ОЦЕНКА СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

***Аннотация**. Рассмотрен способ измерения отклонения от прямолинейности обрезных пиломатериалов с созданием прямолинейной базы тремя видами. Выполнена оценка методической, инструментальной погрешностей и оператора, возникающих при проведении измерений.*

***Ключевые слова**: отклонение от прямолинейности, методика, стрела прогиба, погрешность измерений.*

В условиях высокой конкуренции на рынке предприятию деревообработки особо важно производить качественную продукцию. Одним из значимых составляющих в обеспечении качества является своевременный контроль характеристик продукции с применением методик оценки, которые должны быть максимально простыми, легко воспроизводимыми, а средства измерения − точными и доступными.

Целью данной работы является оценка трудоемкости, доступности и точности способов измерения прямолинейности доски обрезной, рамной распиловки, длиной 2200 мм, шероховатостью от 700 до 900 мкм и влажностью 8 – 9 %.

Использован один способ оценки прямолинейности с созданием трех видов прямолинейной базы: при помощи лески, прямолинейного бруска и устройства с лазерным лучом. Во всех трех случаях измерения расстояния от базы до кромки изделия выполнены штангенглубиномером с допускаемой погрешностью 0,05 мм.

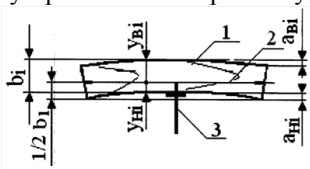


Рис. 1. Схема контроля прямолинейности: 1 – доска, 2 – прямолинейная база, 3 – штангенглубиномер

ГОСТ 2140 [1] содержит схематичное изображение стрелы прогиба, характеризующей кривизну (отклонение от прямолинейности), при этом способ измерения и соответствующие средства измерения отсутствуют, была применена схема измерения по

патенту [2] (рис. 1).

Согласно Приложению А ГОСТ Р 8. 563 [3] были определены виды погрешностей, возникающие при контроле прямолинейности. Погрешность измерения складывается из трех составляющих: методической, инструментальной и погрешностей, вносимых оператором:

$$\Delta_{изм} = \Delta_{мет} + \Delta_{СИ} + \Delta_{опер}.$$

Методическая погрешность включает неадекватность принятой модели контролируемому объекту: $\Delta_{мет} = \Delta_{н.п.м.}$.

Инструментальные составляющие:

$$\Delta_{СИ} = \Delta_{о.п.} + \Delta_{в.о.и.} + \Delta_{п.и.и.},$$

где $\Delta_{о.п.}$ – основная погрешность средства измерения;

$\Delta_{в.о.и.}$ – погрешность, вызываемая взаимодействием средства измерения с объектом измерения;

$\Delta_{п.и.и.}$ – погрешность передачи измерительной информации.

Погрешности, вносимые оператором: $\Delta_{опер} = \Delta_{сч.} + \Delta_{возд.}$,

где $\Delta_{сч.}$ – погрешность считывания значений измеряемой величины со шкал;

$\Delta_{возд.}$ – погрешность, вызываемая воздействием оператора на объект и средства измерений.

На рис. 2 наглядно представлены полученные данные во время измерений. Из графика видно, что подозрительными являются точки 1, 25, 26, измеренные при помощи лески, и точки 15, 21, измеренные с использованием прямолинейного бруска.

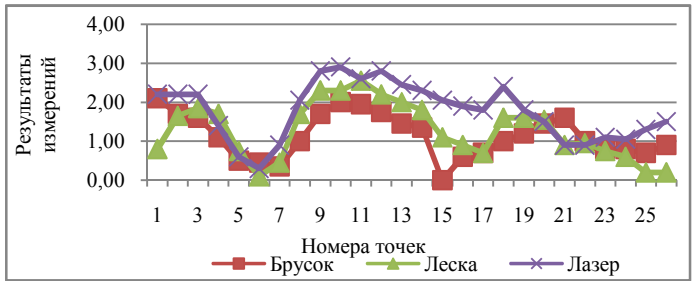


Рис. 2. Графики независимых измерений

Рассчитаны статистические показатели результатов измерений (таблица).

Статистические показатели	Прямолинейная база		
	Брусок	Леска	Лазерный луч
Среднее арифметическое, $\bar{x}$	1,14	1,25	1,72
Среднее квадратическое отклонение, S	0,5592	0,7178	0,7287
Ошибка среднего, $S(\bar{x})$	0,1097	0,1408	0,1429

По t – критерию Стьюдента выполнена оценка значимости различия по трем видам измерений при уровне значимости 0,05. Табличное значение t – критерия равно 2,0086.

При измерениях с прямолинейным бруском и леской расчетное значение $t_р$ = 0,62 меньше табличного значения, следовательно, различия между измерениями статистически незначимы.

При измерениях с прямолинейным бруском и лазерным лучом значение $t_р$ = 3,22 больше табличного значения, следовательно, различия между измерениями статистически значимы.

При измерениях с леской и лазерным лучом значение $t_р$ = 2,34 больше табличного значения, следовательно, различия между измерениями статистически значимы.

Таким образом, оценивая способ измерения прямолинейности с созданием прямолинейной базы различными способами, можно сказать следующее:

– метод с использованием устройства с лазерным лучом является наиболее трудоемким, поскольку имеются сложности в установке устройства и наличии разноширинности луча;

– измерение с леской является простым, однако имеются сложности в доведении штангенглубиномера к краю лески;

– при использовании бруска необходимо обеспечить прямолинейность его поверхности, относительно которой оценивается кривизна доски.

Литература

1. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения [Текст]. – Введ. 1982 – 01 – 01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 118 с.

2. Патент 2361174 Российская Федерация, МПК G01B 5/28. Способ измерения продольной покоробленности (кривизны) отдельных обрезных досок / М. В. Боярский, О. Г. Тарасова; Н. А. Ефимова, заявитель и патентообладатель Йошкар-Ола, ГОУ ВПО МарГТУ. – RU 2361174 C1; заявл. 25.03.2008; опубл.10.07.2009; Бюл. № 19.

3. ГОСТР 8.563 – 2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений [Текст]. – Введ. 2010 – 04 – 14. – М.: Стандартинформ, 2011. – 15 с.

УДК 658.562

Карпов А. А.
Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. тех. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОЦЕНКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ДЕКОРАТИВНЫХ ПАНЕЛЕЙ

***Аннотация**: Представлены результаты оценки состояния производства декоративных панелей на ООО «Гардиан ДОЗ» и системы контроля качества. Исследованы виды и количество дефектов продукции.*

***Ключевые слова**: декоративные панели, система менеджмента качества, дефекты, качество, риски и возможности.*

Декоративные панели используются для облицовки внутренней плоскости металлических дверей, имеют широкий модельный ряд и разнообразие вариантов отделки и конструктивного исполнения. Изготавливаются как из древесины, так и из древесных материалов. Ввиду отсутствия стандарта на данный вид продукции, на предприятии разработаны технические условия, устанавливающие: ассортимент панелей, технические требования, условия приемки, транспортирования, хранения и т. д.

В результате анализа системы менеджмента качества на предприятии были выявлены основные производственные процессы и их взаимодействие, определены заинтересованные стороны, исследована система контроля качества продукции, и установлены потенциальные риски и возможности, а также сильные и слабые стороны данной системы.

В результате исследования были отмечены следующие сильные стороны системы контроля качества:

- выстроенный алгоритм операций по контролю качества;
- функционирующая служба качества, осуществляющая постоянный контроль качества и его улучшение;
- система электронного контроля технологических операций;

- наличие рабочих и технологических инструкций;
- система сплошного контроля качества.

Из недостатков стоит отметить:

- неимение сертифицированной системы менеджмента качества;
- отсутствие риска ориентированного подхода в менеджменте качества;
- недостаточное использование средств измерения и измерительной техники;
- большая загруженность сотрудников службы качества, что приводит к неполному осуществлению всех контрольных операций.

Проанализирована статистическая информация по количеству и видам дефектов за 2014 год. Результаты представлены в таблице.

Результаты наблюдений

Вид дефекта	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	∑
Частицы (мусор)	5	7	9	12	4	6	9	3	5	4	25	28	117
Вмятина	19	11	10	6	4	10	21	7	7	3	12	17	127
Отслоение пластика(Пленки)	24	2	4	1	3	5	0	0	1	1	0	6	47
Трещина	0	3	0	3	0	1	1	0	1	1	3	3	16
Непрокрас поверхности	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	4	5	15
Пузыри	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10	19	30
Дефекты покрытия	20	5	12	5	3	1	7	1	1	3	3	4	65
Царапины	3	4	1	2	2	1	0	1	1	9	1	3	28
Несоответствие образцу отделки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
Шероховатость поверхности	2	8	9	5	0	1	4	6	4	1	2	3	45
Подтеки краски	0	0	0	0	1	2	1	0	2	0	3	1	10
Сколы	12	7	4	7	10	2	4	5	6	1	1	4	63
Сколы от фрезы	5	1	2	2	0	2	4	10	0	0	1	3	30
Дефекты пленки	4	2	3	1	8	0	1	2	3	0	0	2	26
Прочие	8	7	3	5	7	3	15	7	4	5	11	15	90
Всего панелей	3366	3495	3657	3028	3469	3832	5295	4557	4835	5304	4226	4825	49889
Количество забракованных	102	60	57	49	45	34	68	42	35	28	77	117	714
Процент принятых с первого раза	96,97	98,28	98,44	98,38	98,70	99,11	98,72	99,08	99,28	99,47	98,18	97,58	98,57

Установлено, что в среднем при приемке с первого предъявления годной признается 98,6 % всех изготовленных панелей, а процент брака составляет не более 1 %. Это является показателем высокого уровня качества продукции на данном предприятии.

Наиболее распространенными видами несоответствий являются наличие на поверхности изделий частиц (мусора), вмятины и сколы. Для минимизации количества частиц, попадающих на панели при выполнении отделочных работ, на предприятии ведется модернизация покрасочных камер. Внедряется технология создания избыточного давления, которая не позволяет частицам витать в воздухе и оседать на панели.

Стоить отметить, что на предприятии не сформировано риск ориентированное мышление, не определены основные риски и возможности в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [3]. Разработка руководства по управлению рисками и возможностями позволила бы более детально проанализировать все процессы и выявить потенциальные риски возникновения дефектов и своевременно их устранять. Такой подход позволит более эффективно управлять системой менеджмента качества на предприятии и снизить расходы.

Также стоит отметить, что в последнее время наблюдается тенденция того, что потребители уделяют большое внимание безопасности и экологичности продукции. Стараясь удовлетворить данным запросам потребителей, предприятие внедряет экологически чистые и безопасные отделочные материалы, которые не имеют вредных выделений, экологичны, безопасны и отвечают требованиям технических регламентов [1]. Это является одной из приоритетных целей предприятия в рамках осуществляемой политики в области качества.

Литература

1 ТР ТС 025/2012. О безопасности мебельной продукции [Текст]. – Введ. 2012.06.15.

2 ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Введ. 1982.01.01. – М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 1981. – 24 с.

3 ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 2015.11.01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 49 с.

4 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Система менеджмента качества. Требования. – Введ. 2015.09.28. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

УДК 681.883.022

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

АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ. ЭХО-МЕТОД

Аннотация. *Рассмотрен один из методов акустического неразрушающего контроля. Проведён анализ особенностей данного метода.*

Ключевые слова: *неразрушающий контроль, эхо-метод, волны.*

В наши дни на территории России большая часть оборудования на производстве является устаревшей. Для повышения надёжности эксплуатации различных конструкций и устройств, предотвращения несчастных случаев необходим качественный и своевременный анализ материалов, используемых на производстве. Существует множество методов контроля качества, но большинство из них довольно трудоёмко и затратно. Неразрушающий контроль (НК) и диагностика материалов и изделий физическими методами – одно из ведущих направлений производственной безопасности.

Одним из наиболее простых и незатратных методов является акустический метод контроля материалов. Благодаря использованию ультразвуковых волн обеспечивается хорошая разрешающая способность, а также возможность проникать на большие расстояния вглубь материала.

Информативность и способность выявления дефектов различного типа и размеров в материалах различных классов обеспечивает широкое применение акустических методов для контроля материалов. Различают активные и пассивные методы акустического контроля. В частности, **активные методы** основаны на излучении и приёме упругих волн, **пассивные** – только на приёме волн, источником которых служит сам контролируемый объект.

Активные методы делят на методы прохождения, отражения, комбинированные (использующие как прохождение, так и отражение), импедансные и методы собственных частот.

Ультразвуковая дефектоскопия – это комплекс методов контроля, использующих упругие колебания ультразвукового диапазона. Она основана на свойстве упругих волн распространяться в однородном твер-

дом теле и на его плоских или кривых поверхностях в виде лучей прямолинейно и отражаться от границ тела или нарушений сплошности, а также на свойстве упругих волн рассеиваться и поглощаться структурными составляющими контролируемых объектов.

Эхо-метод является наиболее распространенным методом ультразвуковой дефектоскопии, применяемым для контроля металлов и металлоизделий, в том числе крупногабаритных и сложной формы. Контроль проводят различными волнами, при одностороннем доступе к объекту – контактным или иммерсионным способами.

Эхо-метод основан на посылке в контролируемое изделие коротких импульсов ультразвуковых колебаний (УЗК) и регистрации интенсивности и времени прихода сигналов, отраженных от дефектов или границ изделия.

Правильный выбор частоты обеспечивает необходимую чувствительность ультразвукового контроля. Чем выше частота, тем меньше длина УЗК в контролируемом изделии и тем лучше условия отражения их от дефектов. Повышение частоты прозвучивания увеличивает направленность излучения и приема. При этом возрастает отношение отраженной от дефекта энергии к общей энергии, вводимой в изделие, что также способствует повышению чувствительности контроля.

Согласно практике, с увеличением частоты повышается коэффициент затухания УЗК в металле, ухудшаются условия их прохождения через поверхность ввода, увеличивается интенсивность отражений от границ зерен и неоднородностей металла, не являющихся дефектами. Частота колебаний при контроле определяется в основном коэффициентом затухания, уровнем структурной реверберации металла и габаритами контролируемого изделия.

Выбор вида ультразвуковых колебаний (УЗК) производится, опираясь на габариты и форму контролируемого изделия, а также характер и место расположения дефектов. Применяя продольные, сдвиговые, поверхностные и нормальные волны, учитывают, что в изделии как простой, так и сложной формы невозможно создать направленный пучок определенного вида волн. В изделии всегда возникают, кроме возбуждаемых волн, «побочные» волны, распространяющиеся в том же или другом направлении вследствие отражения и расщепления УЗК на поверхности ввода и границах изделия. В настоящее время ультразвуковой контроль заготовок и готовых изделий основан на предпосылке, что преобразователь создает в изделии «узкий» и «направленный» пучок лучей, распространяющийся с «небольшим» углом расхождения. При этом считают, что вся излучаемая энергия концентрируется вдоль центрального луча.

Важной характеристикой чувствительности ультразвукового контроля является размер мертвой зоны.

Наличие мертвой зоны – это, пожалуй, основной недостаток эхометода, который в некоторых случаях ограничивает его применение, снижает надежность и эффективность контроля.

Мертвую зону можно уменьшить, изменив конструкцию и размеры преобразователя, увеличив частоту прозвучивания, выбрав правильно шаг и направление сканирования, прозвучивания изделие из нескольких зон.

Результаты ультразвукового контроля оценивают по показаниям индикаторов прибора. В большинстве ультразвуковых дефектоскопов используются индикаторы в виде экрана ЭЛТ, линия развертки на котором показывает текущее время, а вертикальное отклонение – амплитуду сигнала.

Общеизвестно применение ультразвуковой дефектоскопии для контроля внутренних пороков, дефектов в металлоизделиях. Большая проникающая способность ультразвуковых колебаний ставит ее на одно из первых мест среди прочих разнообразных физических методов дефектоскопии без разрушения испытуемых изделий. Область применения эхо-метода довольно широка.

Существуют отдельные организации, занимающиеся различными видами акустической дефектоскопии. Например, филиал АБАТА-САМАРА и АБАТА-ЧЕЛЯБИНСК.

Литература

1. Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

УДК 712

Кузякина А. А., Нашенкина М. С.
Научный руководитель: Тарасова О. Г., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЩЕПЫ

Аннотация. *Выполнен анализ способов использования древесной щепы. Отмечены положительные стороны применения измельченной древесины при осуществлении ландшафтного дизайна.*

Ключевые слова: *мульчирование, щепа, ландшафтный дизайн.*

Мульчирование – один из лучших агротехнических способов, с помощью которого можно защитить почву от переувлажнения в сезон дождей. Владельцы приусадебных участков для этих целей нередко используют солому, скошенную траву, опилки. Но все же наибольшей популярностью пользуется древесная щепа – мягкая и экологически чистая отсыпка, которая помимо превосходных качественных характеристик, отличается декоративностью, а потому широко применяется в ландшафтном дизайне [1].

Мульчирование как агротехнический приём получило широкое распространение во многих западноевропейских странах, США и Канаде. Известно, что в Восточной Европе мульчирование гречишной соломой применялось в XVII веке [2].

Щепа – измельчённая древесина установленных размеров, получаемая в результате измельчения древесного сырья рубильными машинами и специальными устройствами, используемая в качестве технологического сырья или топлива. Различают несколько видов щепы:

– *технологическая щепа*: производится из *тонкомерного* круглого древесного сырья диаметром 2-6 см и длиной 1,0-3,0 м с градацией 0,5 м и предельными отклонениями по длине ±5 см [3]. В сырье не допускаются гнили (ядровая, заболонная и наружная трухлявая) и обугленность; устанавливаются ограничения на кривизну: простая допускается со стрелой прогиба до 10 %, сложная – до 5 %; остальные пороки древесины допускаются. Высота оставляемых сучков не должна превышать более 1 см.

В зависимости от продукции, вырабатывающейся из технологической щепы, устанавливается допустимое содержание в ней разных пород древесины.

– *зелёная щепа* – щепа, содержащая примеси коры, хвои и (или) листьев;

– *топливная щепа* – щепа для производства тепловой энергии.

Щепа – не просто элемент украшения участка. Секрет популярности этой разновидности отсыпки заключается в том, что она имеет ряд неоспоримых достоинств, основные среди которых:

– экологичность материала. Древесина, выступающая основой для изготовления щепы, не имеет химических примесей и абсолютно безвредна для растений и почвы, а также здоровья человека.

– надежная защита почвы. Мульча помогает защитить грунт от резких колебаний температуры, сезонного выветривания и вымывания ливнями. Щепа сдерживает чрезмерное испарение влаги, благодаря чему в жаркий период растения не нуждаются в столь частом поливе.

– обеспечение притока свежего воздуха. Поверхность почвы, укрытая древесной щепой, не оседает и не каменеет, оставаясь мягкой и рыхлой. Почва «дышит», создавая оптимальные условия для развития корневой системы растений.

– разнообразие цветовых решений. Благодаря широкому выбору цветовых решений с помощью отсыпки можно создавать эффектные полотна, которые, гармонично сочетаясь с растительными композициями, подчеркнут неповторимый стиль участка. Отдельно стоит выделить возможность обновления без удаления основы. Щепа практически не засоряется и потому не нуждается в снятии старого слоя мульчи для засыпки нового. Для сохранения декоративности отсыпки достаточно лишь раз в год обновлять покрытие, подсыпая новый слой.

Варианты применения коры и щепы в ландшафтном дизайне. Древесная щепа, которая изначально использовалась в качестве материала для мульчирования, благодаря своим декоративным свойствам сегодня широко применяется в ландшафтном дизайне не только для украшения частных участков, но и парков, скверов, бульваров и т. д. Она позволяет создать живописные картины: геометрические композиции, волнообразные элементы, тематические рисунки [4].

Существует несколько способов облагораживания территорий различного назначения:

способ 1 – оформление цветочных клумб. Любой красивый цветник нуждается в достойном обрамлении. Цветная отсыпка, окаймляя растительные композиции, подчеркнет прелесть красивоцветущих растений пестрыми красками.

способ 2 – обустройство детских площадок. Помимо декоративных качеств, древесная щепа, прежде всего, безопасный для здоровья материал. Древесная отсыпка, созданная из мягких натуральных пород, не причинит вреда здоровью детского организма, поэтому ее часто используют при обустройстве детских площадок.

способ 3 – украшение садовых дорожек, поскольку укрытые древесной отсыпкой садовые дорожки сохраняют привлекательность в течение всего года. Слой покрытия высотой в 5-6 сантиметров способен прекрасно удерживать влагу.

Для окрашивания щепы применяются различные экологически чистые материалы, не причиняющие вреда здоровью населения и окружающей среде, такие как колер вододисперсный «ТЕКС», краситель дисперсионный «JOBI».

Применение древесной щепы позволяет наиболее полно использовать древесные отходы, обеспечивая практически безотходное произ-

водство с глубокой переработкой древесины и разнообразить ландшафтное оформление газонов, цветников, дорожек, при этом придавая им привлекательный и неповторимый вид, с обогащением почвы органическими питательными веществами.

Литература

1. ГОСТ 23246-78 Древесина измельченная. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.complexdoc.ru /. – Дата обращения (25.03.2017).

2. Декоративная древесная щепа: оформление сада цветной мульчей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://diz-cafe.com/dekor/dekorativnaya-shhepa.html/. – Дата обращения (25.03.2017).

3 Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.complexdoc.ru /. – Дата обращения (25.03.2017).

4. Теодоронский, В. С. Садово-парковое строительство / В. С. Теодоронский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://books.totalarch.com/n/0458.

УДК 658.562.3

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

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОТ ПРОЕКТА ДО РЕКОНСТРУКЦИИ

Аннотация. *В наше время сфера строительства является одной из ведущих в мире. Она являет собой сложный и крайне продуманный комплекс мероприятий, в котором принимает участие большое количество людей, организаций, порой даже предприятий разного профиля. Именно здесь контроль качества играет крайне важную роль: надзор за процессом создания сооружения ведется с момента выпуска его проекта до момента начала его эксплуатации, а впоследствии – и до реконструкции.*

Ключевые слова: *контроль качества, строительство, экспертиза.*

Вообще процедура строительства как таковая состоит не только непосредственно из самого процесса возведения сооружения, но и включает в себя создание чертежей, подбор технической и технологической документации, составление смет, производство материалов строитель-

ства, их транспортировку, хранения и т. д. Каждая из этих операций нуждается в своём собственном виде контроля.

Управление качеством сооружения можно разделить на несколько этапов:

1. прединвестиционный. На данном этапе решается, куда направить инвестиции, разрабатывается обоснованность этого решения, выбирается и согласовывается место строительства и в конечном итоге производится экспертиза комплекса всех принятых решений.

2. инвестиционный. Здесь создаётся план изыскательных работ, подготавливается техническое и экономическое обоснование, ведётся разработка, а затем создание непосредственно самого проекта сооружения (на основе СП – сводов правил, СанПин – санитарных правил и норм, ГОСТов – межгосударственных стандартов). После этого проводится его экспертиза и окончательный выбор площадки строительства. Получается разрешение на проектно-изыскательные и строительно-монтажные работы.

3. строительный. В это время идёт заключение контрактов со строительными подрядными организациями, после чего организуется поставка материалов и необходимого оборудования, его монтаж, ввод в эксплуатацию, начинается выполнение строительно-монтажных работ, за каждой из которых ведется своё непосредственное наблюдение (опираясь на ТТК – типовые технологические карты). Контроль сроков, стоимости и объемов работ также производится на основе специальных документов – ГЭСН (государственных элементных сметных норм), ранее ЕНИРов (единых норм и расценок).

4. эксплуатационный. Этот период характеризуется тестированием и вводом в действие инженерных сетей и сетей обеспечения (водопровод, канализация, электричество, газопровод, вентиляция и т. п.). Облагораживается территория в соответствии с проектным Генпланом. После этого проводятся приёмно-сдаточные мероприятия. Далее идёт процесс непосредственной эксплуатации, плановых и внеплановых ремонтов. Выполняется проверка установленных проектом режимов работы сооружения.

5. реконструкционный. Это этап «утилизации» сооружения. Он связан с выводом из эксплуатации всего оборудования объекта, сетей его обеспечения, демонтажем конструкций и разборкой постройки по частям или в целом. Идёт контроль сроков проведения работ, управления процессом, соблюдение документации.

Главная цель контроля качества в строительной сфере – это достижение и реализация замысла инвестиционного этапа в соответствии со

всеми нормами, правилами и стандартами (экологическими, инженерно-техническими, технологическими, административными), а также экономической рациональностью. Для соблюдения всего этого существует несколько видов контроля, классифицируемых в свою очередь:

I. по месту в техпроцессе:

✓ входной контроль. Производится перед созданием сооружения для предотвращения каких-либо отклонения перед началом производства работ.

✓ операционный. Производится в процессе самих работ. Предназначен для контроля технологии строительства.

✓ приёмочный. Производится после завершения комплекса работ либо какой-то их части. Проверяется соответствие результатов строительства начальному замыслу. После него принимается решение о пригодности сооружения к последующим манипуляциям.

✓ контроль хранения. Являет собой проверку качества условий хранения как материалов, так и документации.

✓ транспортировочный. Контролирует аккуратность перевозки материалов и оборудования.

II. по периодичности проверок:

✓ первичный контроль. Производится первичный обзор объекта – конкретные параметры проверяются впервые.

✓ периодический контроль. Проверка одинаковых параметров через определенные промежутки времени.

✓ непрерывный контроль (мониторинг).

III. по структуре контроля:

✓ одноступенчатый. Производится один замер (одна выборка).

✓ многоступенчатый. Требуется несколько замеров (несколько выборок).

IV. по средствам контроля:

✓ визуальный. Производится внешний осмотр сооружения. Выявляются качественные отклонения.

✓ органолептический. Проверка производится по средствам органов чувств (прим.: гладкость поверхности).

✓ инструментальный (лабораторный, геодезический, метрологический).

V. по специфике проверки:

✓ разрушающий контроль. Проходит по средствам разрушения объекта исследования.

✓ неразрушающий контроль. Замеры производятся без разрушения объекта.

VI. по способу организации контроля:

✓ самоконтроль (прим.: проверка ровности кладки стены каменщиком);

✓ внешний контроль. Существует отдельная организация, осуществляющая контроль за объектом.

✓ надзор. Он обеспечивает контроль за соблюдением требований нормативов (СП, регламентов, ГОСТов и т .д.). Бывает авторским, техническим и архитектурным.

✓ экспертиза. Проводится специальным уполномоченным лицом. Выражается в его субъективном мнении. Бывает строительной и документационной.

Контроль качества в строительстве – крайне важный, ответственный и очень сложный процесс, включающий в себя множество лиц, документов и времени. Каждый вид работ контролируется по своим правилам специальными людьми. Надзор ведется за каждым процессом.

Литература

1. Юдин, А. И. Менеджмент в строительстве: учебное пособие / А. И. Юдин, С. А. Россохин. – Харьков: ХНАГХ, 2008.

УДК 539.376

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

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СРЕДСТВА РАЗМЕЩЕНИЯ

***Аннотация**. Представлены требования к средствам размещения, исследованы показатели безопасности охраны окружающей среды к прилегающей территории, к информационному обеспечению, персоналу. Выделены требования, не регламентируемые стандартами, но существенно влияющие на деятельность средств размещения.*

***Ключевые слова:** средства размещения, нормативно-правовые документы, сертификация.*

Существует несколько систем сертификации, которые предусматривают оценку соответствия гостиниц и других средств размещения требованиям нормативных документов, разработанных для определенной системы. До 2003 года действовала система обязательной сертификации ГОСТ Р, отмененная с мая 2003 года. Ввиду сильной конкуренции на рынке гостиничных услуг многие гостиницы и отели проходят добровольную сертификацию в системе ГОСТ Р, подтверждая соответствие требованиям стандартов по определенным показателям качества.

Приказ Федерального агентства по туризму от 21 июля 2005 г. № 86 «Об утверждении Системы классификации гостиниц и других средств размещения» утратил силу с 15 февраля 2011 года на основании **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.**. Взамен принят и вступил в действие Приказ Министерства культуры РФ от 11 июля 2014 г. № 1215 «Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы и пляжи, осуществляемой аккредитованными организациями» [1, с. 1].

Также произведена замена ГОСТ Р 51185-2008 «Туристские услуги. Средства размещения. Общие требования» на ГОСТ Р 51185-2014 «Туристские услуги. Средства размещения. Общие требования», который введен в действие с 01.01.2016 года. Данный документ устанавливает общие требования к средствам размещения различных видов, предназначенных для временного проживания туристов, и услуги, предоставляемые в них.

Установлены следующие требования по видам средств размещения:

1) к зданиям гостиниц и аналогичных средств размещения, их техническому оборудованию и оснащению;

2) к номерам гостиниц и аналогичных средств размещения;

3) к услугам гостиниц и аналогичных средств размещения.

Требования безопасности, охраны окружающей среды, к персоналу, к прилегающей территории, к информационному обеспечению являются общими ко всем видам средств размещения [3, с. 5-11].

Однако ГОСТ Р 51185-2014 не устанавливает требования по показателям:

1) зданиям и прилегающим к ним территориям (оформление входа, наличие вывески, входа для гостей, наличие средств для передвижения людей, с ограниченными возможностями и т. д.);

2) номерной фонд (общий вид номер, чистота номера и т. д.);

3) техническое оснащение (охранная сигнализация, электронные замки, системы видео наблюдения, WiFi, программное обеспечение и др.);

4) общественные помещения (площадь, зона для отдыха и ожидания, ковровое или иное напольное покрытие, конференц-зал с соответствующим оборудованием, бизнес-центр, декоративное озеленение, музыкальное вещание, гардероб);

5) помещения для предоставления услуг питания (чистота помещения и мебели, униформа и внешний вид, музыкальное оформление, осведомленность сотрудников, ночной клуб и т. д.);

6) услуги (швейцар, мелкий ремонт одежды, автомат для чистки обуви, хранение багажа, обмен валюты или прием платежей по кредитным картам, аренда автомашины, бронирование и/или продажа билетов в театры, на спортивные, зрелищные мероприятия, бронирование и/или продажа билетов на различные виды транспорта и т. д.);

7) услуги питания (круглосуточное предоставление услуг питания, обслуживание, обслуживание в номере и др.);.

8) требования к персоналу и его подготовке (квалификация, образование, опыт работы, внешний вид персонала, доброжелательность и т. д.) [3, с. 5-19].

Для примера проанализирована нормативно-техническая документация, разработанная руководством гостиницы Амакс Сити Отель:

– гостиница соответствует предъявляемым требованиям к зданиям и прилегающей территории;

– в документации на техническое оборудование, несмотря на его большое количество, рассмотрены только требования к содержанию лифта;

– отсутствуют требования к водоснабжению, отоплению, вентиляции, освещению;

– в номерном фонде не указаны параметры помещений для размещения гостей;

– отсутствуют требования для обеспечения звукоизоляции;

– прописаны дополнительные требования к оформлению холла и к персоналу;

– подробно рассмотрены требования к помещениям для предоставления услуг, и к услугам, предоставляемым в гостинице;

– определены показатели, характеризующие качество услуг питания;

– отсутствует документация по безопасности и охране окружающей среды.

В целях обеспечения предоставления конкурентоспособных услуг руководством планируется разработка комплекта стандартов организации и корпоративных стандартов, регламентирующих правила организации процессов оказания услуг и требования к персоналу.

Литература

1. Приказ Федерального агентства по туризму от 21 июля 2005 г. № 86 «Об утверждении Системы классификации гостиниц и других средств размещения» [Текст] // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2005. – №38. – С. 1-50.
2. ГОСТ Р 51185-2008 Туристские услуги. Средства размещения. Общие требования [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 51185-98; Введ. с 01.07 2009 по 01.01.2016. – М.: Стандартинформ 2009. – 11 с.
3. ГОСТ Р 51185-2014 Туристские услуги. Средства размещения. Общие требования [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 51185-2008; Введ. С 01.01.2016. – М.: Стандартинформ 2015. – 20 с.

УДК 539.376

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

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА СРЕДСТВ РАЗМЕЩЕНИЯ

Аннотация. *Выполнен анализ схем сертификации персонала, разработаны критерии балльной оценки персонала при добровольной сертификации средств размещения*

Ключевые слова: *критерии оценки, персонал, средства размещения.*

Развитие сферы внутреннего и въездного туризма способствует решению не только социальных проблем, но и служит основой для экономического развития как Российской Федерации, так и республики Марий Эл.

По итогам 2016 года, в рассматриваемой гостинице было зарегистрировано более 25 тысяч человек, что значительно превышает показатель 2015 года (около 18 тысяч человек). Это свидетельствует о развитии внутреннего и въездного туризма Марий Эл, и в частности, города Йошкар-Ола.

Добровольная сертификация персонала проводится в соответствии с ГОСТ Р 56937-2016 [1] по инициативе заявителя. Сертификацию персонала осуществляют органы по сертификации, аккредитованные в

соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации для выполнения работ по сертификации, соответствующие требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17024 по схемам сертификации, установленным в системе добровольной сертификации.

Схема сертификации персонала включает следующее:

– критерии первичной сертификации;

– методы оценки при первичной сертификации и сертификации на новый срок;

– методы и критерии наблюдений за сертифицированным лицом;

– критерии отмены и приостановки сертификации;

– критерии для изменения области или уровня сертификации (если применимо).

Процесс добровольной сертификации персонала содержит следующее:

– подачу заявителем заявки на сертификацию с прилагаемым комплектом документов;

– анализ заявки на правильность заполнения и представленных документов на полноту содержащейся в них информации;

– принятие решения по заявке;

– проведение экзамена;

– принятие решения о возможности выдачи сертификата;

– оформление сертификата, регистрацию в реестре системы добровольной сертификации и выдачу сертификата;

– инспекционный контроль за сертифицированным персоналом.

Срок действия сертификата может составлять не более трёх лет [1].

Оценка качества средств размещения включает следующее: оценка зданий и прилегающей территории, технического оборудования и оснащения, номерного фонда, санитарных объектов общего пользования, общественных помещений, услуг, помещений для предоставления услуг питания, окружающей среды, требований безопасности и оценку персонала.

Проведена оценка персонала средства размещения в соответствии с «Порядком классификации объектов туристской индустрии», персоналу гостиниц и иных средств размещения, при оценке категории присваиваются баллы по критериям, представленным в табл. 1.

Таблица 1. Критерии бальной оценки персонала средств размещения

№	Критерии	Балл
1.	Квалификационные требования	
1.1	Требования к уровню образования	2
1.2	Требования к стажу работы	1-5
2.	Требования к знанию иностранных языков:	
–	Знание персоналом одного иностранного языка на уровне разговорной речи	3
–	Знание не менее двух иностранных языков для сотрудников, непосредственно контактирующих с гостями, для директора или управляющего средством размещения	4-12
2.1	Знание и соблюдение должностных инструкций, правил внутреннего распорядка	1
2.2	Знание и соблюдение Стандартов организации и технологии обслуживания.	5
2.3	Знание и соблюдение санитарно-эпидемиологических норм и правил	1
2.4	Знание и соблюдение правил пожарной безопасности	1
2.5	Знание и соблюдение инструкций о действиях в чрезвычайных ситуациях	1
2.6	Умение оказать первую помощь в ЧС	1
2.7	Знание требований нормативных документов на услуги средств размещения	1
2.8	Знание и умение работать с компьютерными системами	1
2.9	Наличие жалоб на сотрудника	1

Суммарное количество балов, полученное в результате экспертной оценки, будет соответствовать определенной категории, представленной в табл. 2.

Таблица 2. Категории средств размещения

Категория звезд	Ед. измерения	Количество баллов
5 звезд	балл	26
4 звезды	балл	24
3 звезды	балл	22
2 звезды	балл	20
1 звезда	балл	18
без звезд	балл	11

В ходе оценки персонала в количестве 50 человек по данным критериям установлено, что рассматриваемое средство размещения набирает 22 балла, что соответствует категории 3 «звезды». Это свидетельствует о достаточно низком уровне как персонала, так и средства размещения. Необходимо проведение значительного объема работ для повышения конкурентоспособности гостиницы на рынке данного рода услуг.

Литература

1. ГОСТ Р 56937-2016 Оценка соответствия. Правила проведения добровольной сертификации [Текст]. – Введ. С 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 7 с.
2. Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы и пляжи, осуществляемой аккредитованными организациями [Текст]: Министерство культуры Российской Федерации Приказ от 11 июля 2014 года № 1215 // Российская газета. – 2015. – №24. – С. 1-86.

УДК 531.7

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация. *Рассматривается задача определения погрешности измерения среднего диаметра резьбовых поверхностей с помощью микрометра с резьбовыми вставками.*

Ключевые слова: *средний диаметр, контроль, допуски.*

Данная работа посвящена исследованию методов и средств контроля резьбовых соединений.

Исследования в области контроля резьбовых соединений – важная и актуальная задача, направленная на обеспечение наиболее точных и достоверных результатов в сфере машиностроения.

Задачей в данной работе служит определение погрешности измерения среднего диметра резьбовых поверхностей.

Целью работы является оценка реальной погрешности измерения среднего диаметра с помощью резьбового микрометра.

Методы и средства контроля резьбовых поверхностей

Точность резьбы контролируют дифференцированным или комплексным методом:

– *дифференцированный метод* применяют в том случае, когда допуски даны отдельно на каждый параметр резьбы (средний диаметр, шаг и половину угла профиля). Дифференцированный контроль осуществляется с помощью универсальных и специализированных измерительных средств. Средний диаметр можно измерять в зависимости от требуемой точности на универсальном и инструментальном микроскопах, методом трех проволочек на контактных приборах или резьбовыми микрометрами.

– к*омплексный метод* контроля применяют для резьбовых деталей, допуск среднего диаметра которых является суммарным. В этом случае контролируют одновременно все параметры резьбы путем сравнения действительного профиля с предельными. Это достигается с помощью предельных калибров, а для резьбовых деталей малых размеров – с помощью проекторов. Контроль калибрами получил наибольшее распространение. А сами резьбовые калибры контролируются дифференцированным методом.

Одним из наиболее удобных способов измерения среднего диаметра калибра является измерение с помощью микрометра с резьбовыми вставками. При использовании этого метода реальная погрешность измерения среднего диаметра оценивается только по погрешности инструмента (микрометра). На самом деле действительная погрешность измерения должна оцениваться с учетом всех групп составляющих источников. В данном случае дополнительным источником погрешности измерения будут отклонения шага и угла профиля измеряемых резьбовых калибров.

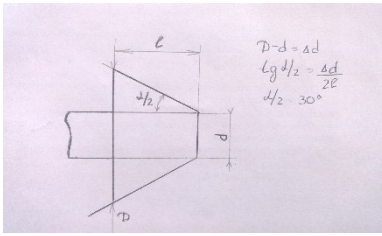
Резьбовые калибры и резьбонарезные инструменты имеют наиболее высокую точность среди резьбовых поверхностей.

ГОСТ 24997-2004. Допуски для резьбовых калибров устанавливают предельные отклонения шагов для различных длин свинчивания и предельные отклонения половины угла профиля для различных шагов. Для шагов 0,5; 2 и 3 мм предельные отклонения половины угла профиля будут соответственно ±25′, ±11′ и ±9′.

Рассмотрим влияние отклонений параметров контролируемых калибров на погрешность измерения среднего диаметра при постоянных параметрах вставок (конической и призматической). Связь между пере-

мещением измерительных наконечников (длиной конуса L), шагом резьбы (разностью диаметров конуса) и углом профиля устанавливается классической зависимостью (рисунок).

$$L = \frac{\Delta d}{2} tg \frac{\alpha}{2}.$$



Были просчитаны возможные отклонения результатов измерения среднего диаметра резьбы калибра при изменении значений шага и угла профиля в допускаемых пределах от номинальных значений. Результаты расчетов приведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

		Отклонение шага Δр (мкм)					
Шаги мкм		0,004	-0,004	0,006	-0,006	0,01	-0,01
	0,5	0,437	0,429	0,438	0,428	0,441	0,442
	2	1,736	1,729	1,728	1,728	1,741	1,724
	3	2,603	2,596	2,604	2,594	2,608	2,59

Если α/2=30 град 8`, 12`, 16`.
30 град 8` = 0,5805; 30 град 12`= 0,5820; 30 град 16`= 0,5837.

Таблица 2

Градусы		30 град 8`	30 град 12`	30 град 16`
Шаги мкм	0,5	0,4306	0,429	0,428
	2	1,726	1,718	1,713
	3	2,583	2,577	2,57

При одновременном отклонении реальных значений шага и угла профиля резьбового калибра может появиться максимальная дополнительная погрешность измерения, равная $\Delta_д = 2,59+2,57 = 5,16$ мкм.

Секция «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

УДК 620.22

Автономова Р. И., Муминов Н. Б.
Научный руководитель: Крутских Н. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМОРФНОГО СПЛАВА Ni-Fe-Al-La ПОСЛЕ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С РАЗЛИЧНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Аннотация. *Представлена зависимость микротвердости аморфного сплава Al-Fe-Ni-La в зависимости от энергии ударного воздействия на образец.*

Ключевые слова: *аморфный сплав, энергии удара, микротвердость по Виккерсу.*

Рассматривается влияние энергии ударного уплотнения на микротвердость аморфного сплава.

Большой интерес в материаловедении представляют аморфные сплавы. **Аморфные славы** (*металлические стёкла*) – класс металлических твердых тел с аморфной структурой, характеризующейся отсутствием дальнего порядка и наличием ближнего порядка в расположении атомов; в отличие от металлов с кристаллической структурой, аморфные сплавы характеризуются фазовой однородностью, их атомная структура аналогична атомной структуре переохлаждённых расплавов.

Влияние ударного воздействия на ленты из высокотемпературных сверхпроводников исследовались в работе [1].

Представлен вопрос: будут ли изменяться и в каких пределах свойства аморфных сплавов при механическом воздействии с ударом различной энергии.

Исследования проводились на кафедре машиностроения и материаловедения ФГБОУ ВО «Поволжский государственной технологической университет» (ПГТУ). Для исследований была взята аморфная лента из сплава Ni-Fe-Al-La толщиной 0,33 мм и шириной 2 мм, которая подвергалась ударному воздействию с энергией от 0,06 $\frac{Дж}{мм^2}$ до 0,2 $\frac{Дж}{мм^2}$.

Опыты проводились на установке, спроектированной и изготовленной на кафедре МиМ ПГТУ, которая позволяла изменять энергию удара и наносить их с шагом от 0,1 мм с перекрытием зон контакта.

Для предотвращения разрушения образца из аморфного сплава удар наносился через титановую фольгу.

Осмотр деформированных мест исследуемой ленты под оптическим микроскопом МБ-40 показал, что при энергии 0,2 $\frac{Дж}{мм^2}$ края ленты имеют следы начального разрушения, это свидетельствует о том, что эта энергия является предельной.

Микротвердость недеформированного и деформированного с энергией удары от 0,06 $\frac{Дж}{мм^2}$ до 0,2 $\frac{Дж}{мм^2}$ определялась по Виккерсу с нагрузкой внедрения 25 г. Полученные значения $HV_{(0,025)}$ микротвердости в зависимости от энергии деформирования представлены на рис. 1.

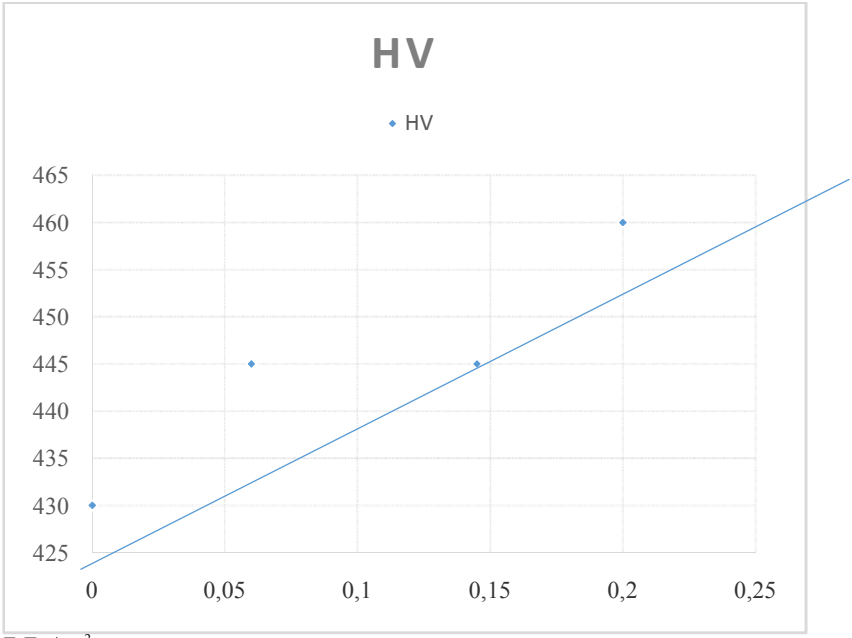


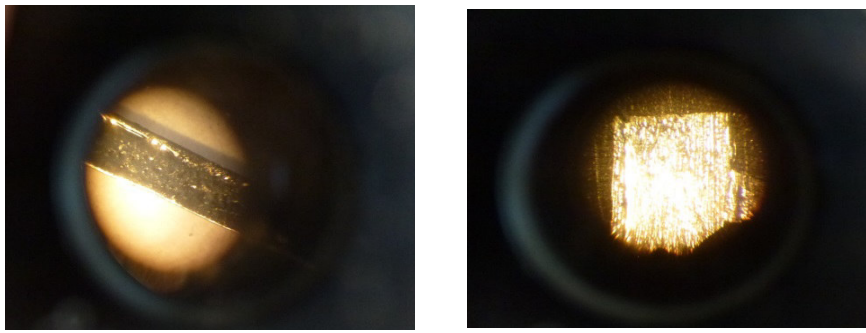
Рис. 1. Зависимость микротвердости $HV_{(0,025)}$ аморфного сплава Al-Fe-Ni-La от энергии ударной нагрузкой E

Эмпирическое уравнение зависимости расчетного значения микротвердости аморфного сплава имеет вид

$$HV = 0{,}0003E^2 + 0/0070E + 431 \qquad (1)$$

при средней ошибке аппроксимации 0,53.

Состояние поверхностного слоя аморфного сплава Al-Fe-Ni-La показаны на рис. 2.



а) б)

Рис. 2. Состояние поверхностного слоя аморфного сплава Al-Fe-Ni-La при увеличении х56: а) после получения закалкой расплава; б) после ударного деформирования с энергией $E = 0{,}2 \frac{Дж}{мм^2}$

Ударное деформирование аморфного сплава приводит к уплотнению материала, как это видно из графика на рис. 1 и состояния поверхностного слоя по рис. 2. Зависимость микротвердости $HV_{(0,025)}$ от энергии ударного воздействия описывается квадратичной функций.

При ударном деформировании аморфного сплава Al-Fe-Ni-La образец толщиной 33 мкм не разрушился, микротвердость в зависимости от энергии удара E определяется кубическим уравнением [1].

Литература

1. Влияние механических ударов на электрофизические свойства ВТСП лент / Б. П. Михайлов, В. Н. Колокольцев, А. Б. Михайлов // Сборник трудов III-й национальной конференции по прикладной сверхпроводимости НКПС-2015. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». – М., 2017. – С. 188-194.

2. Григорьев, С. Н. Технологии нанообработки: учебное пособие для студентов вузов / С. Н. Григорьев, А. А Грибков, С. В Алешин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 319 с.

УДК 544

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

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ

Аннотация. *Рассматриваются физические основы, основные задачи, области применения рентгенофазового анализа.*

Ключевые слова: д*ифракция, анализ, фаза, луч, спектр.*

Исторически одним из первых методов фазового анализа был микроскопический анализ. Впоследствии появились многие другие методы фазового анализа. Открытие в 1912 г. Лауэ и его сотрудниками явления дифракции рентгеновских лучей привело к разработке одного из самых совершенных прямых методов идентификации фаз – рентгенофазового анализа.

Рентгенофазовый анализ (РФА) – метод количественного определения содержания отдельных фаз в многофазных поликристаллических материалах, основанный на получении и анализе дифракционной картины, возникающей в результате интерференции рентгеновских лучей, рассеянных облучаемым объектом.

Целью рентгенофазового анализа является идентификация различных фаз в смеси по набору межплоскостных расстояний и относительным интенсивностям соответствующих линий на рентгенограмме. В основе метода – закон Брегга – Вульфа, устанавливающий связь между межплоскостным расстоянием, длиной волны рентгеновского излучения и углом отражения рентгеновских лучей.

Метод РФА базируется на следующих принципах:

✓ каждая кристаллическая фаза дает собственный уникальный дифракционный спектр, характеризующийся набором межплоскостных расстояний и соответствующих интенсивностей линий;

✓ спектр от смеси индивидуальных фаз является суперпозицией их дифракционных спектров;

✓ соотношение интенсивностей дифракционных линий пропорционально содержанию в образце соответствующих кристаллических

фаз (это дает возможность количественной оценки фазового состава сплава).

Исследование поликристаллического вещества методами рентгенографии позволяет решать следующие задачи:

1) идентифицировать присутствующие кристаллические фазы (качественный рентгенофазовый анализ);

2) вычислять количественное содержание кристаллических фаз в многофазном материале (количественный рентгенофазовый анализ);

3) определять параметры элементарной ячейки;

4) измерять размеры зерен поликристаллов и блоков мозаичной структуры;

5) исследовать текстуру вещества;

6) определять тип твердого раствора, степень его упорядоченности, границы растворимости;

7) исследовать распределение катионов в кристаллическом веществе;

8) анализировать механические напряжения в материале.

Существуют различные методы рентгенофазового анализа. Метод Дебая – Шерера основан на использовании порошкообразных образцов и монохроматического рентгеновского излучения. Каждая частица порошка представляет собой кристалл, и при большом их количестве и произвольной ориентации всегда найдется достаточное число правильно ориентированных, т. е. таких, в которых имеются доступные для дифракции кристаллографические плоскости.

В методе Лауэ применяется непрерывный «белый» спектр рентгеновского излучения, которое направляется на неподвижный монокристаллический образец. Для конкретного значения межплоскостного расстояния из спектра автоматически выбирается значение длины волны, удовлетворяющее условию Брэгга – Вульфа.

Способы регистрации дифракционной картины также могут быть разными. В рентгеновских камерах она фиксируется на фотопленку, в дифрактометрах для регистрации дифрагированных пучков рентгеновских лучей используются сцинтилляционные или пропорциональные счетчики. В современных приборах регистрация данных производится автоматически, что весьма существенно, поскольку сложные структуры могут давать большое число отражений.

Метод рентгенофазрвого анализа – один из наиболее эффективных и информативных методов изучения структуры и фазового состава материалов. К достоинствам метода можно отнести высокую достоверность, возможность количественного анализа фазового состава, а также то, что

метод прямой, дающий сведения непосредственно о структуре вещества. Немаловажно и то, что анализ проводят без разрушения исследуемого образца.

Рентгеновский фазовый анализ может быть с успехом применен для решения самых разнообразных материаловедческих задач, изучения различных материалов как природного, так и техногенного происхождения. Его можно использовать для контроля материалов в процессе изготовления и их изменения при эксплуатации. Без этого метода сегодня трудно представить дальнейшее развитие физики твердого тела, материаловедения, кристаллографии неорганических и органических материалов.

Литература

1. Ковба, Л. М. Рентгенофазовый анализ / Л. М. Ковба, В. К. Трунов. – М.: МГУ, 1976. – 232 с.
2. «StudFiles» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.studfiles.ru/preview/4017228/page:2/
3. «ARTconservation» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://art-con.ru/node/3679.

УДК 666.1

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

СТЕКЛО: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Аннотация. *Рассматриваются свойства, основные виды, области применения стекол, направления дальнейшего развития.*

Ключевые слова: *стекло, свойства, виды, наностекла, нанопоры.*

Стекло известно человеку вот уже более девяти тысячелетий, о чем можно судить по археологическим находкам на территории современного Египта. Методы радиоуглеродного анализа культовых амулетов и украшений из стекла датируют их появление концом восьмого – началом седьмого тысячелетия до н.э. Изделиями из стекла пользовались

древние ассирийцы и древние римляне, получило оно распространение и в Древнем Китае.

Сегодня стекло превратилось в привычный и надежный материал, широко применяемый в самых разных областях. Существует огромное количество самых разных по свойствам видов стекол. Любой материал, который при охлаждении переходит из жидкого состояния в твердое без кристаллизации независимо от его химического состава, можно назвать стеклом. Под это определение подпадают как органические, так и неорганические материалы.

В настоящее время разработаны стекла чрезвычайно широкого диапазона применения, чему способствуют ценные свойства этого материала, как присущие ему изначально (прозрачность, отражательная способность, химическая стойкость, красивый внешний вид и др.), так и синтезированные (жаростойкость, прочность, биоактивность, управляемая электропроводность и т. д.). За последние десятилетия в производстве стекла достигнуто больше успехов, чем за всю предыдущую историю стекольного дела. Сегодня стекло нашло применение в тысячах самых разных областей. Оно может быть прозрачным, полупрозрачным или непрозрачным, окрашенным или бесцветным. Из стекол изготавливаются тончайшие, в 10 раз тоньше человеческого волоса, волокна и листы, столь же тонкие, как бумага. Стеклянные изделия могут быть крошечными, хрупкими и легкими или такими массивными, как сплошное 508-сантиметровое 20-тонное зеркало Паломарского телескопа. Разработаны стекла энергосберегающие, высокопрочные, безопасные, защитные, например, пуленепробиваемые. Для специальных целей выпускают химически стойкое стекло, а также стекло, стойкое к тем или иным видам агрессивных воздействий.

Различные виды стёкол используются во всех сферах человеческой деятельности: от строительства, изобразительного искусства, оптики, медицины до измерительной техники, высоких технологий, космонавтики, авиации и военной техники.

Кабели на основе оптических волокон используют в волоконно-оптической связи, позволяющей передавать информацию на бóльшие расстояния с более высокой скоростью, чем в электронных средствах связи.

В последние годы активно развивается еще одна группа стекол – наностекло, представляющее собой материал, состоящий из стеклянной матрицы с распределенными в ней наночастицами. При этом наночастицы могут быть как кристаллическими, так и аморфными, или совсем

отсутствовать (стекло с нанопорами). Примером наностекла может быть материал рубиновых звезд на башнях Кремля. Их матрицей является бесцветное стекло, а красный цвет придают небольшие количества равномерно распределенных наночастиц золота.

Весьма перспективным является использование наностекол для создания устройств сверхплотного хранения информации. Примеры таких композитов – стеклянные соты, заполненные оксидом кобальта (III) или материал, состоящий из стеклянной матрицы и магнитных наночастиц гексаферрита стронция.

Еще один уникальный материал – кварцевое стекло с нанопорами, имеющее самую низкую диэлектрическую проницаемость среди всех известных твердых диэлектриков (2,5-1,3). Оно может быть весьма успешно использовано взамен традиционного диоксида кремния в качестве межслоевой изоляции в кристаллах микросхем.

Правильный подбор состава матрицы, размера и характера распределения наночастиц обеспечивает получение материала с очень маленьким коэффициентом линейного расширения, который может широко использоваться в бытовой технике, например, для изготовления поверхности стеклокерамических плит, способных выдерживать неравномерный нагрев до высоких температур.

Таким образом, стекла представляют собой интереснейшую, очень разнообразную по составу и свойствам и перспективную группу материалов, поэтому новые разработки в этой области, совершенствование технологии производства, создание новых видов, повышение уровня рабочих характеристик стекол весьма актуальны.

Литература

1. Нанотехнологии. Азбука для всех; под ред. Ю. Д. Третьякова. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Физматлит, 2010. – 366 с.

2. Мазурин, О. В. Стекло: природа и строение / О. В. Мазурин, Е. А. Порай-Кошиц, М. М. Шульц. – Л.: Знание, 1985. – 143 с.

3. Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/

4. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стекло.

УДК 621.791

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

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМОТРОНА

Аннотация. *Рассматриваются процессы упрочнения деталей при помощи плазменных технологий, в частности с помощью плазмотронов.*

Ключевые слова*: поверхностное упрочнение, плазменные технологии, плазмотрон, плазменное воздействие, закалка.*

В настоящее время с целью придания требуемых физико-механических свойств деталям их подвергают поверхностному упрочнению. На сегодняшний день существуют более десяти методов упрочнения поверхностных слоев.

В сфере поверхностного упрочнения деталей машин плазменное воздействие концентрированными источниками энергии находит все более широкое применение. Но зачастую подходы конструкторов к проектированию деталей с износостойкой рабочей поверхностью в силу недостаточной информированности и традиционного подхода по принципу копирования ограничиваются рекомендациями по применению закалки токами высокой частоты, цементации или азотирования.

Плазменная закалка без оплавления не ухудшает параметров поверхности деталей после механической обработки, поэтому эффективно встраивается в технологический процесс изготовления или ремонта деталей в качестве финишной операции. Широкая гамма упрочняемых плазменной закалкой железоуглеродистых сплавов – от низкоуглеродистых сталей до чугунов – требует внедрения установок, обеспечивающих широкий диапазон регулирования мощности, длины и сосредоточенности плазменной дуги. Последнее поколение разработанных установок полностью отвечает этим требованиям. Эти установки более мощные и позволяют закаливать детали на глубину два и более миллиметра.

В настоящий момент плазмотроны успешно применяются по отношению к тонким автомобильным сталям в жилищно-коммунальном хозяйстве, на строительной или производственной площадках. Плазмотрон может также использоваться при ремонте и монтаже трубопроводов, отопительных систем, а также канализации, на этапе ремонта кон-

дицонеров, вентиляционных систем. Успешно зарекомендовал себя плазмотрон в резке, прожигании отверстий, пайке, плавке, локальном нагреве цветных и черных металлов и других материалов.

Плазматроном проводят легирование поверхностных стальных изделий и наплавку. Это процесс нанесения на поверхность заготовки упрочняющих слоев большой толщины, в результате деталь из дешевых материалов приобретает уникальные механические свойства. Для упрочнения металлических деталей используются плазмотроны косвенного действия. Обычно толщина наплавленного за один проход слоя металла составляет 1-10 мм.

Плазменное плавление и кристаллизация материалов, металлов, диэлектриков и полупроводников получило широкое распространение ввиду высокой технологичности процесса. Для предотвращения окисления плавку ведут в инертной атмосфере. В результате цикла «плавление – кристаллизация» происходит очистка материала от примесей. Данный способ позволяет плавить как металлы, так и оксиды, карбиды, нитриды, при этом температура плавления может достигать 4000 ºС.

В электронике и электротехнике используют плазменное напыление, которое является процессом нанесения покрытий с помощью высокотемпературной плазменной струи, обеспечивающей испарение материала и перенос его атомов на подложку. Напыляемым материалом могут быть металлы, керамика, различные полупроводниковые и диэлектрические соединения. Напыление применяется для нанесения на изделие тонкого слоя другого материала с целью улучшения прочностных, коррозионных, жаропрочных, декоративных и других эксплуатационных свойств материалов и изделий.

Таким образом, одной из наиболее перспективных обработок является плазменная технология, интенсивно разрабатываемая как в нашей стране, так и за рубежом. Использование низкотемпературной плазмы эффективно не только для переплава металлов и сплавов, напыления износостойких, жаропрочных и коррозионностойких покрытий, резки и сварки различных материалов, но и для поверхностного упрочнения различных изделий. Плазменное поверхностное упрочнение находит широкое применение как в условиях мелкосерийного и единичного (в том числе ремонтного), так и крупносерийного и массового производства.

Литература

1. Плазмотроны и особенности сварки плазмой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://goodsvarka.ru/oborudovanie-i-materiali/plazmotron/.

2. Плазмотрон. Технология плазменной плавки, плавления, напыления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/electrotehnika/electrotehnika_888.html.
3. Поверхностное упрочнение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.isuct.ru/e-publ/portal/sites/ru.e-publ.portal/files/dep/mech/2003128.pdf.

УДК 666.266.4

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

МЕТАЛЛИЧЕСКОЕ СТЕКЛО

Аннотация. *Рассматриваются структура, методы получения и свойства металлического стекла.*

Ключевые слова: *металлическое стекло, аморфное состояние, свойства, структура.*

Металлические стёкла – это класс металлических твердых тел с аморфной структурой.

Как известно, металлы являются кристаллическими материалами, характеризующимися наличием дальнего порядка, т. е. упорядоченным расположением частиц. Кристаллизацию можно предотвратить путем очень быстрого, со скоростью не менее 10^6 К/с, охлаждения металлического расплава.

По структуре аморфные металлы подобны жидкости, не имеющей дальнего порядка в расположении атомов. Такая система является термодинамически неустойчивой, поэтому при нагревании материала до температур, при которых становятся возможными диффузионные процессы (обычно 0,5 $t_{пл.}$) начинаются процессы его кристаллизации.

Металлическое стекло внешне совсем не похоже на обычное стекло, оно не обладает привычной для стекла прозрачностью. Сходство проявляется лишь в аморфной структуре этих материалов.

Состав металлических стекол чаще всего выражается формулой M80X20, где M – переходные (Cr, Mn, Fe, Co, Ni и др.) или благородные металлы, а X – неметаллы (B, C, N, Si, P, Ge и др.), являющиеся стеклообразующими элементами.

Металлические стекла отличаются от кристаллических сплавов отсутствием дефектов структуры (вакансий, дислокаций, границ зерен) и уникальной химической однородностью: отсутствует ликвация, весь сплав однофазен.

Особенности строения металлических стекол обусловливают отсутствие характерной для кристаллов анизотропии свойств.

Физико-механические свойства металлических стекол также значительно отличаются от свойств литых сплавов. Отсутствие дислокаций приводит к тому, что металлические стекла по прочности превосходят лучшие легированные стали. Высокая твердость определяет великолепную износостойкость этих материалов. Правда, по причине отсутствия дислокаций пластичность аморфных сплавов не очень высока. Однако они все же не так хрупки, как обычное стекло, поэтому металлические стекла можно прокатывать при комнатной температуре.

Другое важнейшее преимущество аморфных металлических сплавов – их исключительно высокая коррозионная стойкость. Во многих агрессивных средах (морской воде, кислотах) они вообще не корродируют.

Широкое применение металлические стекла нашли и благодаря уникальным магнитным свойствам. Некоторые из них являются ферромагнетиками с очень малыми потерями на перемагничивание, низкой коэрцитивной силой и высокой магнитной проницаемостью (например, Fe80B20).

Сплавы редкоземельных металлов с переходными металлами отличаются очень слабым поглощением звука. Некоторые виды металлических стекол могут быть использованы в химических технологиях в качестве катализаторов.

Весьма перспективными материалами являются сверхпроводящие металлические стекла.

Быстрый теплоотвод, необходимый для получения металла в аморфном состоянии, достигается, если, по крайней мере, один из размеров образца достаточно мал (фольга, лента, проволока). Основные методы изготовления металлических стекол: расплющивание капли расплава между охлаждаемыми наковальнями (фольга шириной 15-25 мм и толщиной 40-70 мкм), охлаждение на вращающемся барабане (диске) или прокатка струи между двумя валками (лента шириной 3-6 мм и толщиной 40-100 мкм). Выдавливанием расплава в охлаждённую жидкость получают аморфные материалы в виде проволоки. Понятно, что главным фактором, ограничивающим области применения металлических стекол, является малая толщина полуфабриката, который удается получить в полностью аморфном состоянии.

Литература

1. Аморфное состояние [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ximicat.com.
2. Металлические стекла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.oknamedia.ru
3. Металлическое стекло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ngpedia.ru.

УДК 620.1

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

ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Аннотация. *Рассматриваются возможности использования рентгеноструктурного анализа для исследования материалов и покрытий.*

Ключевые слова: *рентгеновское излучение, рентгеноструктурный анализ, дифракция, исследование.*

Среди физических методов исследования важную роль играют методы, связанные с использованием рентгеновских лучей. Эти лучи широко применяются в различных областях науки и техники, а также в медицине. Исследованием материалов с помощью рентгеновских лучей занимается относительно новая область науки – рентгенография.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) основан на явлении дифракции рентгеновских лучей, открытом Максом фон Лауэ в 1912 г. Методами РСА по дифракционным картинам, возникающим при рассеянии рентгеновских лучей кристаллическими веществами, можно изучать расположение атомов в этих веществах, процессы, связанные с перестройкой атомов в кристаллах. Можно исследовать диаграммы состояний систем, определять внутренние напряжения, размеры кристаллитов, виды и количество дефектов структуры.

Рентгеноструктурный анализ является основным и наиболее информативным методом определения структуры кристаллов. Это обусловлено тем, что кристаллы обладают строгой периодичностью строения и представляют собой созданную самой природой дифракционную решётку для рентгеновских лучей. Однако РСА может быть использован и при исследовании тел с менее упорядоченной структурой, таких как жидкости, аморфные тела, жидкие кристаллы, полимеры и другие.

На основе многочисленных уже расшифрованных атомных структур может быть решена и обратная задача: по рентгенограмме поликристаллического вещества, например, легированной стали, сплава, руды или лунного грунта, может быть установлен кристаллический состав этого вещества, т. е. выполнен фазовый анализ.

При проведении рентгеноструктурного анализа исследуемый образец помещают на пути рентгеновских лучей и регистрируют дифракционную картину, возникающую в результате взаимодействия лучей с веществом. При последующем анализе дифракционной картины устанавливают взаимное расположение частиц исследованного материала.

Рентгеноструктурный анализ кристаллических веществ распадается на два этапа.

Анализируя геометрию расположения дифракционных максимумов, устанавливают размеры элементарной ячейки кристалла, число частиц (атомов, молекул), приходящееся на элементарную ячейку, тип симметрии кристалла (пространственную группу).

Затем на основе анализа интенсивности дифракционных максимумов рассчитывают распределение электронной плотности внутри элементарной ячейки и по положению максимумов электронной плотности определяют координаты атомов.

Рентгеноструктурный анализ позволяет устанавливать структуру даже таких сложных веществ, как витамины, антибиотики, координационные соединения и т. д.

Полное структурное исследование кристалла часто позволяет решить и чисто химические задачи: установление или уточнение химической формулы, типа связи, молекулярной массы, симметрии и геометрической конфигурации молекул и ионов.

Важнейшей областью применения рентгеновских лучей является рентгенография металлов и сплавов, которая превратилась в отдельную отрасль науки. Понятие «рентгенография» включает в себя, наряду с полным или частичным рентгеноструктурным анализом, также и другие

способы использования рентгеновских лучей: рентгеноспектральный анализ, рентгеновскую микроскопию, рентгеновскую дефектоскопию и др. Проведение дефектоскопии с использованием рентгеновского просвечивания металла является одним из самых достоверных способов неразрушающего контроля качества металла. Этот метод широко используется для контроля металлоконструкций, трубопроводов, сварных соединений, композиционных материалов в различных отраслях промышленности и строительства.

Без рентгеноструктурного анализа трудно представить себе развитие кристаллохимии – одного из основных разделов металловедения. Ни одна диаграмма состояния металлических сплавов не может считаться достоверно установленной без исследования их методами рентгеноструктурного анализа. Использование рентгеноструктурного анализа позволяет глубоко изучить структурные изменения, происходящие в металлах и сплавах при их пластической деформации или термической обработке.

Методу РСА свойственны и некоторые ограничения. Полное исследование достаточно трудоёмко, длительно, сопряжено с большим объёмом работы по анализу полученных данных. Для проведения полного рентгеноструктурного анализа необходимо, чтобы вещество хорошо кристаллизовалось и давало достаточно устойчивые кристаллы. Сложно проводить исследование при высоких или низких температурах. Однако, несмотря на существующие проблемы, РСА остается одним из самых эффективных и информативных методов исследования материалов.

Литература

1. Бокий, Г. Б. Рентгеноструктурный анализ: учеб. пособие для ун-тов / Г. Б. Бокий, М. А. Порай-Кошиц ; под ред. акад. Н. В. Белова. – 2-е изд. – М.: изд-во Моск. ун-та, 1964. – 489 с.

2 Рентеноструктурный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msd.com.ua.

3. Современные методы структурного анализа в материаловедении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.studfiles.ru.

УДК 621.924.1

Емельянов С. П.
Научные руководители: Хандожко А. В., д-р техн. наук, доцент;
Захаров Л. А., канд. техн. наук, доцент;
Щербаков А. Н., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ УЗЛОВ ПРИВОДОВ ЛИНЕЙНЫХ ПОДАЧ ШЛИФОВАЛЬНО-ЗАТОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Аннотация. *В статье приводится описание выбора конструкции приводов линейных подач шлифовально-заточного станка с ЧПУ на основе уже существующих компоновочных решений, а также проектирование и изготовление узлов приводов.*

Ключевые слова: *шариковинтовой привод, подшипник, опора ШВП, позиционирование, точность, унифицированный модуль.*

В машиностроении в значительной мере на точность изготовления деталей на станках влияет точность перемещения и позиционирования исполнительных органов как с заготовкой, так и с режущим инструментом, реализуемых приводами подач. Точность перемещения и позиционирования приводом зависит от целого ряда факторов: структуры привода, точности изготовления и сборки механических передач, входящих в конструкцию привода, схемы установки и типа используемых измерительных преобразователей и других факторов.

Наш коллектив был привлечен к проекту разработки и изготовления опытного образца малогабаритного шлифовально-заточного станка с ЧПУ.

Вначале была проработана компоновка разрабатываемого станка [1], затем спроектирована и изготовлена несущая система станка в виде железобетонной станины [2]. Далее была спроектирована система формообразования, при этом был широко использован агрегатно-модульный принцип конструирования с использованием унифицированных конструкционных модулей. Такие модули были использованы в приводах главного движения и подач.

Для приводов линейных подач была разработана единая структура безредукторного привода на основе широкорегулируемого сервопривода и механической части в виде унифицированных шариковинтовых

передач (ШВП). При механической части привода возникли некоторые сложности.

Известны методики расчета и выбора конструкции ШВП, встречаемые в отечественной литературе [3-5]. Однако эти методики характерны для определенных конструкций передач, изготавливаемых в разное время, и имеют ряд отличий. В настоящее время отечественные предприятия практически не изготавливают малогабаритные ШВП, а те, кто изготавливает передачи, представляют информацию очень ограничено. Исходя из анализа различных источников информации, был выбран тайваньский производитель ШВП – компания «Hiwin», представляемая в России фирмами «Kugel» и «Zetek».

Разработка и выбор конструкции ШВП выполнялся по методике компании «Hiwin». Для проектируемого шлифовально-заточного станка был выбран высокий класс точности С2 по классификации «Hiwin». Далее были рассчитаны основные параметры и определена конструкция ШВП для проектируемых приводов.

Были рассмотрены и проанализированы схемы установки ходового винта в подшипниковых опорах. В связи с тем, что на приводы линейных подач будут приходиться значительные нагрузки и требуется высокая точность позиционирования, а также есть вероятность возникновения тепловых деформаций во время работы, был выбран вариант монтажа опор «фиксированная – плавающая». В этом варианте монтажа опора под двигатель будет жесткая (радиально-упорные подшипники, воспринимающие осевую нагрузку с обеих сторон) и плавающая опора со стороны свободного конца винта.

Общий вид выбранной и приобретенной ШВП модели R20-5B2-FDT-220-300-0.006 для привода поперечных подач представлен на рис. 1.

Рис. 1. ШВП модели R20-5B2-FDT-220-300-0.006

Далее была разработана схема монтажа ШВП (рис. 2).

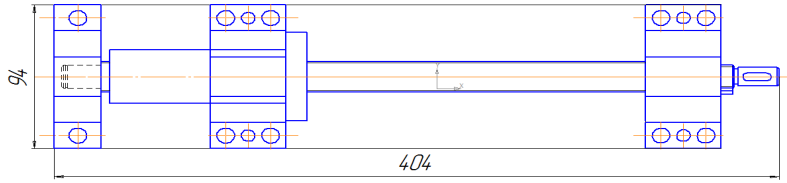


Рис. 2. Схема монтажа ШВП

В настоящее время проработаны конструкции приводов линейных подач разрабатываемого станка и собран привод поперечной подачи. Ведутся работы по изготовлению деталей и сборке узлов других приводов.

Подводя итоги, можно сказать, что применение агрегатно-модульного принципа конструирования позволяет уменьшить время на проектирование, изготовление, повысить надежность и ремонтоспособность проектируемой конструкции.

Литература

1. Хандожко, А. В. Анализ компоновочных схем при проектировании шлифовально-заточного станка с ЧПУ / А. В. Хандожко, Л. А. Захаров, А. Н. Щербаков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – №5 (319). – С. 66-73.

2. Конструкция и технология изготовления железобетонной станины опытной модели шлифовально-заточного станка с ЧПУ / С. П. Емельянов, А. К. Максименко, А. А. Тимощенко и др. // Молодые учёные – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке: сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Ижевск, 20-21 апреля 2016 года / ФГБОУ ВО «ИжГТУ им. М. Т. Калашникова». – Ижевск: ИННОВА, 2016. – С. 38-43.

3. Кочергин, А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / А. И. Кочергин. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 382 с.

4. Металлорежущие станки: учебник для вузов. В 2 т. / В. В. Бушуев [и др.]; под ред. В. В. Бушуева. – М.: Машиностроение, 2012. – Т. 1. – 608 с.

5. Молодцов, В. В. Расчет и конструирование направляющих и приводов подачи станков с ЧПУ: учебное пособие / В. В. Молодцов. – М.: ИЦ ГОУ МГТУ «Станкин», 2006. – 184 с.

УДК 621.9.01

Емельянов С. П.
Научные руководители: Селифонов В. С., канд. техн. наук, доцент;
Хандожко В. А., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Аннотация. *В данной работе приводится актуальность создания описанного стенда. В статье приводится описание конструкции разработанного стенда с числовым программным управлением, приводится описание мероприятий, в которых данный стенд используется.*

Ключевые слова: *оборудование, стенд с числовым программным управлением, направляющие, рама нижняя.*

В современном машиностроительном производстве все чаще применяют автоматизированное оборудование (станки-автоматы и полуавтоматы, станки с ЧПУ, ГПС, ГПМ), где процесс обработки проходит без участия рабочего, а качество обработки практически не зависит от его квалификации [3].

Тем не менее, наряду с созданием и использованием высокотехнологичного оборудования в производстве возникает вопрос о его эксплуатации и, соответственно, вопрос об обслуживающем и рабочем персонале соответствующей квалификации. Безусловно, данный вопрос решается в специализированных учебных центрах любого предприятия, в котором и должен быть предусмотрен процесс обучения на данном оборудовании и, соответственно, должно быть и его наличие.

Однако наличие дорогостоящего оборудования в учебных подразделениях организаций приводят к дополнительным затратам на его обслуживание и эксплуатацию. Кроме того, современное развитие производства стремится к созданию компактных станков, занимающих небольшую площадь в конструктивном исполнении, имеющих минимум сложных механизмов и устройств. К такому оборудованию можно отнести станки для сверления печатных плат, для выполнения работ по гравированию и т. д. [1]. Кроме того, оборудование такого типа можно использовать для обучения обслуживающего персонала. С точки зрения проектирования, станки данного типа можно изготовить из более простых конструктивных составляющих, например, в качестве направляющих можно использовать трубу прямоугольную, полученную прокатом и т. д. [1]. Изготовить ста-

нок данного типа также возможно и в лабораторных условиях выпускающей кафедры соответствующего направления подготовки.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является создание модели многоцелевого станка с программным управлением для подготовки программистов станков с ЧПУ, наладчиков станков с программным управлением.

В лаборатории кафедр «МСиИ» и «АТС» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» было разработано подобное оборудование. При проведении анализа обзора компоновок станка [2, 3] было принято решение выполнить изготовление станка в компоновке, описание которой приводится ниже.

Конструкция станка разработана таким образом, чтобы обучающийся мог наглядно изучить конструктивные узлы современных станков, их установку на оборудовании. Спроектированный станок состоит из рамы нижней направляющей, которая механически соединена с основанием, выполненным из швеллера. По направляющим в продольном направлении перемещается каретка продольной подачи, на которой установлены вертикальные направляющие, по которым перемещается каретка вертикальной подачи с направляющими продольного перемещения привода главного движения (ПГД). Перемещение данных рабочих органов осуществляется от синхронных электродвигателей модели КМ-11-06.0-020 и NYS-165L-20-16.0 Z. Крутящие моменты от данных двигателей передаются через муфты и соединяющие электродвигатели с ходовыми винтами данных приводов. ПГД данного станка включает в себя электродвигатель модели МА 80 М Н1, на выходном валу которого закреплен патрон для осевых инструментов с цилиндрическим хвостовиком. Ограничение движения хода рабочих органов осуществляется концевыми выключателями (привод вертикального перемещения каретки), которые закреплены на полках, выполненных из уголков. Уголки закреплены на шпильках (поз. не обозначены), соединяющие каретку продольного перемещения с верхним основанием каретки вертикального перемещении, на которой установлен двигатель вертикального перемещения. Аналогично осуществляются ограничения хода в продольном направлении. Концевые датчики крепятся на уголках, которые в свою очередь монтируются на шпильках, фиксация уголков осуществляется с помощью гаек.

В настоящее время станок используется для обучения технологов-программистов станков с ЧПУ, наладчиков, отладки программ логики характеризации, настройки микропроцессорных электроприводов, научных исследований.

Литература

1. Самодельный станок с ЧПУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vri-cnc.ru/.
2. Оборудование машиностроительных предприятий: учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоёмкие технологии», 2013. – 167 с.
3. Ефремов, В. Д. Металлорежущие станки: учебник для вузов / В. Д. Ефремов [и др.]; под общ. ред. П. И. Ящерицына. – 5-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоёмкие технологии», 2013. – 695 с.

УДК 667.6

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ КРАСКИ

Аннотация. *Данная статья посвящена порошковым краскам. Показаны основные виды красок и область их применения. Проанализированы преимущества и недостатки.*

Ключевые слова: *порошковые краски, промышленность, смолы.*

Химическая промышленность предлагает сегодня широчайший выбор красок для проведения ремонта помещений и автомобилей, среди которых занимают серьёзную нишу порошковые краски. Подобное полимерное покрытие пользуется огромнейшей популярностью, так как имеет одно неоспоримое преимущество – не требует использования химического растворителя с резким неприятным запахом. К тому же при порошковой покраске не происходит выброс в атмосферу ядовитых летучих соединений, как при окраске поверхностей жидким лакокрасочным составом.

Порошковая краска представляет собой твердые смеси мелких дисперсных компонентов. В них на производстве дополнительно добавляются смолы, которые обладают способностью образовывать пленку на поверхности окрашиваемых изделий. Также в них нередко добавляются пигменты для получения желаемого оттенка и отвердители, которые на воздухе дают возможность им застывать. Существуют отдельные виды

добавок, которые придают им необходимые при определенных условиях свойства.

Всего в мире выделяется две основные группы порошковых красок. Они определяются благодаря их способности образовывать на том или ином виде поверхности пленку (термопластичные и термореактивные порошковые краски).

Термореактивные порошки образуют покрытие в результате химических реакций, происходящих при нагревании в камере полимеризации, в основном являются эпоксидными составами, используются в качестве декоративно-защитных покрытий.

Термопластичные же порошки формируют покрытие в результате нагрева, химической реакции при этом не происходит. Используются как химически неактивные, электроизоляционные, антикоррозийные и антифрикционные покрытия.

Также основным критерием для различия тех или иных порошковых красок является химический состав:

1. эпоксидные краски имеют весьма прочную структуру после нанесения. Прекрасно защищают от коррозии. Устойчивы к влаге и химическим растворителям, однако под воздействием ультрафиолетовых лучей могут видоизменяться.

2. полиэфирные краски наиболее устойчивы к ультрафиолетовым лучам. Не подвержены пигментации. Довольно устойчивы к химическим растворителям, но токсичны по своему составу.

3. эпоксидно-полиэфирные – альтернатива между первыми двумя вариантами. Почти не подвержены вредному влиянию солнечных, ультрафиолетовых лучей, почти не токсичны, обладают хорошими противоударными свойствами. Однако устойчивость к влаге и растворителям значительно снижена.

4. краски фотохимического отверждения – новый класс порошковых красок, пленку образуют ненасыщенные полиэфиры, температура плавления которых 100-125 градусов. Покрытие образуется в 2 этапа: сначала оплавляется состав на поверхности, затем пленка отверждается при помощи УФ излучения, источником которого являются ртутные лампы среднего давления.

Порошковые краски при использовании качественного оборудования практически не оставляют отходов, а также более экономны при использовании материала при окрашивании.

Порошковое покрытие затвердевает в течение получаса и даёт возможность получить более толстое однослойное покрытия. Экономия также заключается в отсутствии необходимости содержать большие производственные площади для подсушивания изделия на воздухе.

Окрашивание сборных конструкций и предметов нестандартной формы довольно-таки проблематично. Еще одна из отличительных особенностей – это срок службы. Порошковые краски образуют прочную плёнку из-за затвердевания при высокой температуре.

Разработка новых видов порошковых красок и технологии окраски развивается с каждым годом. Порошковые и полимерные краски нашли своё применение в разных отраслях промышленности. В то же время порошковые краски не являются новинкой на рынке строительных материалов, так как известны ещё с середины прошлого века. Однако пользоваться большой популярностью они стали именно сейчас, когда экологи всего мира начали бить тревогу по поводу вреда жидких лакокрасочных веществ для окружающей среды и самого работающего человека.

Литература

1. Яковлев, А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов / А. Д. Яковлев. – 3-е изд., перераб. – СПб.: Химиздат, 2008. – 448 с.

УДК 539.374

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

СПЛАВЫ С ВЫСОКОЙ ПЛАСТИЧНОСТЬЮ. СВЕРХПЛАСТИЧНЫЕ СПЛАВЫ

Аннотация. *В данной статье рассмотрены сплавы с высокой пластичностью. Проанализированы основные нюансы явления сверхпластичности.*

Ключевые слова: *сверхпластичность, мелкозернистая структура.*

В наши дни такое явление, как сверхпластичность, уже не является термином писателей-фантастов. Оно тщательно изучено и обосновано. Благодаря исследованиям учёными были установлены параметры, контролирующие сверхпластическую деформацию, благодаря чему стало возможным практическое использование этого явления. Следствием такого прогресса явилось то, что большее число известных металлических сплавов рассматривается в настоящее время как сплавы потенциально сверхпластичные. Свойство сверхпластичности не является ха-

рактеристикой каких-то особых сплавов и при соответствующей подготовке структуры и в определенных условиях деформации проявляется у большого числа сплавов, обрабатываемых давлением.

Известно много сплавов на основе магния, алюминия, меди, титана и железа, деформирование которых возможно в режимах сверхпластичности.

Сверхпластичность может иметь место лишь при условии, когда в процессе деформации (растяжения образца) не образуется локальной деформации. При локализации деформации в образце возникает местное утонение (шейка), и он сравнительно быстро разрушается.

Различают два основных вида явлений сверхпластичности:

1. структурная, которая проявляется при температурах $>T_{пл}$ в металлах и сплавах с величиной зерна от 0,5 до 10 мкм и небольших скоростях деформации.

2. субкритическая (сверхпластичность превращения), наблюдающаяся вблизи начала фазовых превращений, например, полиморфных.

Из этих двух процессов наиболее предпочтительным является процесс структурной сверхпластичности.

Структурная сверхпластическая деформация протекает благодаря зернограничному скольжению, хотя существует и внутризеренное дислокационное скольжение.

Главная проблема создания промышленного структурного сверхпластичного материала – получение ультрамелкого равноосного зерна и сохранение его при сверхпластической деформации. При изменении размеров зерен в диапазоне 1-10 мкм происходят значительные изменения свойств. С уменьшением размера зерен в этом диапазоне снижается напряжение течения, то есть сверхпластичный материал ведет себя прямо противоположно обычному материалу, у которого при измельчении зерна предел текучести возрастает. С уменьшением размера зерен сверхпластичного сплава возрастают относительное удлинение и показатель чувствительности напряжения течения к скорости деформации.

При сверхпластической деформации зерна укрупняются, причем они растут в 2-3 раза быстрее, чем во время отжига при той же температуре. Основной причиной ускоренного роста зерен при сверхпластической деформации является высокая скорость диффузионных процессов.

Стабилизация размеров зерна достигается:

1. применением двухфазных сплавов с объемным соотношением фаз, обеспечивающем максимальное развитие межфазовой поверхности и взаимное торможение роста зерен фаз;

2. использованием дисперсных выделений, являющихся барьером для перемещения границ зерен.

В настоящее время для обработки в состоянии сверхпластичности чаще используют цинкоалюминиевый сплав ЦА22, содержащий 22% Al, титановые α+β -сплавы, двухфазные α +γ`-сплавы меди и цинка (латунь), алюминиевый сплав, состоящий из α-раствора и дисперсных частиц и другие. Алюминиевые и магниевые сплавы также позволяют получить эффективные результаты в деформировании за счет сверхпластичности. Некоторые из этих сплавов при Т 420 °С деформировались на величину е=400%.

Менее эффективно получение сверхпластичного удлинения в жаропрочных сплавах или низколегированных сталях. Никелевый сплав НП2 при Т =800°С доводится до удлинения 180%. Сталь 15ХСНД при Т 800 °С можно удлинить на 150%.

Сверхпластичность широко используют в промышленности при пневмоформовке и при объемной изотермической штамповке, при этом в процессе штамповки удаётся получать детали сложной формы всего за одну операцию. Стоит также отметить повышение коэффициента использования металла, уменьшение трудоемкости и стоимости изготовления изделий. Основной проблемой остаётся необходимость нагрева штампов до температуры обработки и малая скорость деформаций.

Литература

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

УДК 666.7

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

КЕРАМИКА В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ, БУДУЩЕМ

Аннотация. *В данной статье рассмотрен такой материал, как керамика, некоторые области его применения и примеры его преимущества перед другими материалами.*

Ключевые слова: *керамика, области применения керамики.*

Трудно назвать область научной или технической деятельности, которая пользовалась бы таким вниманием и имела такие глубокие корни, как производство керамики.

Исторически под керамикой понимали изделия и материалы, получаемые спеканием глин и их смесей с минеральными добавками. Пластичность глин использовалась человеком еще на заре его существования, и едва ли не первыми изделиями из глины стали скульптуры людей и животных, дошедшие до нас из эпохи палеолита. К позднему палеолиту некоторые исследователи относят и первые попытки обжига глины. Однако обжиг глиняных изделий с целью придания им твердости, водо- и огнестойкости стал применяться широко только в неолите.

Трудно установить дату, когда на промышленную арену вышла керамика, которую теперь называют высокотехнологичной. Вероятно, первой разновидностью такой керамики был карбид кремния, производство которого одна из американских фирм начала почти 100 лет назад. Уже в то время термин «керамика» приобрел более широкое значение: помимо традиционных материалов, изготовляемых из глин, к ней стали относить материалы, получаемые из чистых, простых и сложных оксидов, карбидов, нитридов и т. д.

После второй мировой войны одним из главных направлений развития высокотехнологичной керамики стало создание микрокомпьютеров и важнейших элементов электронной техники, включая конденсаторы, подложки интегральных схем, термисторы и варисторы. Керамическая промышленность, которая традиционно производила стекло, посуду, строительные и огнеупорные материалы, стала выпускать материалы для самых современных и перспективных отраслей техники. Понятие «керамика» в последнее время трансформировалось. Сейчас под керамикой понимают любые поликристаллические материалы, получаемые спеканием неметаллических порошков природного или искусственного происхождения. Это определение исключает из числа керамических материалов стекла, хотя нередко и их рассматривают как разновидность керамики.

Керамика широко используется и как полупроводниковый материал специального назначения. Так, из оксидной, нитридной, карбидной керамики изготавливают терморезисторы и варисторы, изменяющие электросопротивление под действием соответственно температуры и приложенного напряжения. Основная область применения терморезисторов – термочувствительные датчики, способные изменять электросопротивление на несколько порядков при повышении температуры на 100 ^{o}C. Терморезисторы находят широкое применение в электронных

приборах, системах противопожарного оповещения, дистанционного измерения и регулирования температуры. Варисторы используют как элементы устройств для защиты систем переменного тока от импульсных перенапряжений, в стабилизаторах напряжений и регуляторах токов низкой частоты.

Важнейшим для электронной техники керамическим диэлектриком, несомненно, является оксид алюминия а-Al_2O_3. Основная область применения алюмооксидной керамики – подложки интегральных схем, представляющие собой тонкие пластины, на которых собираются микросхемы. В отличие от пластмасс и фарфора, используемых для тех же целей, алюмооксидная керамика характеризуется уникальным сочетанием высокого электросопротивления и теплопроводности. Другая область применения алюмооксидной керамики – изготовление подложек для корпусов чипов (больших интегральных схем).

Применяется керамика и в машиностроении, например, в тормозной системе. Сегодня нас уже не удивляют скорости в 300-400 км/ч. При таких скоростях вопрос обеспечения безопасности становится первостепенным, т. е. требуется надежная тормозная система, способная выдерживать максимальные нагрузки и быстро прекращать движение.

В процессе эволюции автомобилестроения применялись чугунные тормозные колодки (порог температуры 500-600 ^{o}C), тормозные диски из углепластика (1200-1400^{o}C). Тормозные диски из карбида кремния могут выдержать нагрев до 1650^{o}C, при этом они на 50% легче чугунных.

Говоря о керамических изделиях, нельзя не отметить тот факт, что это один из самых экологически чистых продуктов, ее производство гораздо менее энергоемко по сравнению с производством металлов.

Перспективность керамики обусловлена также доступностью сырья, устойчивостью к воздействию высоких температур, химической стойкостью, исключительным многообразием свойств, биосовместимостью.

Таким образом, старый, казалось бы, хорошо знакомый материал – керамика – поражает нас сегодня своими новыми уникальными возможностями и все активнее вытесняет традиционные металлические материалы в самых разных областях техники.

Литература

1. Третьяков, Ю. Д. Керамика – материал будущего / Ю. Д. Третьяков. – М.: Знание, 1987. – 48 с.

2. Третьяков, Ю. Д. Химия и технология твердофазных материалов / Ю. Д. Третьяков, Х. Лепис. – М.: изд-во МГУ, 1985. – 256 с.

УДК 621.791

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

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. *В данной статье рассматриваются основные способы, а также особенности сварки титановых сплавов.*

Ключевые слова: *титан, сварка титана, сварка в различных средах.*

Титан – уникальный по своим свойствам металл. Благодаря удивительным свойствам его называют металлом будущего. Первоначально титан стали выпускать и применять для военной и оборонной промышленности. Но с каждым днем этот металл получает все большее распространение в других областях. Коррозионностоек при нормальной температуре даже в сильных агрессивных средах, но очень активен при нагреве выше 400 °С. В кислороде способен к самовозгоранию. Окисляется водяным паром, углекислым газом, поглощает водород. Теплопроводность титана более чем в два раза ниже, чем у углеродистой стали. Поэтому при сварке титана, несмотря на его высокую температуру плавления, требуется меньше тепла.

Из-за высокой химической активности титановые сплавы удается сваривать дуговой сваркой в инертных газах неплавящимся и плавящимся электродом, дуговой сваркой под флюсом, электронным лучом, электрошлаковой и контактной сваркой. Расплавленный титан жидкотекуч, шов хорошо формируется при всех способах сварки. Основная трудность сварки титана – это необходимость надежной защиты металла, нагреваемого выше температуры 400 °С, от воздуха. Дуговую сварку ведут в среде аргона и в его смесях с гелием. Сварку с местной защитой производят, подавая газ через сопло горелки, иногда с насадками, увеличивающими зону защиты. С обратной стороны стыка деталей устанавливают медные подкладные планки с канавкой, по длине которой равномерно подают аргон. При сложной конструкции деталей, когда осуществить местную защиту трудно, сварку ведут с общей защитой в камерах с контролируемой атмосферой.

Аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом детали толщиной 0,5... 1,5 мм сваривают встык без зазора и без присадки, а толщиной более 1,5 мм – с присадочной проволокой. Кромки свариваемых деталей

и проволока должны зачищаться так, чтобы был снят насыщенный кислородом альфированный слой. Проволока должна пройти вакуумный отжиг при температуре 900...1000 °С в течение 4 ч. Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности. Детали толщиной более 10... 15 мм можно сваривать за один проход погруженной дугой. После образования сварочной ванны увеличивают расход аргона до 40...50 л/мин, что приводит к обжатию дуги. Затем электрод опускают в сварочную ванну. Давление дуги оттесняет жидкий металл, дуга горит внутри образовавшегося углубления, ее проплавляющая способность увеличивается.

Дуговую сварку титановых сплавов плавящимся электродом (проволокой диаметром 1,2...2,0 мм) выполняют на постоянном токе обратной полярности на режимах, обеспечивающих мелкокапельный перенос электродного металла. В качестве защитной среды применяют смесь из 20 % аргона и 80 % гелия или чистый гелий. Это позволяет увеличить ширину шва и уменьшить пористость.

При электрошлаковой сварке используют пластинчатые электроды из того же титанового сплава, что и свариваемая деталь, толщиной 8...12 мм и шириной, равной толщине свариваемого металла. Используют тугоплавкие фторидные флюсы АНТ2, АНТ4, АНТ6. Чтобы через флюс не проникал кислород, шлаковую ванну дополнительно защищают аргоном. Металл зоны термического влияния защищают, увеличивая ширину формирующих водоохлаждаемых ползунов и продувая в зазор между ними и деталью аргон. Сварные соединения после электрошлаковой сварки имеют крупнокристаллическую структуру, но свойства их близки к основному металлу. Перед электрошлаковой сваркой, так же как и перед дуговой, флюсы должны быть прокалены при температуре 200...300 ºС.

Электронно-лучевая сварка титановых сплавов обеспечивает наилучшую защиту металла от газов и мелкозернистую структуру шва. Требования к сборке по сравнению с другими способами жестче. При всех способах сварки титановых сплавов нельзя допускать перегрева металла. Нужно применять способы и приемы, позволяющие влиять на кристаллизацию металла: электромагнитное воздействие, колебания электрода или электронного луча поперек стыка, ультразвуковое воздействие на сварочную ванну, импульсный цикл дуговой сварки и т. п. Все это позволит получать более мелкую структуру шва и высокие свойства сварных соединений.

Литература

1. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. – М.: ACADEMIA, 2000. – 393 с.

УДК 621.9.01

Стручков Д. В., Пантюхов Е. П.
Научные руководители: Щербаков А. Н., канд. техн. наук, доцент;
Селифонов В. С., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ РАЗРЕЗКИ ДЕТАЛИ «ИЗОЛЯТОР»

Аннотация. *В статье приводится описание конструкции технологической оснастки для установки и закрепления детали «Изолятор», приводится описание режущего инструмента и его геометрических параметров.*

Ключевые слова: *электротехнический соединитель, изолятор, пластмасса, дисковая фреза, технологическая оснастка.*

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

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

Одним из таких деталей, для которых необходимо применять механическую обработку, – изоляторы, являющиеся одним из элементов электрического соединителя. Электрический соединитель – электротехническое устройство, предназначенное для механического соединения и разъединения электрических цепей [2]. Состоит из двух частей: изолятора и контактов, которые образуют разъемное контактное соединение. Контакты служат для передачи электрического сигнала, а изоляторы предназначены для создания изоляции между контактами и металлическим корпусом [2].

Последовательность изготовления изолятора следующая: заготовку получают методом прессования на термопласт автоматах [2]. Размеры заготовки унифицированы, поэтому после изготовления их подвергают механической обработке (разрезке) на различную величину для получения деталей различного типоразмера.

Имеющееся на предприятии оборудование для разрезки изолятора не полностью обеспечивает требования по шероховатости поверхности после механической обработки, кроме того, после обработки образуются значительные заусенцы, наличие которых не допускается. Для их удаления с детали введена слесарная операция, которая довольна трудоемка в силу малых размеров детали и их специфических физико-механических свойств.

Таким образом, целью данного исследования является разработка оборудования, оснастки, инструмента для механической обработки данных изоляторов и исследование вопросов разрезки данного типа деталей. Для достижения поставленной цели были сформулированы и частично решены следующие задачи: разработка установки для разрезки деталей «Изолятор»; разработка оснастки для закрепления данного типа деталей; проведение исследований в области инструментального обеспечения данного процесса, а также исследований в области подбора режимов обработки и геометрических параметров режущего инструмента.

Одна из задач, которая была решена ранее, – это анализ недостатков существующей компоновки установки, анализ недостатков конструкции [2]. После выявления недостатков имеющейся установки было спроектировано новое оборудование, конструкция и описание которого представлены в работе [2]. Основная задача, которая ставится в данной работе, – разработка оснастки и изучение процесса резания данного типа деталей.

В качестве технологической оснастки было принято решение использовать приспособление, которое применяется в настоящее время. Базирование данных деталей в приспособлении осуществляется по нижней плоскости и центральным отверстиям по цилиндрическому пальцу соответствующего размера. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции приспособления от используемого является закрепление детали. В предлагаемом варианте закрепление заготовки осуществляется следующим способом: приспособление, закрепленное на каретке поперечного перемещения, перемещается вместе с кареткой при помощи электродвигателя и тягового устройства [2]. При

подходе каретки с приспособлением к рабочей зоне происходит закрепление детали с помощью прихватов и сконструированных салазок, закрепленных на защитном кожухе. Усилие закрепления заготовки действует до тех пор, пока происходит подвод приспособления с заготовкой к режущему инструменту, непосредственно при разрезке детали и выходе приспособления из зоны обработки. Переустановка заготовки осуществляется вручную, далее цикл обработки повторяется.

Наиболее интересным в данной работе является изучение процесса резания (разрезки) данных деталей. Процесс разрезки осуществляется дисковой фрезой, которая закрепляется на оправке в шпинделе станка. Анализ работы [1] показывает: при обработке деталей из пластмасс рекомендуемое значение переднего угла должно составлять $\gamma = 5…10°$, задний угол $\alpha=15…20°$. В условиях лаборатории кафедры была произведена заточка дисковой фрезы со следующими геометрическими параметрами: $\gamma = 5°$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda=5°$. Базирование фрезы при заточке осуществлялось на цилиндрической оправке с установкой данной конструкции в центрах, закрепленных на рабочем столе универсально-заточного станка.

Предварительная обработка (разрезка) детали «Изолятор» фрезой с приведенными выше параметрами показала следующий результат: визуально шероховатость поверхности соответствует требованиям, предъявляемым к данной детали, величина заусенца примерно в 1,5 раза ниже, чем было до использования заточенной фрезы.

В дальнейшем планируется провести исследования с изменением геометрических параметров инструмента, изменению скорости вращения фрезы и изменению скорости подачи заготовки.

Литература

1. Штучный, Б. П. Механическая обработка пластмасс: справочник / Б. П. Штучный. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.

2. Шмат, А.С. Проектирование отрезной установки для обработки детали типа «Изолятор» // Материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 17-18 апреля 2015 г.): в 2 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.] – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – Ч.1. – С. 202-204.

УДК 621.9.01

Тимощенко А. А.
Научный руководитель: Селифонов В. С., канд. техн. наук, доцент
Брянский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ

Аннотация. *В статье приводится описание конструкции спроектированной муфты, технология изготовления, описание разработанного приспособления, базирование муфты в приспособлении.*

Ключевые слова: *соединительная муфта, технология изготовления, приспособление, продольные пазы.*

Создание новых орудий труда, технологических и транспортных машин, превосходящим по своим технико-экономическим показателям лучшие мировые достижения, во многом зависит от повышения долговечности деталей и узлов машин.

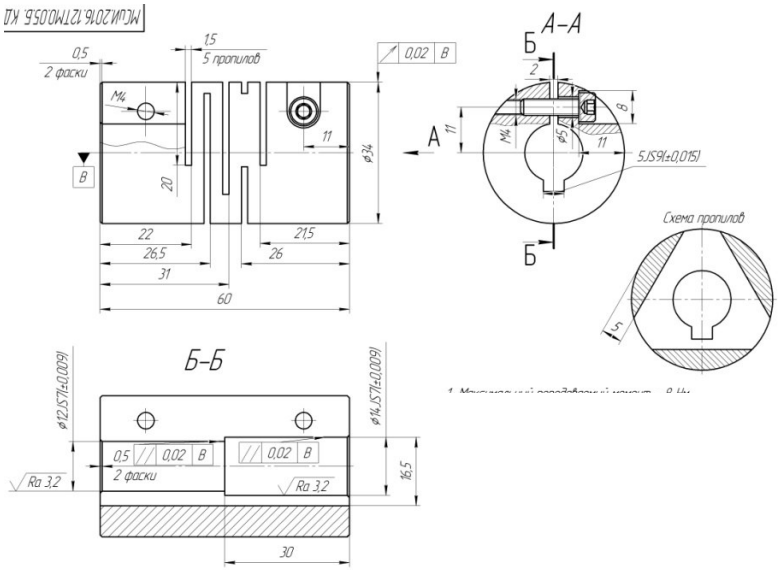
Муфты, входящие во многие механизмы и машины, являются ответственными узлами, часто определяющими надежность и долговечность всей машины. От правильного выбора типа муфты и ее параметров зависит уровень и характер нагруженности деталей машин [4]. Основное их назначение – это передача вращения и момента с одного вала на другой или с вала на свободно сидящую на нем деталь (шкив, зубчатое колесо и т. д.) [2, 3, 4].

Кроме того, являясь частью механических передач, муфты оказывают влияние на точность перемещения и позиционирования привода механизма любого механизма машины, в частности металлорежущих станков.

Тем не менее, точность и долговечность любого привода зависит не только от правильного выбора требуемой муфты, а также от точности ее изготовления, правильности выбора технологических баз и, соответственно, разработки приспособления для ее изготовления.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является разработка технологии изготовления упругой компенсирующей муфты, которая входит в состав приводов продольной и поперечной подачи малогабаритного шлифовально-заточного станка с ЧПУ, к изготовлению которого был привлечен коллектив кафедры [5].

Для соединения выходного вала электродвигателя с ходовым винтом привода продольной и поперечной подачи рабочих органов станка была разработана упругая компенсирующая муфта, показанная на рисунке.



Конструкция упругой компенсирующей муфты

Следующим этапом данной работы была разработка технологии изготовления данной муфты. Анализируя работы [1, 6], была разработана технология изготовления муфты с учетом условий лаборатории кафедры, которая включает в себя следующие операции и переходы:

1. токарно-винторезная: отрезка заготовки, подрезка торца, сверление центрового отверстия, сверление отверстия, двойное зенкерование отверстия, развертывание отверстия в размер;
2. долбежная: изготовление шпоночного паза в отверстии муфты;
3. универсально-фрезерная: фрезерование пазов, сверление отверстия под крепежную резьбу, рассверливание отверстия;
4. слесарная: зачистка заусенцев, нарезание резьбы в крепежных отверстиях;
5. ленточно-отрезная: прорезание поперечных пазов;
6. электроэррозионная: прожигание продольных пазов в муфте.

Как видно из вышеизложенного технологического процесса изготовления муфты, одним из вопросов, который возник при изготовлении муфты – это изготовление поперечных пазов, схема распила которых показана на рисунке. Для решения данного вопроса было разработано приспособление для прорезания пазов, которое базируется в тисках ленточно-отрезного станка. Данное приспособление включает в себя основание, представляющее из себя прямоугольную стальную плиту определенного размера толщиной 10 мм. Заготовка муфты в данном приспособлении базируется по наружному диаметру муфты, закрепление также производится по наружному диаметру муфты с помощью прихватов на свободной поверхности от зоны резания. Ограничение хода движения пилы осуществляется с помощью разработанного для этой цели механизированного ограничителя. Ограничение перемещения муфты в приспособлении в продольном направлении осуществляется благодаря установленному упору. Перемещение приспособления на величину шага пазов осуществляется с помощью отчетного измерительного устройства.

Литература

1. Суслов, А. Г. Технология машиностроения: учебник / А. Г. Суслов. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.

2. Кочергин, А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / А. И. Кочергин. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 382 с.

3. Металлорежущие станки: учебник для вузов. В 2 т. / В. В. Бушуев [и др.]; под ред. В. В. Бушуева. – М.: Машиностроение, 2012. – Т. 1. – 608 с.

4. Справочник по муфтам / под ред. О. А. Ряховского, С. С. Иванова. – Л.: Политехника, 1991. – 384 с.

5. Хандожко, А. В. Анализ компоновочных схем при проектировании шлифовально-заточного станка с ЧПУ / А. В. Хандожко, Л. А. Захаров, А. Н. Щербаков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – № 5 (319). – С. 66-73.

6. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для вузов / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

УДК 669-1

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

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Аннотация. *Данная статья посвящена сварке нержавеющих сталей. Показаны основные методы сварки. Проведены исследования состава после сварки.*

Ключевые слова: *сварка, нержавеющие стали.*

Нержавеющие стали отличаются от углеродистых повышенным содержанием хрома (от 13 до 30%), что добавляет сплаву коррозионной стойкости за счет образования так называемой оксидной пленки, то есть слоя оксида хрома. При повреждении этой пленки образуются новые оксиды, защищающие сталь от окислительной коррозии.

Кроме железа, углерода и хрома, современные нержавеющие стали могут также содержать другие элементы, такие как никель, ниобий, молибден, титан. Из-за измененных с помощью легирующих элементов свойств процесс сварки нержавеющих сталей несколько сложнее сварки обычных сталей.

Стали с малым содержанием углерода (менее 0,20%) обычно не требуют предварительного нагрева, однако при сварке нержавеющих сталей с содержанием углерода, превышающим 0,20%, необходим предварительный нагрев. Обычно нагревают до температуры 150 °С.

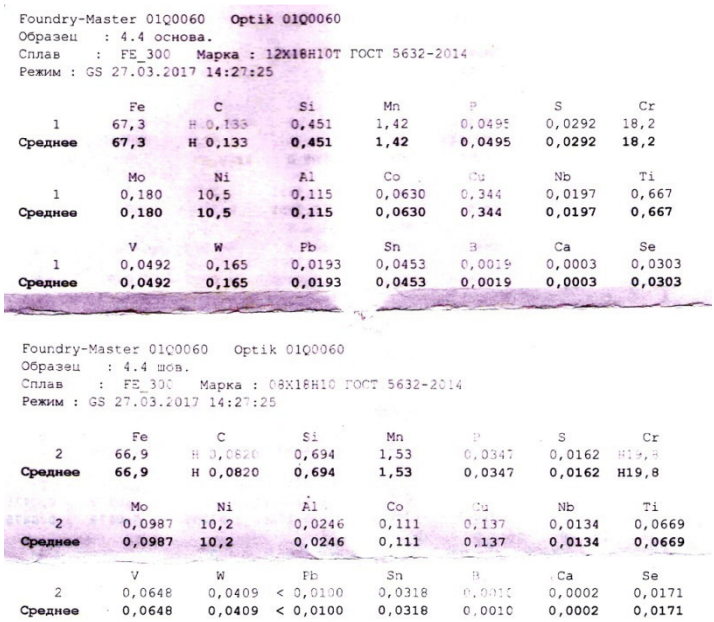
Для сварки нержавеющих сталей используют методы дуговой сварки, такие как ручная дуговая сварка ММА, аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом TIG и полуавтоматическая сварка MIG/MAG.

Для обеспечения возможности сварки нержавеющей стали желательно, чтобы в числе легирующих элементов, помимо хрома Cr, также содержался титан Ti. Это необходимо для того, чтобы в результате горения содержание хрома в сварном шве не отличалось (или отличалось незначительно) от состава основы.

Были проведены исследования по определению химического состава катушек, сваренных из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Химический состав определяли как стационарным Foundry-Master01Q0060 Optik 01Q0060, так и переносным 1S «TITAN».

Как видно из таблицы, сварной шов отличается от основы содержанием двух элементов: титана и хрома. Количество Cr в шве незначительно больше по сравнению с основой. Это свидетельствует о том, что содержание Cr не уменьшается и коррозионная стойкость Cr-Ni-Ti стали

незначительно увеличивается, так как коррозионная стойкость нержавеющих сталей с увеличением содержание Cr увеличивается.



Foundry-Master 01Q0060 Optik 01Q0060
Образец : 4.4 основа.
Сплав : FE_300 Марка : 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-2014
Режим : GS 27.03.2017 14:27:25

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
1	67,3	H 0,133	0,451	1,42	0,0495	0,0292	18,2
Среднее	**67,3**	**H 0,133**	**0,451**	**1,42**	**0,0495**	**0,0292**	**18,2**

	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti
1	0,180	10,5	0,115	0,0630	0,344	0,0197	0,667
Среднее	**0,180**	**10,5**	**0,115**	**0,0630**	**0,344**	**0,0197**	**0,667**

	V	W	Pb	Sn	B	Ca	Se
1	0,0492	0,165	0,0193	0,0453	0,0019	0,0003	0,0303
Среднее	**0,0492**	**0,165**	**0,0193**	**0,0453**	**0,0019**	**0,0003**	**0,0303**

Foundry-Master 01Q0060 Optik 01Q0060
Образец : 4.4 шов.
Сплав : FE_300 Марка : 08Х18Н10 ГОСТ 5632-2014
Режим : GS 27.03.2017 14:27:25

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
2	66,9	H 0,0820	0,694	1,53	0,0347	0,0162	H19,8
Среднее	**66,9**	**H 0,0820**	**0,694**	**1,53**	**0,0347**	**0,0162**	**H19,8**

	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti
2	0,0987	10,2	0,0246	0,111	0,137	0,0134	0,0669
Среднее	**0,0987**	**10,2**	**0,0246**	**0,111**	**0,137**	**0,0134**	**0,0669**

	V	W	Pb	Sn	B	Ca	Se
2	0,0648	0,0409	< 0,0100	0,0318	0,0010	0,0002	0,0171
Среднее	0,0648	0,0409	< 0,0100	0,0318	0,0010	0,0002	0,0171

Уменьшение содержание Ti в шве по сравнению с основой, на порядок связано с химической реакцией, которая идет при сварке $Ti+2C \rightarrow TiC2$

Из проведенных исследований и полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. химический состав как основы, так и шва практически не меняется;
2. коррозионная стойкость как основы, так и шва после проведенных сварных работ практически не будет меняться из-за содержания хрома более 12%, так как стали, содержащие более 12% Cr, считаются коррозионностойкими (см. листы 1, 2, 3).
3. незначительные увеличения содержания Cr в сварном шве говорит о том, что коррозионная стойкость самого шва незначительно может увеличиться по сравнению с основой из-за небольшого увеличения содержания Cr в сварном шве.

Литература

1. http://www.smart2tech.ru/svarka-nerzhaveyushchej-stali.

УДК 621.74

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

РАСТРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

На этапе стремительного развития техники ученым и инженерам часто необходимо наблюдать и правильно объяснять явления, происходящие на микронном уровне. Одним из приборов, который может эффективно использоваться для исследования гетерогенных материалов и поверхности образца, является растровый электронный микроскоп (РЭМ), оснащенный системой электронно-зондового микроанализа (ЭЗМА).

Первый идею построения электронного микроскопа высказал Макс Кнолл ещё в 1935 году. Сфокусированный пучок электронов сканирует поверхность образца подобно электронному лучу в телевизионных системах. При подобном взаимодействии электронов зонда с поверхностью объекта возникают ответные сигналы, имеющие разную физическую природу и позволяющие построить синхронное изображение на экране монитора. К таким сигналам относятся отраженные и вторичные электроны, Оже-электроны, рентгеновское излучение, свет, поглощенный ток.

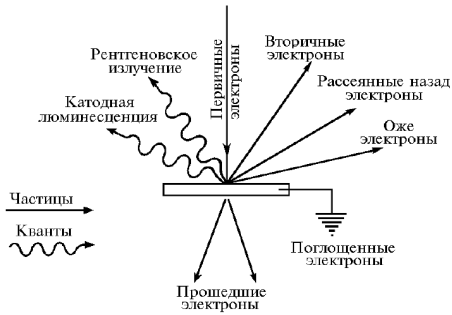


Рис. 1. Схема образования вторичных сигналов при взаимодействии электронов зонда с веществом мишени

Анализ изображений рельефа образца, полученных с помощью растровой электронной микроскопии, является достаточно простым и сравним с интерпретацией оптических микрофотографий. Однако при использовании РЭМ значительно повышается качество изображений поверхности благодаря значительному повышению глубины резкости. Этот факт является очень важной отличительной особенностью растрового электронного микроскопа. Из-за влияния рельефа поверхности на ответные сигналы, возникающие при сканировании электронным пучком, можно получить изображения, интерпретация которых будет сходна с анализом изображений, полученных с помощью светового микроскопа.

Рентгеновский микроанализатор, которым оснащен электронный микроскоп, позволяет получать информацию о химическом составе образца в произвольно выбранной точке поверхности. В результате взаимодействия пучка электронов с образцов возникает характеристическое рентгеновское излучение, которое фиксируется микроанализатором. Расшифровка получаемых спектров позволяет получить информацию о качественном составе образца, а по интенсивности спектральных линий можно оценить содержание компонентов.

С помощью дистанционного растрового электронного микроскопа PhilipsXL 30 производства фирмы Philips Electron Optics, оснащенного системой рентгеноспектрального микроанализа фирмы Oxford Instruments, нами были проведены исследования поверхности дистанционирующей решетки из сплава САВ-2 после ее пребывания в бассейне выдержки.

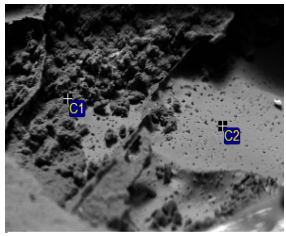


Рис. 2. Изображение фрагмента дистанционирующей решетки

На рис. 2 представлено изображение фрагмента поверхности решетки (увеличение х20), а на рис. 3 – рентгеновский спектр. Его расшифровка показала наличие в точке С1 поверхности образца соединения железа, фосфора и кислорода, а в точке С2 – соединения алюминия, фосфора, кислорода.

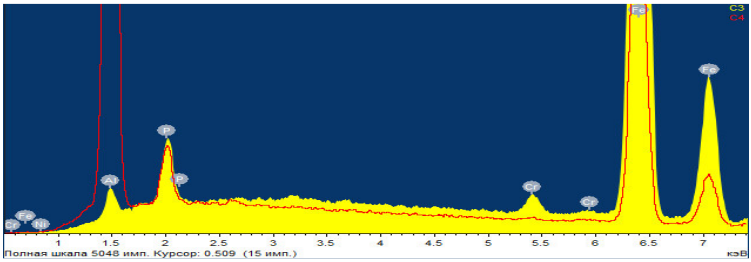


Рис. 3. Спектры дистанционирующей решетки в точках С1 и С2

Таким образом, растровая электронная микроскопия является весьма информативным методом исследования материала, позволяя получить качественное изображение поверхности, изучать характер изломов, а также проводить качественный и количественный анализ в определенной точке поверхности образца.

Литература

1. Калин, Б. А. Растровая электронная микроскопия. Лабораторная работа / Б. А. Калин, Н. В. Волков, В. И. Польский. – М.: МИФИ, 2008. – 56 с.

Секция «АВТОМОБИЛИ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ. КОНСТРУКЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, СЕРВИС»

УДК 531. 1: 656. 1

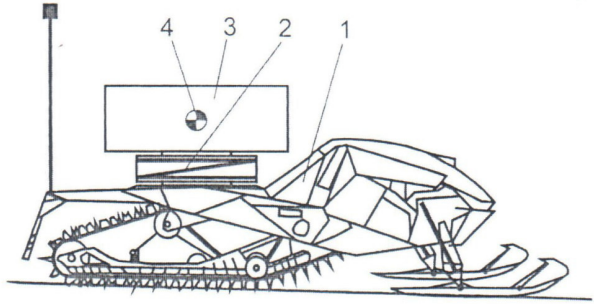
Андрианов Д. Ю.
Научный руководитель: Фищенко П. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСКЛЮЧЕНИЕ БОКОВОГО ОПРОКИДЫВАНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ЗА СЧЁТ ПОДБОРА ШИРИНЫ ОПОРНОЙ ПЛОЩАДКИ

Аннотация. *Представлена беспилотная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести.*

Ключевые слова: *максимально допустимая скорость, беспилотная транспортная платформа, условие боковой устойчивости.*

Актуальность. При освоении северных территорий и решении при этом задач социально-экономического развития этих территорий предлагается разработка новых технологий, включая создание беспилотной транспортной платформы со смещаемым центром тяжести [1]. Основные признаки действия данного технического решения в том, что беспилотная снегоходная платформа со смещаемым центром тяжести (рис. 1), несет полезную нагрузку.



Беспилотная снегоходная транспортная платформа: 1 – снегоход, 2 – основание с системой изменения положения центра тяжести, 3 – груз, 4 – система управления

Платформа содержит систему обеспечения устойчивости, представляющую собой несущее опорно-поворотное устройство, с возможностью смещения центра тяжести полезной нагрузки относительной оси транспортной платформы посредством кинематических связанных между собой приводных скошенных колец, которые с возможностью их относительного поворота [2].

Целью настоящей работы является **определение ширины** опорной площадки, позволяющей получать максимально допустимую скорость, исключающую боковое опрокидывание беспилотной транспортной платформы во время горизонтального движения, учитывая условие боковой устойчивости [3].

Постановка задачи. Зная m – массу самой платформы вместе с массой груза, H – высоту расположения центра тяжести всей системы над опорной площадкой, получить выводы о необходимой ширине опорной площадки L при увеличении скорости движения.

Решение задачи. Беспилотная транспортная платформа вместе с грузом моделируется материальной точкой массой m и весом $P=mg$, где g – ускорение свободного падения. Для упрощения рассматривается равномерное движение по окружности, то есть выполняются условия: $|\vec{v}|$=const и R=const. Тогда полное ускорение совпадает с центростремительным $a_{ц} = \dfrac{v^2}{R}$. Сила инерции, направленная горизонтально на некоторой высоте H над опорной площадкой, равная по величине произведению массы на ускорение и направленная противоположно этому ускорению, создаёт опрокидывающий момент.

Беспилотная транспортная платформа не упадёт на бок, если опрокидывающий момент не преодолеет удерживающего момента, то есть, если выполняется *условие боковой устойчивости*

$$m\frac{v^2}{R}\cdot H \le P\cdot\frac{L}{2}. \qquad (1)$$

Следовательно, скорость движения не должна превышать *максимально допустимую скорость*

$$v \le v_{\max} = \sqrt{\frac{gLR}{2H}}.$$

Условие (1) выполнится при увеличении максимально допустимой скорости на 10% ($(1.1v)^2=(121/100)v^2$) и одновременном увеличении L – ширины опорной площадки на 21% ((121/100)L=1,21L).

Выводы и практические рекомендации. Из полученного условия можно сделать следующие выводы.

1. При резких поворотах (при резком изменении направления движения), то есть при малых радиусах кривизны траектории, условие боковой устойчивости будет нарушаться, и будет иметь место опрокидывание на бок.

2. Для увеличения на 10% максимально допустимой скорости движения, исключающей опрокидывание платформы на бок (при сохранении высоты центра тяжести H всей системы и радиуса R кривизны траектории), надо ширину L опорной площадки увеличить на 21%.

Методика организации НИРС и НИР. Настоящая работа выполнена с учетом методики организации НИРС и школьников [4, 5].

Литература

1. Беспилотная снегоходная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести. Патент на полезную модель №RU159557.

2. Андрианов, Д. Ю. Беспилотная транспортная платформа со смещаемым центром тяжести / Д. Ю. Андрианов // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологи, оборудование и материалы – 2016» (МНТК «ИМТОМ - 2016»). Ч. 1. – Казань, 2016. – С. 248-251.

3. Андрианов, Д. Ю. Условие боковой устойчивости беспилотной транспортной платформы, движущейся по горизонтальной поверхности / Д. Ю. Андрианов, П. А. Фищенко // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.): в 8 ч. Часть 1. Инжиниринговые технологии – взгляд в будущее современного производства. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – С. 8-13.

4. Фищенко, П. А. Некоторые методы научно-исследовательской работы школьников и студентов / П. А. Фищенко // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Социально-экономическая. – 2015. – № 3. – С. 82-85.

5. Иванов, В. А. Методика организации научно-исследовательской работы студентов на кафедре высшей математики / В. А. Иванов, Н. Н. Михеева, П. А. Фищенко // Современные проблемы фундаментального образования в техническом вузе: сборник статей. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – С. 48-52.

УДК 662.7

Апъялиев М. Р., Лебедев Г. В.
Научный руководитель: Кайдаков А. М., доцент
Поволжский государственный технологический университет

СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ – МОТОРНОЕ ТОПЛИВО БУДУЩЕГО

Аннотация. *Рассматривается важность и необходимость использования сжиженного природного газа как топлива будущего.*

Ключевые слова: *сжиженный природный газ; температура сжижения; стабильное соединение; эксплуатационные качества; топливо.*

Сжиженный природный газ, или сокращенно СПГ, как принято называть его в энергетической отрасли представляет собой обыкновенный природный газ, охлажденный до температуры –162°С (температура сжижения) для хранения и транспортировки в жидком виде.

Хранится сжиженный газ в изотермических резервуарах при температуре кипения, которая поддерживается вследствие испарения СПГ. Данный способ хранения СПГ связан с тем, что для метана, основной составляющей СПГ, критическая температура –83°С, что гораздо ниже температуры окружающей среды, и не предоставляет возможным хранить сжиженный природный газ в резервуарах высокого давления. Для использования СПГ подвергается испарению до исходного состояния без присутствия воздуха. При регазификации (возвращении газа в исходное парообразное состояние) из одного кубометра сжиженного газа образуется около 600 кубометров обычного природного газа.

Потенциальные возможности использования сжиженного метана в качестве топлива для различных транспортных средств очень велики. Даже без учета перспективного развития транспортных средств можно утверждать, что на сжиженных природном и нефтяном газах как на основном топливе могут работать двигатели легковых и грузовых автомобилей, автобусов, двигатели железнодорожных локомотивов, машины океанских судов и судов внутренних линий.

При использовании СПГ уменьшаются затраты на профилактический осмотр и ремонт двигателей подвижного транспорта, что положительно сказывается как на экономии средств от ремонта, так и на большей длительности безремонтного пробега автотранспортных средств.

Кроме того, снижается степень загрязнения воздуха выхлопными газами.

Наиболее эффективно сжиженный метан в качестве горючего применять на железнодорожном транспорте (локомотивы с газотурбинными двигателями, имеющие высокий коэффициент использования). В качестве топлива сжиженный природный газ используется непосредственно на СПГ-танкерах, на которых перевозятся большие объемы СПГ в отдаленные уголки земного шара. Большой интерес представляет использование паров сжиженного газа из метановых резервуаров в качестве топлива для метановозов.

Сжиженный метан – топливо, которое может применяться на разных видах транспорта: как для грузовых автомашин и автобусов, так и для сверхзвуковых самолетов, для водного и железнодорожного транспорта. Стоит отметить, что использование сжиженного метана в качества моторного топлива более эффективно в сравнении со сжиженным нефтяным газом (СНГ) и бензином. Как известно, двигатели, работающие на бензине, сильно загрязняют воздух. Благодаря своему химическому составу СПГ является эффективным топливом, значительно меньше загрязняющим атмосферу.

Сжиженный метан используется во многих сферах транспортной промышленности.

Одной из наиболее интересных проблем, разрабатываемых в газовой промышленности, является использование сжиженного метана в качество топлива для двигателей. Имея наивысшую теплотворную способность среди природных углеводородов, метан позволяет улучшить показатель удельного расхода топлива примерно на 13%.

Однако СПГ имеет следующий недостаток: он быстро образует пар при сжигании, так как закипает при температуре около –162°С. С другой стороны, он обладает значительными преимуществами:

- труднее всего воспламеняется в сравнимых условиях;
- значительно легче воздуха при температуре окружающей среды;
- дает больший охлаждающий эффект;
- не является токсичным; предохраняет топливную систему от коррозии и загрязнений;
- горит с менее разрушительным пламенем;
- не образует воспламеняющейся смеси в резервуаре, если хранить в парообразном состоянии;
- СПГ не выделяет дыма при сжигании, и его можно использовать для охлаждения греющихся металлических частей выхлопной системы, являющихся первичными источниками инфракрасной радиации. И, на-

конец, при применении метана увеличивается срок службы оборудования.

Как известно, при сжигании СПГ выделяется на 15% больше тепла в расчете на 1 кг веса по сравнению с авиационным керосином. Таким образом, даже при идентичном типе двигателя и том же тепловом к.п.д. удельный расход топлива улучшается на 16%, если в качестве топлива используется сжиженный метан.

Проведенные эксперименты с сотнями газотурбинных двигателей авиационного типа, работавших на природном газе, доказали, что в данном случае происходит более чистое сгорание топлива и более равномерное распределение тепла. Только за счет этого можно повысить температуру газового потока на 110-176°С без увеличения температуры деталей турбины, которая определяет ресурсы самого двигателя и вспомогательных систем.

Если в качестве топлива используется сжиженный природный газ, то только за счет его возможности охлаждать металлические части двигателя можно добиться значительных преимуществ в технической характеристике и эксплуатационных качествах газотурбинных двигателей, что характерно для ракетных двигателей, сжигающих жидкий кислород и жидкий водород. Хладопроизводительность СПГ в 6 раз выше хладопроизводительности керосина.

Положительным свойством СПГ является не только то, что он находится в топливном баке при очень низкой температуре (около –160°С), но также и то, что этот вид топлива представляет собой очень стабильное соединение, которое может нагреваться до температуры 650°С. Только после этого происходит его частичный распад. Реактивное же топливо не может нагреваться без разложения до температуры выше 250°С.

При охлаждении камеры сгорания газотурбинного двигателя и лопаток турбины сжиженным природным газом температуру газа, поступающего в турбину, можно повысить с 1093°С до 1927°С. Соотношение горючего и воздуха в смеси может приближаться к стехиометрической величине, теоретически равной около 2500°С.

Двигатели вертолетов и самолетов, охлаждаемые топливом и сконструированные специально с целью максимального использования всех преимуществ исключительно высокого уровня температуры и значительно более высокие степени сжатия, могут обеспечить к.п.д. свыше 35%. В связи с этим удельный расход топлива уменьшается на 30-50%.

Уменьшение удельного расхода топлива является наиболее важным преимуществом двигателя вертолета и самолета, работающего на сжиженном природном газе. Другое важное преимущество заключается в сокращении удельного расхода воздуха двигателем примерно на 30-40%. Следовательно, существует возможность уменьшить размер двигателя при той же мощности.

Как известно, половина шумовой энергии вертолета и самолета образуется в результате выхлопа. При переходе на СПГ в качестве топлива значительно сокращается шум двигателя в результате уменьшения силы выхлопа отработанных газов. Таким образом, даже при увеличении мощности двигателя производимый им шум будет меньше.

Хотя теплосодержание СПГ на 15% выше, чем авиационного керосина в расчете на единицу веса, плотность сжиженного газа (424 г/л) значительно ниже плотности керосина (780 г/л). Теплосодержание СПГ на единицу объема фактически на 40% ниже по сравнению с теплосодержанием авиационного керосина. Это значит, что с увеличением теплового к.п.д. уменьшается вес горючего, хранимого на борту самолета, а объем баков остается почти тот же.

Сжиженный природный газ в отличие от авиационного керосина не имеет запаха и не токсичен.

При замене реактивного топлива сжиженным природным газом в выхлопных газах не содержится ни сажи, ни серосоединений. Значительно уменьшается также содержание окиси углерода. При работе двигателя на СПГ выхлопные газы практически не содержат олефиновых углеводородов, которые под действием солнечного света соединяются с окислами азота и образуют наиболее неприятную по запаху и вредную для здоровья часть выхлопных газов.

Таким образом, в отличие от других видов топлива сжиженный природный газ является дешевым и удобным в употреблении топливом, гарантирующим повышение эксплуатационных качеств летательных аппаратов.

Литература

1 Касенков, В. СПГ – топливо будущего // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо: международный научно-технический журнал. – 2011. – № 5 (59). – С. 62-67.

2 Природное топливо. В Татарстане откроют производство сжиженного газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://smartnews.ru/regions/kazan/15207.html.

3 http://maritime-zone.com/articles/spg%20goryuchee%20buduschego.

УДК 621.791

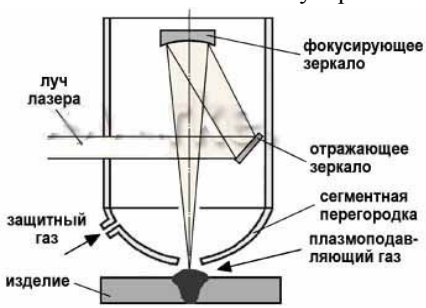
Васенева Н. А.
Научный руководитель: Алибеков С. Я, д-р техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация. *Сварка – это основной процесс получения неразъемных соединений металлов в машиностроении. Среди многообразных процессов сварки особое место занимает метод, в котором для нагрева используется энергия излучения лазера. Обработка металлов мощными лазерами превратилась в стандартный автоматизированный процесс.*

Ключевые слова: *лазер, луч, шов, обработка, материал.*

Сварка – это процесс получения прочных герметичных швов за счет межатомных и межмолекулярных сил связи. Лазеры генерируют световую энергию, которая может всасываться в материалы и преобразуется в тепловую энергию. Используя луч света в видимом или инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра, мы можем передавать эту энергию от источника к материалу с использованием оптики, которая может фокусировать и направлять энергию на очень маленькие точки. Поскольку лазер испускает когерентное излучение, луч энергии имеет минимальные расхождения и может проходить на большие расстояния без существенной потери качества света или энергии.



Сваривают в основном тоненькие заготовки небольших размеров, а режут заготовки любых размеров. Основные параметры, которые определяют возможность образования сварного шва – мощность лазерного излучения и время воздействия луча на данном участке. Процесс сварки осуществляется при плотностях мощности примерно 105–106 Вт/$см^2$. Меньшие плотности не обеспечивают плавления металла вследствие высокой теплопроводности, большие могут вызвать испарение и выброс материала из зоны сварки.

Существует два типа лазеров, которые используются для сварки: CO2 и Nd: YAG. Оба типа могут работать как в непрерывном, так и в импульсном режиме. CO 2-лазеры, которые используют диапазон мощности от 50 до 15000 Вт, являются более эффективными при преобразовании электрической энергии в лазерное излучение, чем Nd: YAG лазеры, которые варьируются от 50 до 800 Вт выходной мощности.

Лазерная сварка имеет ряд достоинств: отсутствие контактных воздействий; высокая концентрация энергии; малая продолжительность воздействия лазерного луча в данном участке. Это приводит к существенному снижению зоны термовлияния по сравнению с дуговой сваркой и, как следствие, к малым температурным деформациям; отпадает необходимость применения флюсов при сварке конструкционных сталей и вакуумных камерах при сварке химически активных металлов (например, Ti сплавов); сварка ведется либо на воздухе, либо в среде защитных газов (Ar, He и др.); сварка осуществляется в различных пространственных положениях и в труднодоступных местах, например, внутри вакуумных приборов через окна, прозрачные для лазерного излучения; возможность вести сварку без присадочного материала; сварка тонкостенных и миниатюрных деталей, возможность сварки традиционно несвариваемых материалов.

Лазерная сварка цветных металлов с успехом заменяет им процесс пайки. Исключается необходимость использования дорогостоящих припоев. Кроме того, процесс лазерной сварки экологически более чист, чем пайка, так как не требуется применение флюсов.

К недостаткам лазерной сварки можно отнести необходимость повышенной точности, как подгонки деталей, так и позиционирования свариваемых деталей относительно луча лазера.

Наиболее широкое промышленное использование лазерной сварки связано в настоящее время с изготовлением различных электронных и электромеханических приборов, таких как зажигалки, часы, пружины, двигатель, трансформатор и мн. др.

Литература

1. Малащенко, А. А. Лазерная сварка металлов: учеб. пособие для слушателей заочных курсов повышении квалификации ИТР по технологии и оборудованию сварочного производства / А. А. Малащенко, А. В. Мезенов. – М.: Машиностроение, 1984. – 46 с.

2. Электро-газосварщик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electrowelder.ru/index.php/news/18-modern-technologies/227-laser-welding.html.

3. StudFiels [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.studfiles.ru/preview/1751219/page:5/.

УДК 539.376

Каменских А. Д., Ласточкин Д. М.
Научный руководитель: Медяков А. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

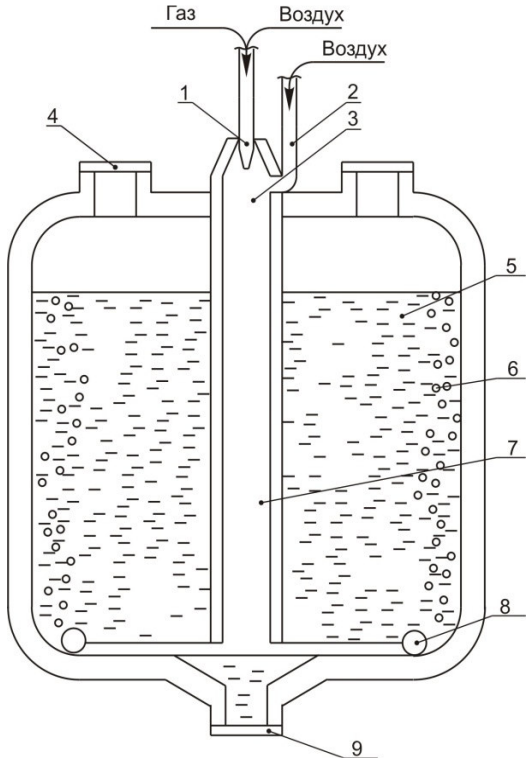
Аннотация. *Представлена конструкция и принцип работы кормоприготовительной установки для запаривания и перемешивания консистентных кормов.*

Ключевые слова: *барботажное перемешивание, запаривание, консистентные корма.*

Для повышения эффективности кормоприготовительных установок [1, 2] предлагается использовать комплексное решение задач перемешивания и обогрева для смешивания и запаривания жидких (консистентных) кормов. На рисунке изображена одна из конструкций устройства, реализующего предложенную схему комплексного решения.

Установка работает следующим образом. В факельную горелку 1 поступают топливо (газ) и воздух, при сжигании топлива в камере смешения 3 образуется факел, в который радиально подается холодный воздух 2. Далее смесь воздуха и продуктов сгорания (CO_2 и пары H_2O) проходит через теплообменник 7, где отдает часть теплоты, и через барботажные устройства 8 пропускается через объем смешиваемых ингредиентов. В результате смесь подогревается и перемешивается. Интенсивность горения факела и количество подаваемого холодного воздуха позволяют в широком диапазоне регулировать температуру, состав и количество барботируемого газа, что позволяет поддерживать необходимые условия перемешивания и обогрева. В качестве топлива рекомендуется использовать природный газ, потому что при полном сгорании природного газа образуются углекислый газ, который при повышенных температурах плохо растворяется и проходит через смесь практически без взаимодействия с ней, и пары воды, которые не оказывают воздействия на качество смеси.

Загрузка ингредиентов осуществляется через люки 4, а выгрузка через люк 9.



Кормоприготовительная установка:
1 – факельная горелка, 2 – холодный воздух, 3 – камера смешивания, 4 – люк загрузки составляющих смеси, 5 – зона приготовления смеси, 6 – барботируемый воздух, 7 – теплообменник, 8 – барботажное устройство, 9 – люк выгрузки готовой смеси

Предложенная конструкция устройства позволяет использовать его также для запаривания кормов. В этом случае в установку не плотно загружается продукт. Люки закрываются, и в установку нагнетается горячий газ. Причем в смеситель подается не холодный воздух, а скапливающийся в верхней части установки, прошедший через продукт газ. Причем запаривание осуществляется влажным горячим газом, потому что при такой циркуляции происходит насыщение газа влагой из продукта. Так как при подогреве циркулирующего газа в установку будут поступать продукты сгорания, то необходимо предусмотреть сбрасы-

вающий давление клапан. После выдержки продукта определенное время происходит его выгрузка через соответствующий люк.

Установка может быть использована также для сушки. В этом случае выполняются такие же операции, как и при запаривании, однако циркуляция горячего газа не осуществляется. После нагрева и смешивания с продуктами горения воздух проходит через высушиваемый продукт, вбирает его влагу и выбрасывается через люки загрузки.

Также возможно использование установки для дрожжевания ввиду возможности поддержания необходимых условий перемешивания и обогрева для эффективного развития кормовых дрожжей. Также установка позволяет производить аэрирование для насыщения жидкой фазы кислородом, способствующего развитию дрожжей [3].

Литература

1. Механизация приготовления кормов: Справочник / В. И. Сыроватка, А. В. Демин, А. Х. Джалилов и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.

2. Губейдуллин, Х. Х. Совершенствование технологий и средств механизации раздачи жидких и полужидких кормов: диссертация ... д-ра технических наук: 05.20.01. – Ульяновск, 2005. – 350 с.

3. Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 1999. – 528 с.

УДК.621.6

Костюнин С. Н., Каменских А. Д.
Научный руководитель: Каменских А. Д., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХИХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ УПЛОТНЕНИЙ НА КС-20 «ВЯТСКАЯ»

Аннотация. *Рассмотрен вопрос о замене торцевых масляных уплотнений на газовые уплотнения на компрессорной станции «Вятская» входящей в состав системы магистрального газопровода Ямбург-Тула 2.*

Ключевые слова: *масляные уплотнители, газовые уплотнители, компрессор.*

КС-20 «Вятская» является частью системы магистрального газопровода Ямбург-Тула 2. На компрессорной станции «Вятская» установлены центробежные компрессоры типа ГПА-16, в которых для герметизации валов нагнетателей применяют уплотнения, использующие в качестве разделительной среды масло (уплотнения с плавающими кольцами, торцевые масляные уплотнения). В настоящее время при проведении ремонтных работ на компрессорных станциях производится замена масляных уплотнений на газодинамические торцевые (сухие уплотнения) [1, 2]. Это, в первую очередь, связано с тем, что масляные уплотнения обладают рядом недостатков:

– довольно сложная, громоздкая и, как следствие, недостаточно надежная система обеспечения, которая повышает вероятность отказа и увеличивает стоимость ремонта и обслуживания;

– высокое энергопотребление масляной системы уплотнения за счет функционирования маслонасосов высокого давления и довольно большие мощности трения в уплотнениях;

– наличие масла высокого давления, являющегося потенциальным пожароопасным фактором и, кроме того, снижающим общую экологическую чистоту производства. Замасливание проточной части нагнетателя, теплообменников и трубопроводов является весьма нежелательным для технологических процессов. Так, в результате загрязнения газа маслом, пропускная способность газопровода снижается на 1-2%;

– загрязнение маслом перекачиваемого газа, причем с увеличением износа уплотнений, загрязнение увеличивается.

Наилучшим путем решения этих проблем является использование сухих газовых уплотнений, которые работают на том же газе, который перекачивает нагнетатель.

К преимуществам сухих газовых уплотнений следует отнести [2]:

– прекращение загрязнения сжимаемого газа маслом;

– существенное уменьшение в 10 и более раз потери мощности на трение в уплотнении. Эффект от применения сухих уплотнений усиливается в нагнетателях с газотурбинным приводом, так как при снижении потребляемой нагнетателем мощности на 1% расход топлива на газовой турбине уменьшается на несколько процентов;

– ресурс сухого уплотнения рассчитан на весь срок работы нагнетателя;

– обслуживание сухих уплотнений минимальное (один раз в 1-3 года) и предусматривается визуальный осмотр и замена при необходимости фильтрующих элементов и колец уплотнений.

При производстве нового газоперекачивающего агрегата с сухими уплотнениями его цена не превышает цены нагнетателя с масляными уплотнениями при существенных преимуществах их использования.

В настоящее время из газодинамических уплотнений наибольшее распространение получили торцевые уплотнения со спиральными канавками. Они используются в широком диапазоне изменения рабочих скоростей вращения роторов, температур и давлений, а также при сжатии в компрессорах различных газов от водорода до водяного пара, от температуры -150º С до температуры +300º С, при давлениях и скоростях, превышающих 16,0 МПа и 40000 об/мин. Наиболее широкое применение такие уплотнения находят в центробежных нагнетателях природного газа для магистральных газопроводов благодаря следующим преимуществам [3]:

1. резко снижаются утечки рабочего газа и расход затворного газа на уплотнение за счет малых зазоров между вращающимися и неподвижными поверхностями уплотнения;

2. из-за малой вязкости газа по сравнению с маслом и гарантированного зазора между поверхностями трения резко снижаются потери мощности на трение (в 10 и более раз);

3. исключается сложная и дорогостоящая масляная система уплотнений (маслобаки, насосы, охладители, фильтры, регулирующая и запорная арматура и т. д.), что, в свою очередь, ведет к существенной экономии эксплуатационных и ремонтных расходов, снижению массогабаритных показателей компрессора.

Обслуживание системы газодинамических уплотнений производится раз в 1-3 года и предусматривает в основном визуальный осмотр и замену при необходимости фильтрующих элементов системы подвода газа в камеры уплотнений. Поэтому затраты на обслуживание системы масляных уплотнений значительно больше.

4. в связи с отсутствием масла в сжимаемом газе обеспечивается высокое качество вырабатываемого продукта, а также снижаются затраты на очистку газовых трубопроводов;

5. обеспечивается ресурс работы уплотнения на весь срок службы.

Однако следует иметь в виду, что торцовые уплотнения со спиральными канавками чувствительны к осевым и радиальным колебаниям ротора, температурным и силовым деформациям уплотнительных колец. Они изготавливаются с очень высокой точностью, имеют сложную конструкцию, а также требуют тонкую очистку газа, проходящего через торцевой зазор. Поэтому создание работоспособного уплотнения со спиральными канавками возможно только при правильном выборе ме-

тодик расчета основных характеристик, материалов пар трения, конструировании, высокой технологии изготовления и тщательной сборке в компрессоре.

Литература

1. Севастьянов, В. В. Модернизация узла герметизации центробежного компрессора [Текст] / В. В. Севастьянов, Н. Н. Борзакова // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2012. – №32. – С. 155-162.
2. Мельник, В. А. Торцевые уплотнения валов / В. А. Мельник. – М.: Машиностроение, 2008. – 317 с.
3. Разработка и внедрение «Сухих» газодинамических уплотнений для центробежных компрессорных машин / Г. С. Баткис, В. К. Хайсанов, Е. А. Новиков и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №10. – С. 305-313.

УДК 330.15.

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

АВТОМОБИЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

Аннотация. *В данной статье рассмотрен каталитический нейтрализатор, который получил свое признание относительно недавно и широко используется в автомобилестроении.*

Ключевые слова: *нейтрализатор, катализатор, выхлопные системы, экология.*

На дороги ежедневно выезжают миллионы автомобилей, и каждый из них – источник загрязнения воздуха. Особенно это чувствуется в крупных городах, где выхлопные газы автомобилей могут создавать большие проблемы. По мере старения и износа деталей двигателя топливо начинает сгорать хуже и в выхлопных газах увеличивается концентрация вредных веществ. Но на помощь людям и экологии в 1975 году появилось новое устройство, называемое каталитическим преобразователем или просто катализатором – это устройство в выхлопной системе, предназначенное для снижения выбросов вредных веществ. Ос-

новным требованием к успешной работе катализатора является стехиометрическое соотношение топлива и кислорода.

Автокатализатор предназначен для сокращения вредных выбросов в атмосферу путем преобразования более чем 90% углеводородов, угарного газа и окисей азота (содержащихся в выхлопных газах бензинового двигателя) в менее вредный углекислый газ, азот и водяной пар. Кроме того, такие системы уменьшают долю загрязнителей дизельного двигателя, преобразовывая 30-40% макрочастиц сажи в углекислый газ и водяной пар. Недогоревшие остатки CO, CH, NO, касаясь поверхности каталитического слоя, окончательно окисляются кислородом, присутствующим в выхлопных газах. В результате протекающей реакции выделяется тепло, еще более разогревающее катализатор (до 300 ºС), вследствие чего реакция окисления активизируется.

Расположение нейтрализатора в выпускной системе автомобиля может быть различным. У большинства автомобилей автокатализатор расположен или сразу за приемной трубой глушителя, или совместно с ней, составляя одну деталь. Другой вариант расположения – непосредственно в выпускном коллекторе, реже после него, перед приемной трубой. Последний вариант наименее удачный с точки зрения ремонтопригодности.

Говоря о содержании различных металлов платиновой группы в автокатализаторах разных типов, важно подчеркнуть, что нейтрализаторы для бензиновых двигателей базируются на системе платина-палладий-родий, причем количество родия в общей загрузке металлов платиновой группы по мере совершенствования конструкции двигателей понижается с 17-20% до 9-11%.

Работы по частичной или полной замене платины на палладий ведутся достаточно долгое время – более 30 лет. При этом проблем в технологическом аспекте не возникает, однако при отработке окончательного рецепта катализатора необходимо тщательно учитывать требования к нейтрализатору, зависящие в основном от типа и качества двигателя, состава отработавших газов, действующих экологических стандартов, топлива, ресурса и т. д.

Автомобили с дизельным приводом, к которым относится большая часть грузовиков и автобусов в мире, оснащают, как правило, нейтрализаторами с платиновыми катализаторами. Такие катализаторы обладают достаточно высокой эффективностью в реакциях обезвреживания углеводородов (в том числе входящих в состав дисперсных частиц) и CO, однако их недостатком является высокая активность в реакциях окисления серы с образованием SO3. Палладиевые автокатализаторы характеризуются меньшей эффективностью по сравнению с платиновыми ана-

логами в реакциях окисления продуктов неполного сгорания, однако им свойственна и меньшая активность в реакции окисления диоксида серы до серного ангидрида. В связи с этим при соответствующей доработке палладиевые или комбинированные платино-палладиевые катализаторы могут заменить традиционно применяемые платиновые катализаторы в дизельных нейтрализаторах.

В общем случае при выборе каталитического состава нейтрализатора, как правило, универсальных решений не существует, и применительно к конкретному автотранспортному средству необходимо проводить достаточно большой объем доводочных работ в обоснование выбранного нейтрализатора. Учитывая тот факт, что только в нашей стране количество автомобилей в настоящее время превышает 20 млн. единиц (всего в мире – свыше 0,5 млрд.), проблема оснащения всех транспортных средств автокатализаторами с каждым днем становится все более актуальной и значимой.

УДК 656.015

Моржанов Н. Ю.
Научный руководитель: Шестаков Я. И., канд. техн. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ПРИ ГОДОВОМ ТЕХНИЧЕСКОМ ОСМОТРЕ АВТОМОТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. *Исследование управлением техническим состоянием при ежегодном осмотре автомототранспортных средств.*

Ключевые слова: *автомототранспорт; техническое состояние.*

Исследования современного состояния управления техническим состоянием при годовом техническом осмотре автомототранспортных средств автотранспортной инфраструктуры в сфере организации безопасности дорожного движения демонстрирует высокую значимость научной концепции, сопряженного с исследованием и управлением техническим состоянием автомобиля. В последние годы особое внимание уделялось повышению безопасности дорожного движения. Безопасность дорожного движения зависит от таких факторов как: состояние дорог; соблюдение правил участниками дорожного движения; профессионализм участников

дорожного движения; погодные условия; обеспечение соответствия нормам технического состояния автомототранспортных средств.

Стоит учитывать также, что большая часть отечественного парка автомототранспорта состоит из автомототранспортных средств старой конструкций как отечественного производства, так и ввезенных из других стран, с выработкой их ресурса иногда больше, чем половина вложенной в конструкцию заводом-изготовителем. В соответствии с полученными цифрами «Автостата», среднестатистический возраст автомототранспорта в России соответствует 12 годам. Если точнее распределить всё по годам, получаются следующие цифры: возраст отечественного автопрома (включая марки СНГ) соответствует 16 годам, а автотранспорт иностранного производства – 9,9 лет, что отрицательно отражается на безопасности, техническом состоянии (эксплуатационной безопасности). Но стоит заметить, что в последнее время, в связи с поддержкой государством акции на сдачу старых автомобилей в обмен на скидку при покупке нового, соотношение устаревших и новых автомашин получило положительную тенденцию роста в сторону нового автотранспорта. Отдельные автомототранспортные средства иногда ввозятся в РФ запасными частями, как автомобильный распил, а после ввоза собирается как конструктор, посредством сварочных работ, после чего, для обмана покупателей используется шпаклевка и покраска. По мере увеличения пробега автомототранспорта, учитывая даже нормальные условия эксплуатации, в механических частях образуется усталость и механический износ, химические и механические коррозионные повреждения, ухудшение физических свойств деталей. Согласно проведенным исследованиям, имевшим выборочный характер, в РФ не менее 35% автомототранспортных средств, передвигающихся по дорогам нашей страны, не отвечают требованиям, установленным нормам соответствия техническому состоянию, при этом имеют по одной, но чаще всего более одной опасной неисправности. [1].

Контроль работоспособности, чаще всего, осуществляется поточным методом с применением быстродействующего оборудования. Техническое состояние механизма может быть охарактеризовано величиной его выходного параметра и степенью отклонения этого параметра от норматива. Для упрощения самой системы и процесса контроля, а также с целью снижения требований к уровню квалификации обслуживающего персонала (операторов) контроль за работоспособностью механизма осуществляется с использованием пороговых датчиков по принципу «исправен» – «неисправен» или «в норме» – «не в норме». В этом случае значительно

упрощается состав оборудования и отпадает необходимость регистрации количественных показателей выходных параметров. [2].

По этой причине актуальным вопросом является создание системных концепций, в фундаменте которых находится прогнозирование безопасности дорожного движения на основании проведенного ежегодного технического осмотра, определение параметров для контроля по допуску автомототранспорта на дороги общественного пользования.

Литература

1. Гаврилов, К. Л. Диагностика автомобилей при эксплуатации и техническом осмотре / К. Л. Гаврилов. – Сергиев Посад: ФГУ РЦСК, 2012. – 575 с.

2. Требования к техническому состоянию транспортных средств по условиям безопасности дорожного движения: учеб. пособие / А. И. Партин, А. П. Панычев. В. В. Быков и др. – Екатеринбург: УГЛТУ,2006. – 188 с.

3. Маркеданец, О. В. Техническое диагностирование подсистем машин: учеб. пособие / О. В. Маркеданец. – СПб.: ПГУПС, 2003. – 46 с.

УДК 621.791.037

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

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

Аннотация. *Электронно-лучевая сварка – сварка, источником энергии при которой является кинетическая энергия электронов в электронном пучке. Она является современным высокотехнологичным способом соединения металла.*

Ключевые слова: *электронно-лучевая сварка, материал, электронные лучи, термическая обработка.*

Для узкоспециализированных отраслей промышленности, где используются высокоактивные металлы, часто применяются нестандартные технологии. Это обусловлено тем, что обыкновенными методами очень сложно добиться поставленных результатов требуемого качества. Электронно-лучевая сварка является методом соединения металлических изделий. Она основана на нагреве заготовок в вакууме высококонцентрированным электронным лучом. Управляемое изменение плотности электронного луча и его развёртки в пространстве позволяют произ-

водить сварку, наплавку, пайку, термическую обработку и модифицирование поверхности. Данная методика далеко не так широко распространена, как остальные. Здесь множество сложностей в использовании самого оборудования, обслуживания и т. д. Тем не менее, это относительно безопасный и экологически чистый метод, почти не подвергающий опасности здоровье сварщика.

Электронно-лучевая сварка применяется в производстве многих особо ответственных деталей и приборов, в том числе в авиационной промышленности при изготовлении узлов шасси, балок, барабанов роторов, лопаток и дисков турбин, втулок, несущих винтов, шаробаллонов и других деталей из высоко- и жаропрочных сталей и сплавов, титановых и алюминиевых сплавов. Также ведется работа с активными металлами, сложно переносящими контакт с газами и прочими элементами.

Крупные металлоконструкции, в которых металл обладает высокими качествами износостойкости и трудно поддается температурной обработке, могут быть легко сварены таким методом. Электронно-лучевая сварка справляется со многими сложными работами. Для нее практически нет проблемных металлов, так что все сложные варианты сварки проводятся с ее помощью.

Технология электронно-лучевой сварки обладает рядом существенных преимуществ, если сравнивать ее с другими методиками соединения металла. Среди основных плюсов стоит отметить:

- очень высокий коэффициент полезного действия, что позволяет тратить в 10, а то и в 15 раз меньше энергии, чем это требуется для ручной электродуговой сварки;
- благодаря высокой концентрации энергии можно всего за один проход сварить металл толщиной до 20 см, тогда как при использовании других методов потребовалась бы многослойная сварка;
- это весьма безопасный способ применения сварки, который не подвергает жизнь человека большой опасности;
- отсутствует процесс насыщения расплавленного металла сварочными газами, а также теми, которые находятся в атмосфере.

Несмотря на ряд явных преимуществ, которые существенно выделяют методику среди остальных, здесь есть и свои недостатки:

- процесс в рабочей камере невозможен без создания вакуума вокруг места сварки;
- в корне шва могут образовываться полости и непровары, которые приводят к ухудшению эксплуатационных характеристик;
- оборудование обладает высокой стоимостью, и для многих сфер является недоступным;

- настройка происходит очень долго, так что далеко не всегда удобно создавать швы таким способом.

Для проведения качественного процесса сваривания следует учитывать все особенности настроек, а также металла, с которым ведется работа. К основным параметрам, которые определяют режим, относятся:

- ускоряющее напряжение;
- величина тока в выпускаемом луче;
- скорость передвижения пучка по поверхности свариваемой заготовки;
- точность фокусирования луча;
- продолжительность пауз и импульсов;
- степень вакуумизации.

Таким образом, на данный момент электронно-лучевая сварка является современным высокотехнологичным способом соединения металла. Несмотря на свою сложность и дороговизну, она обеспечивает высокое качество и достаточную глубину проварки, что недостижимо для других способов. Это и обуславливает узость его применения.

Литература

1. Трошин, А. А. Особенности и преимущества электронно-лучевой сварки / А. А. Трошин, А. С. Мухин, М. В. Шепелевич и др. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. – 2013. – Т. 1. – №9. – С. 118-119.

2. Электронно-лучевая сварка [Электронный курс]. – Режим доступа: http://svarkaipayka.ru.

3. Электрофизические и механические процессы [Электронный курс]. – Режим доступа: http://www.niat.ru.

УДК 656.025.2

Силин А. А., Ласточкин Д. М.
Научный руководитель: Ласточкин Д. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

Аннотация. *Представлены положения повышения качества перевозок пассажиров в городской транспортной системе на основе показателей организационной и функциональной структуры пассажирского перевозчика.*

Ключевые слова: *перевозки, перевозки, маршруты, качество.*

Пассажирские перевозки являются важнейшей составной частью транспортной системы любого крупного города, которые обеспечивают ежедневную транспортную подвижность большей части населения. Несмотря на то, что в г. Йошкар-Оле работают МП «Троллейбусный транспорт», ООО «Пассажирские перевозки» и достаточное количество индивидуальных предпринимателей, состояние организации процесса транспортных услуг по перевозке пассажиров на регулярных маршрутах оставляет желать лучшего. Это, в свою очередь, влечет низкое качество перевозок пассажиров. Рост числа транспортных средств, возросшие заторы на улично-дорожной сети городов, рост выбросов вредных веществ от автомобилей, высокая аварийность – это лишь некоторые, в том числе и негативные, характерные признаки пассажирского автомобильного транспорта.

Цель работы состоит в улучшении качества автомобильных перевозок пассажиров по регулярным маршрутам г. Йошкар-Олы на основе показателей организационной и функциональной структуры пассажирского перевозчика.

Основной задачей перевозчиков является получение стабильного дохода, но по отношению к качеству оказываемых услуг, в том числе и безопасности, как правило, не уделяется должного внимания. Большая часть перевозчиков имеет низкий уровень ответственности к качеству оказываемых услуг. Это вызывает обеспокоенность как общества, так и государства. Необходимо разработать методы и средства, направленные на повышение качества услуг перевозки пассажиров.

Повышение качества перевозок пассажиров, исследуемые в работе, базируется на следующих положениях:

- система показателей качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам, основанная на мнениях пассажиров;
- организационно-функциональная структура перевозчиков, определяющая подготовленность к транспортному процессу в соответствии с системой показателей качества;
- установленное влияние организационно-функциональной структуры на качество перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам.

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований автомобильного транспорта установлены степени влияния основных подсистем организационно функциональной структуры

перевозчика на его подготовленность к транспортному процессу по перевозке пассажиров.

Литература

1. Аршинова, С. М. Городские пассажирские перевозки: учеб. пособие для вузов / С. М. Аршинова. – Иркутск: изд-во ИрГУ, 2001. – 217 с.
2. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А.Б. Дьяков и др. – М.: Транспорт, 1986. –220 с.

УДК 625.712.34

Соловьева М. Д.
Научный руководитель: Кудрявцев И. А., с. н. с.
Поволжский государственный технологический университет

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА

Аннотация. *Предоставлены схемы работы пешеходного перехода в различных положениях.*

Ключевые слова: *пешеходный переход, безопасность, лазерные лучи.*

В России около трети всех ДТП составляют наезды на пешеходов. Каждый седьмой пострадавший в результате аварии становится инвалидом. Наезды транспортных средств на пешеходов происходят как на нерегулируемых, так и на регулируемых пешеходных переходах. В последнем случае благодаря светофорному регулированию движения число пострадавших сравнительно невелико. На нерегулируемых пешеходных переходах ситуация обстоит гораздо хуже.

Основными причинами являются такие факторы, как: плохая освещенность, ограниченная видимость ввиду природных условий и крупногабаритных транспортных средств, уменьшение концентрации внимания водителя ввиду отвлекающих факторов и усталости.

Данный проект непосредственно ориентирован на повышение безопасности пешеходных переходов.

На сегодняшний день существуют пешеходные переходы, оснащенные световыми приборами для освещения пешеходного участка в темное время суток, применяются шумовые полосы, подсветка дорожных знаков.

Известен пешеходный переход, содержащий встроенные в дорожное покрытие в зоне перехода фонари, регулирующие потоки движения пешеходов и автомобилей [1].

Недостатком данного способа регулирования дорожного движения в зоне переходов является то, что эффективность его снижается при действии природных осадков (снег, дождь, грязь).

Также существуют проекты, в которых используются более современные технологии. Например, концепция лазерного оформления пешеходного перехода была разработана дизайнером Ханьянгом Ли (Hanyoung Lee) в Китае. Она заключается в том, что, когда загорается красный свет светофора, на проезжей части возникает изображение: сетка из красных лучей, на которой изображены двигающиеся фигуры людей. Внешне это выглядит как стена, состоящая из отдельных лучей [3]. Однако можно предположить, что осуществление данной идеи – достаточно сложное и дорогостоящее.

Предлагается к реализации новый проект пешеходного перехода с повышенной безопасностью. Сущность его заключается в том, что пешеходный переход ограничен четырьмя или более столбиками 1, в каждом из которых встроены несколько генераторов лазерных видимых лучей. Лучи действуют в одном направлении, но в разных плоскостях и под разными углами и регулируются системой управления, перекрывающей движение потоку пешеходов или транспортных средств [2].

Пешеходный переход работает следующим образом. В первом положении лазерные лучи 2 включаются, образуя объемное изображение условного препятствия в виде перекрывающихся линий, закрывая дорогу пешеходу, если он не находится в непосредственной близости к пешеходному переходу. При приближении пешехода к пешеходному переходу, прерывается луч 3 датчика движения, и пешеходный переход переключается во второе положение, запрещающее движение потоку транспортных средств и пешеходам. Затем пешеход переключается в третье положение, открывающее путь для пешехода и запрещающее движение потоку транспортных средств. Далее после истечения запрограммированного времени, достаточного для совершения перехода, пешеходный переход автоматически переключается в первое положение.

Видимость условного препятствия в дневное время суток усиливается красными точками или проекциями в виде изображений дорожных знаков, указателей от лазерных лучей на дорожном покрытии или на тротуаре, а в условиях недостаточной видимости (туман, дождь, снегопад, ночное время суток) лазерные лучи будут видимыми.

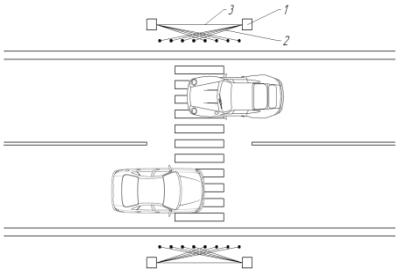


Рис. 1. Пешеходный переход с повышенной безопасностью. Первое положение

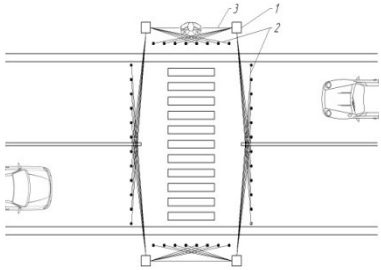


Рис. 2. Пешеходный переход с повышенной безопасностью. Второе положение

С целью усиления эффективности визуализации условного препятствия пешеходный переход может быть оснащен большим количеством столбиков, обеспечивающих более объемные и насыщенные изображения. Кроме того, система управления лазерными лучами, обладающая способностью фиксации перекрытия лазерного луча или изменения его длины, обеспечивает возможность фиксации нарушителей правил движения в зоне пешеходного перехода, а также несанкционированного вмешательства в работу системы.

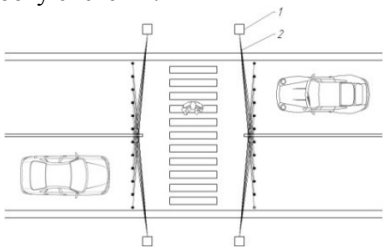


Рис. 3. Пешеходный переход с повышенной безопасностью. Третье положение.

Предложенный способ регулирования движения на пешеходном переходе простыми средствами обеспечивает визуальное ограничение зоны перехода со стороны проезжей части и со стороны пешеходного тротуара, что обеспечивает относительно высокую безопасность и комфортность пешеходного перехода.

Литература

1. Пешеходный переход : пат. 2416821 Рос. Федерация / Касьянов А. А., Реутов Ю. И. – №2009137853/11; заявл. 12.10.09; опубл. 20.04.11, Бюл. № 11.

2. Пешеходный переход : заявка №2017102420 Рос. Федерация / Соловьева М. Д., Кудрявцев И. А.; заявл. 25.01.17; приоритет 25.01.17.
3. Лазерный светофор остановит водителей-лихачей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ria.ru/science/20080423/105739743.html. – 25.07.2008.

УДК.656.015

Фаттахов Р. Ф., Ласточкин Д. М.
Научный руководитель: Ласточкин Д. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВОК

Аннотация. *Представлены некоторые инструменты прогнозирования дорожного движения с целью управления парковками автотранспорта в условиях городской транспортной системы.*

Ключевые слова: *парковка, дорожное движение, автотранспорт.*

Постоянное увеличение автотранспортных средств на улицах городов, ежегодное изменение автотранспортного законодательства, новые научные исследования в сфере организации дорожного движения показывают высокую значимость исследований по управлению парковочными системами. В последние годы в городах с достаточно плотной городской застройкой особое внимание уделяется большой диспропорции между возросшим количеством автомобилей и темпами развития дорожной сети. И все же недостаток парковочного пространства в городах выдвигает на одно из центральных мест задачу комплексного решения управления парковками.

В крупных городах России места для хранения личного автотранспорта в спальных районах в среднем составляют 35-40% от требуемого, а обеспеченность парковочными машиноместами у объектов тяготения в среднем не превышает 25% от необходимого количества. Сильно ухудшает ситуацию бесконтрольная парковка автомобилей, что сильно уменьшает пропускную способность городской сети особенно в центральной ее части [1]. Это также негативно сказывается на отношении как автолюбителей, так и пешеходов к регулирующим органам.

Несмотря на изменение норм и правил, направленных на расширение парковочного пространства, при строительстве новых зданий зна-

чительные теоретические и прикладные задания построения, функционирования и оценки эффективности управления парковками не решены на концептуальном уровне.

С позиций комплексного подхода необходимо исследовать проблему управления парковками во взаимосвязи с организацией дорожного движения и автомобильных перевозок с учетом граничных условий в рамках транспортного планирования. Как и большинство задач организации дорожного движения, управление парковками потребует применения комплексного подхода для оптимизации и нахождения равновесия между противоречивыми целями участников движения. Нужно проводить координацию событий согласно развитию парковочного пространства с задачами управления транспортным спросом, ограничения пропуска в перегруженные центры городов, развития концепции общественного транспорта. Разумная координация парковок является одним из основных факторов изменения поведения при подборе способа поездки на городской территории [2].

По этой причине актуальной является создание системных концепций, в основе которых находится прогнозирование дорожного движения, определение граничных условий для смены вида передвижений, определение спроса на парковки, разделение функционирования парковок в зависимости от прогнозируемой длительности парковки.

Для достижения определенных целей политики паркирования городские службы могут применять различные инструменты управления [3]:

– реализация системы приоритета по предоставлению мест для парковки определенным группам пользователей;

– использования эффективных мер принуждения: штрафы за нарушение правил стоянки, особенно в местах, создающих угрозу безопасности движения пешеходов и транспортных средств, своевременная эвакуация автомобиля и т. д.

Литература

1. Мубаракшина, Ф. Д. К вопросу о современной типологии и некоторых проблемах архитектуры транспортных сооружений / Ф. Д. Мубаракшина, О. Г. Рачкова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – №1. – С. 17-23.

2. Науменко, Е. Ю. Организация парковочного пространства в общей системе дорожного движения в городах / Е. Ю. Науменко, В. В. Зырянов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – №2. – С. 19-25.

3. Горнаков, И. А. Основные подходы формирования парковочного пространства крупного города / И. А. Горнаков // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – №10-1. – С. 67-69.

УДК 57.048

Аканаева А. Н.
Научный руководитель: Мичукова М. В.
Поволжский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. *В данной статье рассматривается вопрос экономии электроэнергии с помощью применения датчиков движения.*

Ключевые слова: *экономия электроэнергии, энергосберегающие технологии, датчики движения.*

Экономия электроэнергии, затрачиваемой на искусственное освещение за счет внедрения систем автоматического управления с использованием специальных датчиков присутствия и движения, распространено в Германии [2]. Отдельные пилотные проекты реализуются по всей территории РФ. В республике Марий Эл наиболее значимым направлением энергосбережения согласно Стратегии долгосрочного социально-экономического развития Республики Марий Эл (2008-2025 гг.) является «снижение себестоимости производства энергоносителей, замещение менее экономичных электро- и теплогенерирующих источников на более современные и эффективные источники электроэнергии и тепла» [3]. Т. е. экономия электроэнергии за счет внедрения систем автоматического управления с использованием специальных датчиков присутствия и движения не предусмотрено.

Цель: изучение общественного мнения об отношении к экономии электроэнергии и пропаганда рационального использования природных ресурсов за счет реализации пилотного проекта по практическому применению энергосберегающих технологий.

Задачи проекта:

1. в ходе анкетирования выявить готовность населения г. Волжска использовать энергосберегающие технологии в быту;
2. установить датчики движения в подъездах жилых домов;
3. определить эффективность применения датчиков движения для экономии электроэнергии и денежных средств ее потребителей.

Было проведено анкетирование населения г. Волжска по вопросам анкеты «Сбережение электроэнергии».

Время работы осветительных ламп в подъезде – 24 часа в сутки (недостаточность дневного освещения из-за небольших оконных проемов).

В течение дня с использованием датчиков движения дополнительно осветительные приборы будут включены максимально 2 часа в сутки

Итого с датчиками движения осветительные приборы будут включены в течение 8 часов в сутки, при этом экономия составит 67%.

Кроме изучения общественного мнения об отношении к сбережению электроэнергии в рамках проекта, была проведена работа по взаимодействию с председателями ТСЖ г. Волжска. Установлено, что в ТСЖ «Стимул» в 3 жилых домах в подъездах частично установлены датчики движения. Эффективность экономии электропотребления при этом составляет 40-50% по ОДН (общедомовые нужды).

В результате переговоров с ООО «Фотон» достигнута договоренность о безвозмездном проведении работ по установке датчиков движения в 1 подъезде 9-ти этажного жилого дома (ул. Ленина, 64).

Выводы.

1. Большая часть опрошенных относится к сбережению электроэнергии положительно.

2. 52% опрошенных готовы потратить денежные средства для внедрения энергосберегающих технологий.

3. Значительная часть опрошенных осведомлены о современных технологиях энергосбережения в быту: 90% знают об энергосберегающих лампочках, 51% – об экономии электроэнергии с помощью датчиков движения и 32 % – о технологиях умного дома.

4. Установка датчиков движения в одном подъезде жилого дома позволила достигнуть в экономии электроэнергии до 80%.

Датчик движения окажет неоценимую помощь в управлении освещением. С датчиком движения освещение будет включаться автоматически при появлении человека в зоне охвата и выключаться при отсутствии движения в течение заданного времени (от нескольких секунд до нескольких минут). Это простое решение позволит повысить комфорт, сберечь электроэнергию.

Литература

1. Башмаков, И. А. Энергоэффективность: от риторики к действию: монография / И. А. Башмаков. – М.: ЦЭНЭФ, 2001.

2. Конкретные примеры использования датчиков движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.home-sensor.ru.

3. Стратегия долгосрочного социально-экономического развития Республики Марий Эл (2008-2025 гг.).

УДК 620.92

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

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

***Аннотация**. Данная статья освещает особенности применения солнечной энергии для нужд человека. В ней рассматривается особенность применения солнечных коллекторов для средней полосы России.*

***Ключевые слова**: солнечная энергетика, солнечный коллектор, плоский солнечный коллектор, трубчатый солнечный коллектор.*

Солнечная энергетика представляет собой одно из перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения с целью получения энергии для отопления, электроснабжения и горячего водоснабжения.

Для производства электроэнергии применяется солнечная батарея, которая представляет собой несколько объединённых фотоэлементов, преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. Для получения тепловой энергии применяют такое устройство, как солнечный коллектор, который в отличие от солнечных батарей производит нагрев материала-теплоносителя.

Солнечные коллекторы – самые эффективные на сегодня устройства по использованию энергии солнца. Основной принцип работы заключается в том, что солнечные коллекторы захватывают тепловую энергию, концентрируют и направляют для использования человеком. За свой срок службы солнечный коллектор вырабатывает такое количество энергии, что его стоимость многократно перекрывает расходы на установку.

Существуют два основных типа солнечных коллекторов: плоские и трубчатые. Плоский солнечный коллектор состоит из плоского листового или перьевого абсорбера, закалённого стекла и термоизолирующего слоя. Второй вид солнечных коллекторов – трубчатые вакуумные. В данных коллекторах изолятором служит вакуум, заполняющий пространство в

стеклянной колбе, в которой размещен абсорбер. Трубчатый вакуумный коллектор имеет значительно меньшие тепловые потери в окружающую среду, поскольку вакуум является идеальным теплоизолятором [1].

Одной из причин активного развития солнечной промышленности послужил рост цен на энергоносители. Солнечное горячее водоснабжение в мире развивается очень интенсивными темпами. В таких странах, как Греция и Израиль, потенциал использования солнечных коллекторов составляет 1 $м^2$ на человека. Это неудивительно, т. к. в условиях жаркого солнечного климата энергия солнца может покрывать до 100% затрат на приготовление горячей воды. В Европе лидерами по внедрению солнечных коллекторов являются Германия, Швеция, Австрия и Швейцария. На сегодняшний день доля солнечных коллекторов в Германии составляет 140 $м^2$/1000 чел., а в Австрии – 450 $м^2$/1000 чел. На территории России солнечные коллекторы получили наибольшее распространение в городах Приморья. Использование солнечных коллекторов в России составляет 0,2 $м^2$/1000 чел [2].

Рост цен на энергоносители в России также заставляет проявлять интерес к дешевым источникам энергии. Наиболее доступной является солнечная энергия. На основании проведённых анализов карты солнечной радиации России видно, что по среднегодовому поступлению солнечной радиации лидерами являются Забайкалье, Приморье и Юг Сибири. В данных регионах на 1 $м^2$ поступает более 5 кВт/час солнечной энергии в день. В средней полосе России на 1 $м^2$ поступает от 3 до 4,5 кВт/час в день [3].

Из графика «Распределение интенсивности солнечного излучения в средней полосе России по месяцам» видно, что наибольшую интенсивность поток энергии имеет в мае, июне и июле. В этот период в средней полосе России на 1 $м^2$ поверхности приходится до 5 кВт/час в день. Наименьшая интенсивность наблюдается в декабре, когда на 1 $м^2$ поверхности приходится 0,7 кВт/час в день.

На обеспечение горячим водоснабжением семьи из 4-х человек в частном доме требуется нагреть 300 литров воды от 5 °С до 55 °С. Для этого необходимо использовать коллекторы площадью 5,4 $м^2$ для мая-июля, 18 $м^2$ – для остальных месяцев. Данная расчетная площадь была взята для плоских коллекторов. Если применить вакуумные коллекторы, то требуемая площадь уменьшится вдвое. Располагать коллекторы следует под углом 30 градусов к поверхности для обеспечения наиболее эффективного съема энергии в течение года.

На практике солнечные коллекторы применяются не в качестве основного источника горячего водоснабжения, а в качестве устройства для

подогрева воды, поступающей в отопительную установку. Это обеспечивает не только бесперебойную подачу горячей воды, но и снижение расхода топлива, а значит, экономию средств на ГВС и отопление дома.

Солнечные коллекторы получили большое распространение по всему миру и в России в том числе. Число людей, использующих энергию Солнца для получения горячей воды и горячего водоснабжения, постоянно растет. Интерес к солнечной энергетике связан с тем, что Земля каждый день получает от Солнца в тысячу раз больше энергии, чем от выработки её всеми электростанциями мира. Солнечная энергия – будущее энергетики Земли.

Литература

1. Матвеев, С. Ф. Типы солнечных коллекторов // Science Time. – 2015. – № 4(16). – С. 481-484.

2. Белоглазова, Т. Н. Эффективность внедрения солнечных коллекторов / Т. Н. Белоглазова, Т. Н. Романова // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 4 (52). – С. 357-359.

3. Аль-шариф, А. Г. Перспективы использования солнечной энергии для отопления дома в России / А. Г. Аль-шариф // Молодой ученый. – 2014. – №6. – С. 127-131.

УДК 537.3

Андреев М. Н., Татьяненко Н. Д.
Научный руководитель: Бояршинова Т. И., преподаватель
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

МЕТОДЫ НАХОЖДЕНИЯ СКРЫТОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Аннотация. *Представлены методы поиска скрытой электропроводки.*

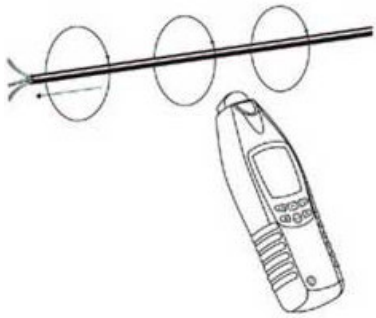
Ключевые слова: *электропроводка, ремонт, обрыв цепи, электростатический, электромагнитный.*

В данной статье рассматриваются методы нахождения скрытой электропроводки, возникающие в следующих случаях:

- ремонт, перепланировка квартиры, здания, цеха и т. д.;
- обрыв цепи. Одна из наиболее болезненных причин, т. к. в этом случае потребуется не только найти электропроводку в стене, но и место обрыва нулевого либо фазного провода.

• интерес к существующим коммуникациям. Если здания или жилье только купили и нет представления о том, какой кабель и как именно проходит по стенам и потолку, где установлена распределительная коробка и т. д.

Поиск скрытой электропроводки можно выполнить старым «дедовским» способом – с помощью радиоприемника или включенного микрофона. Также скрытую электропроводку можно обнаружить логическим методом. Монтаж электропроводки осуществляется строго в вертикальном и горизонтальном положении, с определенными отступами от пола, потолка и оконных проемов в соответствии с нормативной документацией СНиП, ПУЭ. Кроме этого, на сегодняшний день широко используют приборы для нахождения скрытой электропроводки (рисунок):



Прибор поиска скрытой проводки

Электростатические искатели.

Работа таких приборов основывается на улавливании электромагнитного поля, образующегося в кабелях при прохождении по ним электрического тока.

Электромагнитные искатели проводки.

Принцип определения скрытой проводки у таких приборов тот же, что и у электростатических, то есть они определяют наличие электромагнитного поля. Но у них есть одна особенность – проводка, которую нужно найти, должна находиться под нагрузкой, причем она должна быть не меньше 1 кВт. Поэтому перед поиском нужно сначала что-то включить в розетку, к примеру, электрочайник, а затем определять расположение кабеля.

Металлоискатели.

Особенность такого прибора заключается в том, что он сам создает электромагнитное поле. При этом попавший в зону действия этого поля металл будет вызывать изменение его, на что и будет реагировать устройство.

Существуют также и комбинированные устройства, использующие одновременно несколько принципов работы, что повышает точность определения.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что приборы, основанные на электростатическом методе, более удобны в эксплуатации, доступны по цене, не требуют специального обучения в использовании.

Литература

1. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ: учебное пособие для учреждений СПО / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2016. – 350 с.
2. Черничкин, М. Ю. Большая энциклопедия электрика / М. Ю. Черничкин. – М.: ЭКСМО, 2012. – 270 с.

УДК 621.412

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА И ГАЗОГЕНЕРАТОРОМ

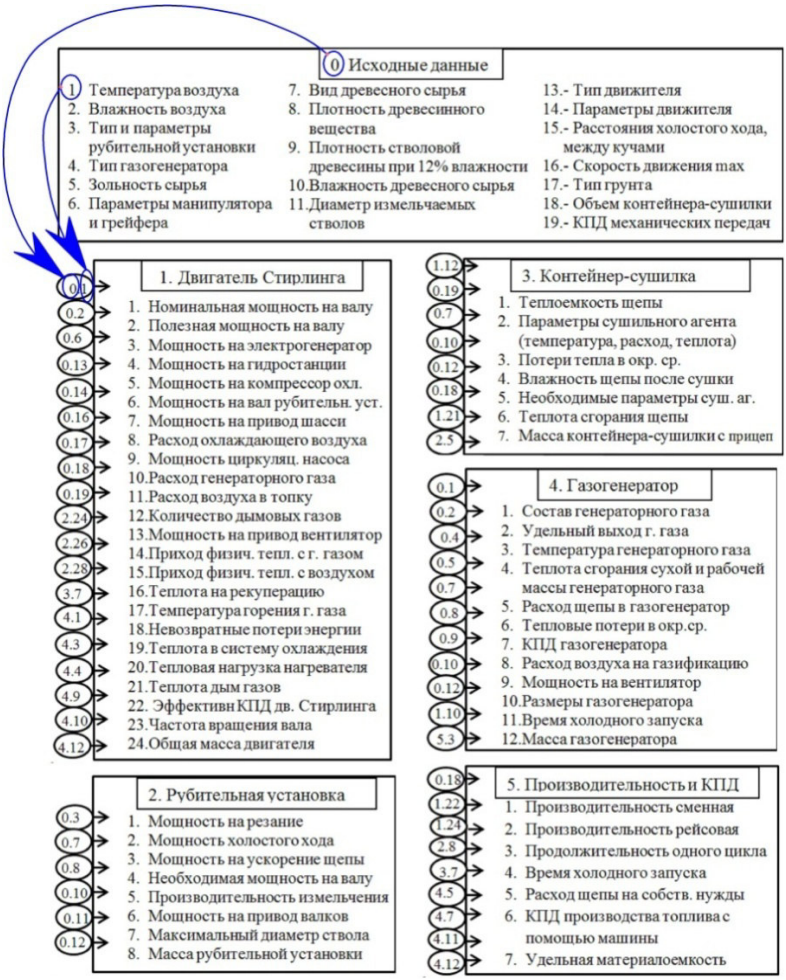
Аннотация. *Представлено решение задачи математического моделирования функционирования машины для производства топливной щепы, имеющей автономное энергообеспечение от двигателя внешнего сгорания с газогенератором в виде блок-схемы, определяющей взаимосвязи между расчетными модулями.*

Ключевые слова: *моделирование, Стирлинг, топливная щепа, газогенератор.*

Рассматривается решение задачи математического моделирования энергообеспечения функционирования машины от двигателя внешнего сгорания на древесном топливе, выполняющей операции валки деревьев и измельчения в щепу [1, 2], сушки и транспортировки щепы. Математическая модель реализована в Excel и Mathcad, состоит из 6-и расчетных модулей, связь между которыми представлена на рисунке.

Модуль №0 содержит исходные данные для математического моделирования, характеризующие природно-производственные условия, производства щепы, параметры перерабатываемого древесного сырья топливного назначения, исходные конструктивные параметры. Другие

модули №1-5 содержат исходные данные и результаты вычисления. Результаты вычисления каждого модуля пронумерованы одним числом. Исходные данные каждого модуля обозначены индексом из двух чисел, первое число индекса обозначает номер модуля, второе обозначает номер расчетного параметра из этого модуля.



Связь между расчетными модулями

Модуль №1 «Двигатель Стирлинга» позволяет определять требуемую мощность на валу, моментальный расход генераторного газа и основные конструктивные параметры. Модуль №2 «Рубительная установка» определяет требуемую мощность на привод её исполнительных механизмов, производительность по щепе. Модуль №3 «Контейнер-сушилка» моделирует процесс сушки щепы тепловыми выбросами двигателя. Модуль №4 на основе теплового и материального балансов реакции газификации позволяет определять выход и параметры генераторного газа.

Модуль 5 «Производительность и КПД» позволяет рассчитать основные показатели энергетической и экономической эффективности, а также материалоёмкость установки на основе регрессионного анализа параметров существующих конструкций.

Последовательность расчета мощности двигателя Стирлинга следующая:

1. расчет мощности на привод рубительной установки $N_{руб}$ при заданных параметрах производительности и перерабатываемого древесного сырья;

2. выбор типа движителя и определение мощности на его привод $N_{движ}$ из расчета динамики движения машины;

3. расчет мощности на привод вспомогательного оборудования, а именно вентилятора охлаждения двигателя $N_{вент}$, насоса гидростанции $N_{нас}$, электрогенератора $N_{ЭГ}$;

4. определение минимальной требуемой мощности двигателя Стирлинга в первом приближении по формуле

$$N_{стирл}^{\min} = \max\left(N_{руб}; N_{движ}\right) + N_{вент} + N_{нас} + N_{ЭГ};$$

5. расчет минимальной производительности по газу газогенератора и мощности его вспомогательного оборудования;

6. расчет массы машины с груженым прицепом и уточнение мощности на движитель из динамического расчета пункта (2);

7. уточнение мощности всего вспомогательного оборудования и минимальной мощности двигателя Стирлинга;

8. определение номинальной мощности двигателя Стирлинга.

Под минимальной мощностью двигателя понимается мощность механической энергии на валу, которой достаточно для функционирования установки. Под номинальной мощностью двигателя понимается характеристика двигателя, которая обеспечивает оптимальные параметры функционирования машины в соответствии с выбранными критериями оптимизации.

Математическая модель позволяет определить номинальную мощность двигателя Стирлинга и соответствующую ей производительность газогенератора.

Литература

1. Анисимов, П. Н. Энергобаланс технологического процесса заготовки топливной древесины / П. Н. Анисимов // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. междунар. молод. научн. конф. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 10-11.

2. The study of biomass moisture content impact on the efficiency of a power-producing unit with a gasifierand the Stirling engine / P. N. Anisimov, E. M. Onuchin, M. M. Vishnevskaya, J. N. Sidyganov, A. A. Medjakov // Journal of Applied Engineering Science. – 14(2016)3, 395, 401-408.

УДК 621.184

Аухадиев Р. Ф.
Научный руководитель: Гаврилов А. С., канд. техн. наук,
ст. преподаватель
Казанский государственный энергетический университет

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ВОДО-ВОДЯНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Аннотация. *В промышленных аппаратах число пластин в некоторых конструкциях может достигать нескольких сот, а образуемые ими каналы могут быть соединены по различным одноходовым и многоходовым схемам. Сами аппараты по конструкции могут быть односекционными и многосекционными или комбинированными.*

Ключевые слова: *пластинчатый теплообменный аппарат, пластина, теплообменник, водо-водяной подогреватель.*

Расчет поверхности нагрева водо-водяных подогревателей для систем горячего водоснабжения производится при температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, соответствующей точке излома графика температуры воды.

Исходные данные для расчета:

температура холодной воды $t_x = 5^\circ C$

температура горячей воды $t_г = 55^\circ C$;

температура сетевой воды в точке излома температурного графика в подающей магистрали $\tau_1 = 68{,}9^\circ C$;

в обратной магистрали $\tau_2 = 40{,}6^\circ C$.

Максимальная тепловая нагрузка аппарата: 736,986 кВт.

Расход сетевой воды при $t_н = t_{н.м}$

$$G_г = \frac{Q^3_{г.в}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)},$$

$$G_г = \frac{736{,}986}{4{,}19 \cdot (68{,}9 - 40{,}6)} = 6{,}21 кг/с.$$

Расход водопроводной воды рассчитывается по формуле:

$$G_г = \frac{Q^3_{г.в}}{c \cdot (t_г - t_x)} = \frac{736{,}986}{4{,}19 \cdot (55 - 5)} = 3{,}52 кг/с.$$

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость воды в каналах принимается: $W_{опт} = 0{,}4 м/с$.

Для выбранного типа пластины, по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде $m_н$

$$m_н = \frac{G_{г.в}}{W_{опт} \cdot f_к \cdot \rho}.$$

где $f_к$ – живое сечение одного межпластинчатого канала, $f_к = 0{,}00245 м^2$

$$m_н = \frac{3{,}52}{0{,}4 \cdot 0{,}00245 \cdot 1000} = 3{,}59.$$

Округляем расчетное количество каналов до целого числа ($m_н$ принимаем равным 4). Компоновку водоподогревателя принимаем симметричной, т. е. $m_{гр} = m_н$.

Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды, м^2

$$f_{гр} = f_н = m_н = f_к;$$

$$f_{гр} = f_н = 4 \cdot 0,00245 = 0,0098 м^2 .$$

На основе проведенных расчетов выбираем пластинчатый разборный теплообменник фирмы FUNKE типа ТПР НН №47 с 39 пластинами типа VT20PH толщиной 0,5 мм, изготовленными из нержавеющей стали AISI 316. Материал прокладок – резина EPDM. Диаметр фланцевых присоединений – 100 мм. Максимальное рабочее давление 1,6 МПа, максимальная температура теплоносителей – 150 °С.

Гидравлический расчет пластинчатого теплообменника

Потери давления ΔP, кПа, в водоподогревателях следует определять по формулам: для нагреваемой воды

$$\Delta P_н = \varphi \cdot Б \cdot \left(33 - 0,08 \cdot t_{ср}^{н}\right) \cdot W_{н.о}^{1,75} \cdot X ,$$

для греющей воды

$$\Delta P_{гр} = \varphi \cdot Б \cdot \left(33 - 0,08 \cdot t_{ср}^{гр}\right) \cdot W_{гр}^{1,75} \cdot X ,$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать $\varphi = 1,5 - 2,0$;

Б – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимаем *Б*=3;

$W_{н.о}$ – скорость при прохождении максимального секундного расхода нагреваемой воды $\left(G_{г.в} = 3,52 кг/с\right)$

$$W_{н.о} = \frac{G_{г.в}}{m_н \cdot f_{пл} \cdot \rho} = \frac{3,52}{4 \cdot 0,00245 \cdot 1000} = 0,36 м/с .$$

Потери давления по нагреваемой воде при значениях $\varphi = 1,5$ и *Б*=3 составят

$$\Delta P_н = 1,5 \cdot 3 \cdot \left(33 - 0,08 \cdot 30\right) \cdot 0,36^{1,75} \cdot 5 = 115,2 кПа .$$

Потери давления водоподогревателя по греющей воде при $\varphi = 1$ и *Б* = 3 составят:

$$\Delta P_{гр} = 1 \cdot 3 \cdot \left(33 - 0,08 \cdot 54,75\right) \cdot 0,63^{1,75} \cdot 5 = 191,3 кПа .$$

УДК 697.34

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

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *В статье рассматриваются возможные методы повышения эффективности систем теплоснабжения.*

Ключевые слова: *тепловой пункт, теплоснабжение, автоматизированные индивидуальные тепловые пункты, эффективность теплоснабжения.*

Современный мегаполис не может обходиться без развитой системы централизованного теплоснабжения, которая с точки зрения термодинамической эффективности является самой предпочтительной в современных условиях.

Большинство действующих в городах России систем теплоснабжения имеют высокую степень физического и морального износа – по некоторым экспертным оценкам до 70% и более.

Все центральные тепловые пункты (ЦТП) оборудованы элеваторным тепловым вводом [1]. Главное достоинство элеватора – он не потребляет энергии на свой привод. Основной недостаток элеватора – невозможность пропорционального регулирования тепловой мощности, так как при неизменяющемся диаметре отверстия соплового аппарата он имеет постоянный коэффициент смешения, а процесс регулирования предполагает возможность изменения этой величины. Еще один серьезный недостаток элеватора – его неэффективность при малом располагаемом перепаде давления. При малых показателях нормальная эксплуатация элеваторных узлов в принципе невозможна, поэтому такое оборудование часто работает «на сброс», что приводит к сверхнормативным потерям сетевой воды.

Таким образом, к основным недостаткам ЦТП относятся:

- частые жалобы населения на низкую температуру в помещениях, а также отсутствие каких-либо действий для устранения причин возникновения;
- повышенный расход тепловой энергии на все здания, снабжающиеся от данного ЦТП;
- частое плановое и аварийное отключение;
- отсутствие автоматических систем контроля;

• для установки требуется территория больших размеров, что приводит к нерациональному использованию городского пространства.

Для наглядного примера эффективности внедрения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) приведена таблица.

Эффект внедрения АИТП

Основные факторы экономии при применении АИТП	Эффект в % от общего теплопотребления	
	Для жилых зданий	Для административных помещений
Автоматическое снижение температуры воздуха в помещениях зданий в часы отсутствия там людей		10-20%
Снятие вынужденных перетопов в переходные, межсезонные периоды	2-6%	2-6%
Применение качественного и качественно-количественного регулирования	3-10%	3-10%
Учёт при управлении температурой отопления бытовых тепловыделений	4-7%	-
ИТОГО, суммарная средняя экономия при применении АИТП	13-31%	18-41%

Как видно из таблицы, суммарная средняя экономия при применении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов составит около 25-30% [2].

Кроме технических мероприятий, необходимо подготовить и обучить новое поколение высокопрофессиональных менеджеров, обученных новым методам и способам управления, способных вырабатывать и внедрять в жизнь инновационные решения и технологии управления. Это позволит со временем вывести отрасль теплоснабжения из разряда отсталых и убыточных на уровень успешно развивающихся секторов экономики, привлекательных для вложения инвестиций и применения инновационных решений [3].

Литература

1. Басс, М. С. Методические вопросы оценки эффективности систем централизованного теплоснабжения / М. С. Басс, А. Г. Батухтин, С. А. Требунских // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2013. – №2. – С. 80-84.

2. Батухтин, А. Г. Автоматизированная система регулирования расхода теплоносителя для теплоснабжения групп потребителей / А. Г. Батухтин, М. В. Кобылкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2013. – №2. – С. 68-72.

3. Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков и др. – М: Экомет, 2011. – 336 с.

УДК 621.4

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

СРАВНЕНИЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы снижения затрат на выработку тепловой энергии на котельных. Проведен расчет экономических показателей и сравнение газопоршневых установок.*

Ключевые слова: *когенерация, газопоршневые установки, себестоимость электрической энергии, сроки окупаемости.*

Газопоршневая установка с утилизацией тепловой энергии представляет собой газопоршневой двигатель или двигатель внутреннего сгорания, с помощью которого на валу генератора вырабатывается электрическая энергия, а тепловая энергия (горячая вода или пар) получается при утилизации отработанной в двигателе газо-воздушной смеси с помощью теплообменника. [1].

При реконструкции энергообъектов или новом строительстве можно выделить несколько компоновочных решений внедрения ГПУ:

1. строительство ГПУ на отдельной площадке, новое строительство;
2. установка ГПУ в действующей котельной в виде надстройки. [2].

Реконструкция котельных и их модернизация с преобразованием в газопоршневые мини-ТЭЦ – наиболее передовое энергоэффективное решение, которое способствует значительному повышению рентабельности и КПД энергообъекта.

В работе рассматривались установки мощностью 100 кВт, 200 кВт, 500 кВт и 1000 кВт разных производителей выявились следующие зависимости:

1) с увеличением мощности генераторной установки наблюдается скачкообразное снижение затрат себестоимости электрической энергии;

2) с увеличением мощности генераторной установки прослеживается тенденция к снижению сроков окупаемости установки.

Модель генераторной установки	Номинальная электрическая мощность, кВт	Тип двигателя	Среднегодовая себестоимость 1кВт*ч	Срок окупаемости, год (лет)
1	2	3	4	5
Daewoo Doosan 100 кВт	100	Doosan P086TI	1,83	6,9
ЯМЗ 100 кВт	100	ЯМЗ-238М2	2,43	7,8
КАМАЗ 100 КВт	100	КАМАЗ 740.19-200	2,2	7
Daewoo Doosan 200 кВт	200	DOOSAN P158LE	1,36	4,8
ЯМЗ 200 кВт	200	ЯМЗ 7514	1,48	3,1
KG-200S 200 КВт	200	КАМАЗ 820.20-200	1,48	3,4
MITSUBISHI 500 кВт	500	MITSUBISHI S12A2-PTA	1,17	4,2
FG Wilson PG620B1 500кВт	500	Perkins 4008-30TRS2	1,26	5,5
LG-500S	500	LIEBHERR G9512	0,97	4,5
MITSUBISHI 1000 кВт	1000	MITSUBISHI S16R-PTA	1,05	4,5
FG Wilson PG1250B2 1000 кВт	1000	Perkins 4016-61TRS2	1,22	4,2
Трансмашхолдинг 1000 кВт	1000	8ГДГ49	1,3	3,9

Из представленных установок наиболее выгодными для установки, с точки зрения экономических показателей, являются:

до 100 кВт – Daewoo Doosan с двигателем Doosan P086TI , со сроком окупаемости 6,9 лет и с себестоимостью электроэнергии 1,83 руб.;

до 200 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка ЯМЗ с двигателем ЯМЗ 7514 3,1 года, а по себестоимости электроэнергии – Daewoo Doosan с двигателем DOOSAN P158LE 1,36 руб.;

до 500 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка MITSUBISHI с двигателем MITSUBISHI S12A2-PTA 4,2 года, а по себестоимости электроэнергии LG-500S с двигателем LIEBHERR G9512 0,97 руб.;

до 1000 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка Трансмашхолдинг с двигателем 8ГДГ49 3,9 лет, а по себестоимости

электроэнергии – MITSUBISHI с двигателем MITSUBISHI S16R-PTA 1,05 руб.

Литература

1. Грицына, В. П. Малые ТЭЦ. Газовые турбины или газовые двигатели / В. П. Грицына // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2004. – № 7.

2. Длугосельский, В. И. Надстройка водогрейных котельных газотурбинными установками / В. И. Длугосельский, В. Я. Зубков // Теплоэнергетика. – 1999. – № 1. – С. 47-50.

3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

УДК 658.26 (470.41)

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

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ И ОТОПИТЕЛЬНО-БЫТОВЫМИ НАГРУЗКАМИ

Аннотация. *В статье приводится эксергетический анализ тепловой схемы паровой котельной с промышленными и отопительно-бытовыми нагрузками.*

Ключевые слова: *энергетика, тепловая схема, паровая котельная, эксергетический анализ, эксергетическая эффективность.*

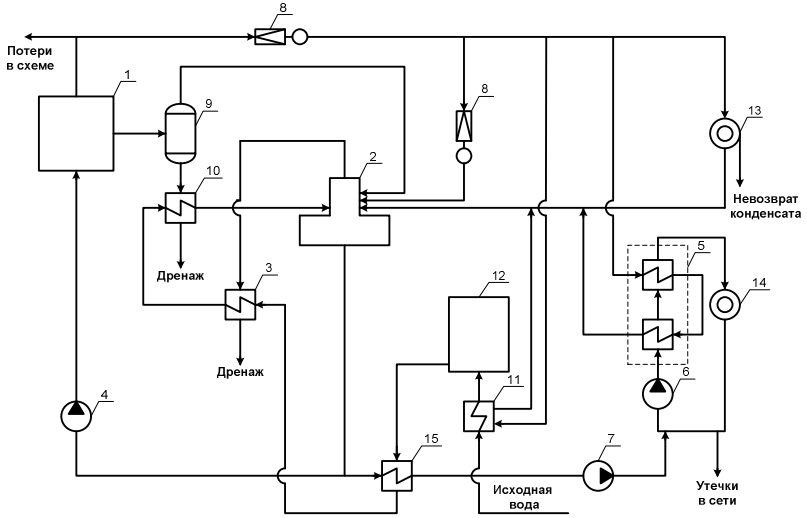
От того, как организована тепловая схема производства, напрямую зависит эффективность выработки теплоты. Для того чтобы оценить эффективность существующих тепловых схем котельных, используют различные методы анализа. Одним из наиболее известных считается эксергетический метод термодинамического анализа, позволяющий оценить рабочий потенциал технологических потоков и эффективность работы элементов [1].

В работе описаны этапы и приведены результаты эксергетического анализа тепловой схемы паровой котельной с промышленными и отопительно-бытовыми нагрузками.

В качестве объекта исследования выбрана тепловая схема паровой котельной с промышленными и отопительно-бытовыми нагрузками с выходными параметрами по насыщенному пару после котлов 1,4 МПа, с температурным графиком после сетевых подогревателей 150/70 °С, представленная на рисунке.

Для проведения эксергетического анализа предварительно были выполнен структурный анализ тепловой схемы; определено минимально необходимое для последовательного расчета тепловой схемы количество разрываемых потоков; разработана программа для расчета тепловой схемы котельной на языке программирования VBA; определены значения потоковых энтальпий и энтропий технологических потоков.

В качестве параметров окружающей среды использованы наименьшие давление и температура, встречающиеся в тепловой схеме.



Тепловая схема паровой котельной:
1 – паровой котел; 2 – атмосферный деаэратор; 3 – охладитель выпара; 4 – питательный насос; 5 – блок подогрева сетевой воды; 6 – сетевой насос; 7 – подпиточный насос; 8 – редукционно-охладительная установка; 9 – сепаратор непрерывной продувки; 10 – охладитель продувочной воды; 11 – подогреватель исходной воды; 12 – химводоочистка; 13 – потребители отопительно-бытовой нагрузки; 14 – потребители промышленной нагрузки; 15 – охладитель деаэрированной воды

После подготовительного этапа выполнен расчет тепловой схемы и определены эксергетические КПД всех элементов, как отношение суммы всех входящих в элемент потоков эксергии к сумме всех выходящих потоков. Эксергетический КПД теплообменного оборудования тепловой схемы находится в интервале от 19 до 56%, для самой схемы – на уровне ≈30%, что указывает на имеющиеся неиспользуемые резервы энергосбережения и ошибки при создании тепловой схемы.

На следующем этапе исследований планируется определение наиболее подходящей конфигурации теплообменной сети для тепловой схемы паровой котельной с применением методов пинч-анализа и разработка рекомендаций, позволяющих повысить эксергетическую эффективность тепловой схемы минимум на 10%.

Литература

1. Магадеев, В. Ш. Источники и системы теплоснабжения / В. Ш. Магадеев. – М.: ИД «Энергия», 2013. – 272 с.

УДК 658.26

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

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПАРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. *Актуальность темы связана с необходимостью разработки более эффективной системы пароснабжения для предприятия. Цель разработки: добиться минимальной конденсации и минимальных потерь тепла на линии трубопровода.*

Ключевые слова: *пароснабжение, потери, конденсат.*

Проектирование магистральных трубопроводов – очень важный, сложный и ответственный процесс. При их эксплуатации важно обеспечить непрерывное снабжение теплоносителем в виде горячей воды и/или пара, а также необходимо поддерживать заданные параметры теплоносителя в допустимых пределах. Немаловажным фактором также

является предотвращение всевозможных утечек пара и/или горячей воды на линии.

Одним из главных достоинств перегретого пара является почти полное отсутствие капельной влаги. Транспортировка теплоносителя в виде пара должна обеспечивать минимальное образование конденсата на магистральных трубопроводах, потому что любая влага ведет к коррозии изоляции и последующим утечкам тепла в окружающую среду. По мнению специалистов в области теплоэнергетики, оптимальным режимом для транспортировки перегретого пара является режим, при котором пар находится в состоянии, близком к насыщенному, что не более 10°С от температуры кипения. Это также является достоинством такого состояния пара, т. к. этот режим не требует установки дополнительных установок для его охлаждения.

Но как показывает практика и многолетний опыт, порой в отдельные отопительные или неотопительные периоды, в разное время года, по различным причинам происходит частичная конденсация теплоносителя на поверхность магистрали, что делает известные используемые методы расчета непригодными. Появление влаги в теплопроводах приводит к увеличению теплопередачи между теплоносителем и окружающей средой, что снижает эффективность всей системы пароснабжения.

Поэтому для предотвращения снижения эффективности необходима корректировка методов расчета с учетом данных утечек. И в данный момент времени важно разработать такую энергоэффективную систему пароснабжения, при которой будет возможно уменьшить теплопотери по всей длине трубопровода. Очевидно, что для проектирования этой модели необходимо провести подробный гидравлический расчет магистрали, а также ряд мероприятий по снижению потерь пара.

Считаем, что разработка и проектирование энергоэффективной системы пароснабжения является актуальной задачей для любого предприятия.

На практике достаточно сложной проблемой является урегулирования отношений между потребителями и производителями тепловой энергии, транспортируемой в виде пара. Рассматривается вариант определения количества пара, необходимого для поддержания паропровода в горячем резерве. Условия минимизации аргументируются предположением полной конденсации пара в конце паропровода.

По результатам гидравлического расчета определяется давление в конце участка, по расчетам тепловых потерь определяется температура в конце участка. По давлению и температуре определяется энтальпия пара в конце участка.

Для поддержания паропровода в горячем состоянии необходимо определить минимальное количество добавочной теплоты, которое будет компенсировать потери в окружающую среду. В рассматриваемом случае потери теплоты будут компенсироваться за счет конденсации пара.

Расход минимального количества пара, необходимого для поддержания паропровода в горячем состоянии, определяется по формуле:

$$D = \frac{Q \cdot 10^3}{(i_{нач} - i_{кон})} = \frac{1130 \cdot 10^3}{714{,}6 - 683{,}2} = 36 m/ч,$$

где Q = 1,13 Гкал – количество теплоты теряемой через наружные ограждения трубопровода, определенные по результатам теплового расчета без ответвлений;

$i_{нач}$ = 714,6 ккал/кг – энтальпия среды в начале трубопровода;

$i_{кон}$ = 683,2 ккал/кг – энтальпия среды в конце трубопровода.

По минимальному расходу 36 т/ч пара проводится расчет паропровода с определение зон конденсации.

Был произведён расчёт системы пароснабжения среднего давления (на минимальном потреблении пара) с целью определения гидравлических потерь, мест конденсации и определения тепловых потерь на участках паропроводов паровой сети от источника до самого отдалённого потребителя Тит.№014 сек.№4100.

Расчёт произведён в геоинформационной системе ГИС Zulu 5.2.

В результате расчёта выявлено:

1. на входе потребителей Тит. №014 сек. №4100 не хватает температуры пара для обеспечения эксплуатационного режима работы паровой сети среднего давления на минимальном потреблении пара среднего давления;

2. также на входе пара потребителя Тит. №012 сек. №3500 наблюдается избыток влажности пара (полная конденсация);

3. зоны конденсации пара среднего давления выявлены на всех участках паропроводов (от Теплоцентра – точка фазового перехода) и на потребителе Тит. №014 сек. №4100 Гидрокрекинг;

4. в результате расчетов были определены места установки конденсатоотводчиков;

5. для безопасной эксплуатации паропровода среднего давления установленные конденсатоотводчики должны обеспечивать расход конденсата 36 т/ч, исходя из условий, что паропровод находится в горячем состоянии;

6. при отсутствии потребления на Тит. №014 сек. №4100 для поддержания паропровода среднего давления в рабочем состоянии от тит.

135 до тит. 014 сек. 4100 необходимо обеспечить расход пара на дренирование не менее 1 т/ч.

Литература

1. Цветков, В. Е. Организация пароснабжения промышленных предприятий / В. Е. Цветков. – М.: Энергия, 1979. – 206 с.
2. ПБ 10-573-03 (РД-03-94). Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. Госгортехнадзор России № 90 от 11.06.2003.
3. Исследование и разработка рекомендаций по режиму работы системы пароснабжения при минимальных расходах пара на нефтехимических предприятиях. М. Ф. Шагеев, С. А. Лившиц, Р. В. Ахметова и др. // Экспозиция Нефть Газ. – 2009. – № 4. – С. 42-44.

УДК 550.812.14

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

МЕТОДИКА ПОИСКА СКРЫТЫХ ПОЛЫХ ОБЪЕКТОВ В ГРУНТЕ

Аннотация. *Представлена методика поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов, выполненных как из металлических, так и неметаллических материалов.*

Ключевые слова: *виброакустический сигнал, резонансная частота, полезный сигнал, спектр, полый объект.*

В основе данной методики лежит метод, который заключается в генерации резонансных звуковых колебаний в полости искомого объекта, при этом оконтурирование этого объекта осуществляется путем перемещения чувствительного элемента (пьезоэлектрического датчика) над зоной поиска [1-4].

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

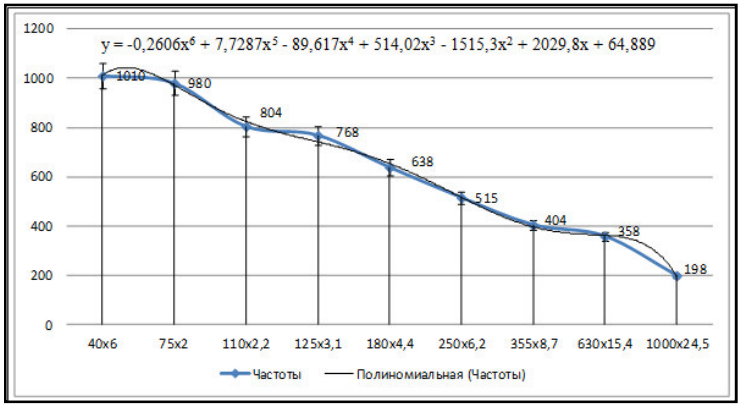


Рис. 1. Частоты поиска трубопровода в грунте

Методика апробирована на натурных объектах. Эксперименты проведены на трубопроводах разных диаметров, длинах и материалах (40х6х1000, материал – полипропилен; 75х2х1000, материал – полиэтилен; 110х2,2х1500, материал – полипропилен; 125х3,1х1300, материал – полиэтилен), а также с различным типом грунта (глина, суглинок, песок).

Экспериментальная установка на примере трубопровода 110х2,2х1500 (материал – полипропилен) представлена на рис. 2.

Рис. 2. Экспериментальная установка

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

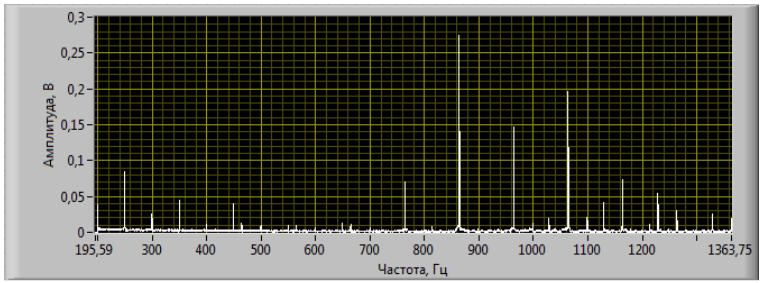


Рис. 3. Спектр колебаний контрольной точки №1

Распределение амплитуды колебаний на частоте 864 Гц по длине исследуемого объекта показаны на рис. 4.

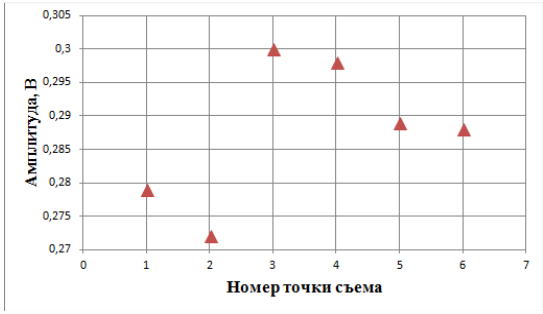


Рис. 4. Распределение амплитуды колебаний по длине исследуемого объекта

Выбранные диапазоны частот на основе конечноэлементного моделирования согласуются с проведенными экспериментальными исследованиями.

Результаты работы позволили создать методику поиска скрытых полых объектов в грунте с применением нового способа возбуждения и приема колебаний, методов конечноэлементного моделирования и обработки виброакустических сигналов с помощью разработанного программного обеспечения в среде LabVIEW [2].

Литература

1. Гапоненко, С. О. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов / С. О. Гапоненко, А. Е. Конд-

ратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 123-129.

2. Гапоненко, С. О. Варианты регистрации и анализа полезного виброакустического сигнала в программном продукте LabVIEW / С. О. Гапоненко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2014. – №5(44). – С. 8-15.

3. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – №2(47). – С. 8-15.

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

УДК 621.311

Гимаева Г. А.
Научный руководитель: Костылева Е. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА Г. КАЗАНЬ

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы повышения эффективности водяных систем централизованного теплоснабжения путем оптимизации тепловых и гидравлических эксплуатационных режимов. Рассмотрены вопросы разработки, управления, контроля и анализа теплогидравлических режимов на примере системы централизованного теплоснабжения города Казань. Приведен анализ энергосберегающих мероприятий, внедряемых на источниках тепловой энергии, а также в жилых зданиях, которые позволят ограничить рост тарифа на тепловую энергию.*

Ключевые слова: *теплоснабжение, эффективность, энергосбережение.*

Российская Федерация относится к странам с высоким уровнем централизации теплоснабжения. Теплоснабжение городских населенных пунктов обеспечивается тепловыми источниками различной мощности путем транспортировки тепловой энергии по водяным тепловым сетям.

Неэффективное теплоснабжение приводит к огромному перерасходу энергетических, материальных и финансовых ресурсов. В условиях постоянного увеличения цен на энергоносители эффективное использова-

ние энергетических ресурсов стало одним из самых актуальных и приоритетных направлений государственной политики, о чем свидетельствует принятый в ноябре 2009 года Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

В настоящее время повышение эффективности работы систем теплоснабжения является актуальной задачей. Основной задачей системы теплоснабжения является надежное, бесперебойное, экономичное обеспечение тепловой энергией и горячей водой жилых и общественных зданий, объектов промышленности и прочих потребителей. Правильное решение вопросов теплоснабжения во многом определяет эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, значительная часть которых расходуется на покрытие потребностей в тепловой энергии жилищно-коммунального хозяйства и промышленности.

С каждым годом тарифы на тепло растут, и поэтому повышение эффективности системы теплоснабжения напрямую связано не только с экономией средств граждан, но и с экономией энергоресурсов в городе в целом.

В работе рассмотрены мероприятия, внедряемые на источнике тепловой энергии, а также мероприятия по снижению тепловых потерь в жилых зданиях, позволяющие оптимизировать режим потребления тепловой энергии.

Энергосбережение в современных условиях является одним из основных факторов при выборе оборудования и схемы котельной. Основным критерием энергосбережения является снижение затрат энергетических ресурсов котельной при ее эксплуатации. Путями для снижения затрат энергетических ресурсов являются:

- автоматизированное погодозависимое регулирование выработки и отпуска тепловой энергии. Обеспечивает оптимизацию затрат на выработку тепловой энергии и экономию топлива на 12-15% от котельных без погодозависимого регулирования;
- применение автоматизированных горелок, обеспечивающих КПД котлоагрегатов не ниже 90%. Современные горелки и котлы имеют КПД = 91-94 %, против устаревших котлоагрегатов без автоматизации, имеющих КПД 75-80 %. Наиболее передовое решение – использование «конденсационных» котлов, КПД которых достигает 98%.
- применение частотных приводов и устройств плавного пуска на электродвигателях. Это позволяет снизить расход электроэнергии на 25-30 %, а также продлить срок эксплуатации двигателя на 15 %. Применение плавного пуска позволяет защитить оборудование и трубопроводы от гидроударов.

• применение современных автоматизированных установок подготовки воды, что позволяет снизить размер отложений в котлах и трубопроводах и соответственно улучшить теплосъем и теплопередачу. Данные решения позволяют добиться экономии потребления топлива котлоагрегатами на 5-7 %.

Для контроля за потреблением энергоресурсов в котельной необходимо устанавливать узлы учета.

В данной работе выявлены основные причины нерационального использования энергетических ресурсов. Предложены энергосберегающие мероприятия в котельной и запитанного от него жилого микрорайона, расположенного в городе Казань.

В результате проделанной работы можно будет наглядно увидеть необходимые затраты по внедрению энергосберегающих мероприятий, экономию и сроки окупаемости каждого из мероприятий.

Внедрение комплекса энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения позволит ограничить рост тарифа на тепловую энергию.

Литература

1. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б. В. Яковлев. – М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.

2. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / С. А. Чистович, В. К. Аверьянов, Ю. Я. Темпель и др. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 2007. – 248 с.

3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 7-е изд., стереот. – М.: издательство МЭИ, 2001. – 472 с.

4. Клименко, А. В. Проблемы повышения эффективности коммунальной энергетики на примере объектов ЖКХ ЦАО г. Москвы / А. В. Клименко, Е. Г. Гашо // Теплоэнергетика. – 2004. – №6. – С. 11-12.

УДК 62-614

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ УСТАНОВКИ ЭМУЛЬГАТОРА МАЗУТА В КОТЕЛЬНОЙ

Аннотация. *В настоящее время большинство нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) реконструировали технологию переработки нефти. Более глубо-*

кая переработка исходного сырья привела к изменению ряда физико-химических свойств конечного продукта – мазута.

В результате этих изменений, а также при перегрузке и хранении мазута традиционными способами потребитель получает мазут с повышенным содержанием влаги. Обводненный мазут, содержащий твердые фракции, имеющий повышенную температуру вспышки и другие отклонения от норм, нарушает режим горения, загрязняет поверхности нагрева, повышает недожег топлива, образует отложения несгоревших частиц кокса по газовому тракту, приводит к обрыву факела и аварийному останову оборудования. Для комплексного решения этих проблем предлагается предварительная подготовка мазута к сжиганию: установка эмульгатора мазута.

***Ключевые слова**: энергосбережение, энергоэффективность, теплоэнергетика, жидкие котельные топлива, водомазутные эмульсии, экономия топлива, энергетический эффект.*

Применяющийся в качестве жидкого топлива для горелочных устройств мазут наряду с такой совокупностью положительных свойств, как низкая стоимость, недефицитность, высокая теплота сгорания, имеет недостатки, к которым можно отнести значительную вязкость и широкий разброс химического состава. Это приводит к определенным трудностям при обеспечении качественного (мелкодисперсного) распыливания мазута в топке. Грубое распыливание мазута приводит к неполному сгоранию последнего в объеме топки, следствием чего является низкая экономичность и высокий уровень вредных выбросов теплоэнергетической установки.

Рис. 1. Общий вид эмульгатора мазута

Сравнение скорости горения безводного и эмульгированного топлива показывает, что эмульгированное топливо при оптимальном уровне водности и оптимальной степени дисперсности водной фазы сгорает быстрее безводного. При сжигании водомазутной эмульсии в котлоагрегатах и печах возможна экономия порядка 10% мазута по сравнению со сжиганием безводного топлива.

Одним из факторов, определяющих эффективность использования водотопливных эмульсий (ВТЭ) в котельно-топочных процессах, является возможность на их основе

решать ряд экологических проблем. Применение ВТЭ сокращает выход в газовых выбросах NO_x, примерно в 3-4 раза снижает выброс сажистых отложений, уменьшает выход CO в среднем на 50%, бензопирена в 2-3 раза и т. д. Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10-15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %.

Результатом эмульгирования является уменьшение размеров капель мазута, что положительно сказывается на его горении.

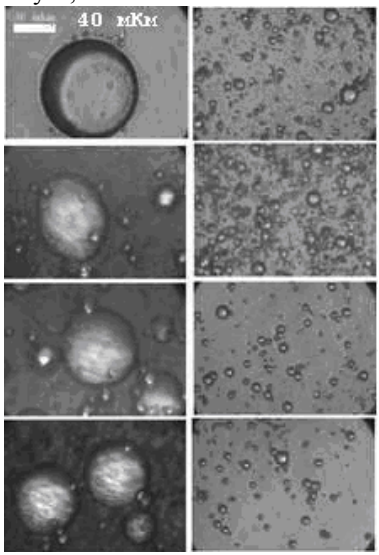


Рис. 2. Структура мазута

На рис. 2 представлены результаты сравнения микроструктуры исходного и эмульгированного мазутов, полученные при помощи видеомикроскопа с увеличением х400.

Преимущества системы топливоподачи с эмульгированием мазута:

1. система встраивается в действующую схему топливоподачи;
2. не требуются дополнительные площади;
3. реализовано автоматическое регулирование и поддержание заданной водности эмульсии;
4. непрерывность, надежность и простота получения эмульсии;
5. обеспечение возможности перехода с эмульсии на основное топливо без остановки топливосжигающего агрегата.

Нами произведен расчет эффективности установки эмульгатора мазута в котельной с годовым потреблением мазута на выработку тепловой энергии B = 505 т.

Экономия топлива при внедрении системы эмульгирования мазута с учетом коэффициента снижения потребления топлива k = 4% [1] составит, т:

$$\Delta B = \kappa \cdot B = 0{,}04 \cdot 505 = 20{,}2.$$

Годовая экономия в денежном выражении при стоимости топочного мазута Т = 9615 руб./т, тыс. руб.:

$$\Delta Э = \Delta B \cdot T \cdot 10^{-3} = 20{,}2 \cdot 9615 \cdot 10^{-3} = 194{,}223.$$

Литература

1. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2014. – №3.
2. Галас, И. В. Влияние эмульгированного мазута на выбросы вредных веществ / И. В. Галас, О. В. Морозов, Ю. М. Усман // Энергосбережения и водоподготовка. – 2015. – №3.
3. Зверева, Э. Р. Способы подготовки мазута к сжиганию / Э. Р. Зверева, Л. В. Ганина // Математические модели в технике и технологиях: сб. тр. 20-ой Межд. науч. конф. – Ярославль, 2015. – Т. 5. – С. 251-252.

УДК 621.311

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

РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *В настоящее время повышение эффективности работы систем теплоснабжения является актуальной задачей. Основной задачей системы теплоснабжения является надежное, бесперебойное обеспечение тепловой энергией и горячей водой потребителей. В работе планируется рассмотреть как мероприятия, внедряемые на источнике тепловой энергии, так и снижение тепловых потерь в тепловых сетях. Внедрение комплекса энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения позволит ограничить рост тарифа на тепловую энергию.*

Ключевые слова: *теплоснабжение, эффективность, энергосбережение.*

В настоящее время повышение эффективности работы систем теплоснабжения является актуальной задачей. Основной задачей системы теплоснабжения является надежное, бесперебойное, экономичное обеспечение тепловой энергией и горячей водой жилых и общественных зданий, объектов промышленности и прочих потребителей. При этом теплоснабжение по обороту сопоставимо с 2,5% ВВП РФ (1,5 трлн. рублей) и составляет более 50% в платежке гражданина за ЖКУ. Правильное решение вопросов теплоснабжения во многом определяет эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, значительная часть которых расходуется на покрытие потребностей в тепловой энергии жилищно-коммунального хозяйства и промышленности.

С каждым годом тарифы на тепло растут, и поэтому повышение эффективности системы теплоснабжения напрямую связано не только с экономией средств граждан, но и с экономией энергоресурсов в городе в целом.

Одним из направлений энергосбережения в системах теплоснабжения является совершенствование схем и параметров тепловых сетей, являющихся связующим звеном между источниками и потребителями теплоты, на базе всесторонних исследований режимов их работы для обеспечения принятия научно обоснованных проектных и технологических решений, способствующих экономии тепловой энергии, минимизации энергетических потерь.

В работе планируется рассмотреть, как мероприятия, внедряемые на источнике тепловой энергии (оптимизация технологической цепочки, схемы водоподготовки, снижение потерь с уходящими газами, через обмуровку котлоагрегатов), так и снижение тепловых потерь в тепловых сетях, оптимизация режима потребления тепловой энергии.

Практическая значимость состоит в том, что предложенный метод реконструкции тепловых сетей позволит уже на стадии проектирования наиболее полно учитывать индивидуальные особенности каждого конкретного объекта с целью улучшения технико-экономических характеристик тепловой сети и экономии энергетических ресурсов.

Совершенствование методик выбора новых и повышения эффективности существующих тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество и надежность работы систем теплоснабжения в целом, что соответствует одному из стратегических направлений развития России.

Внедрение комплекса энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения позволит ограничить рост тарифа на тепловую энергию.

Литература

1. Соколов Е. Я. Центральное регулирование современных городских систем теплоснабжения / Е. Я. Соколов // Электрические станции. – 1963. – № 10. – С. 23-30.

2. Якимов, В. Л. Повышение эффективности работы систем теплоснабжения / В. Л. Якимов, В. В. Пасков // ВСТ: Водоснабжение и сантехника. – 1996. – №5. – С. 24-26.

3. Клименко, А. В. Проблемы повышения эффективности коммунальной энергетики на примере объектов ЖКХ ЦАО г. Москвы / А. В. Клименко, Е. Г. Гашо // Теплоэнергетика. – 2004. – №6. – С. 11-12.

УДК 62-634.8

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

ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ ОБВОДНЕННЫХ ВЫСОКОВЯЗКИХ МАЗУТОВ

При использовании в котельных установках в качестве жидких топлив высоковязких сортов мазута могут возникнуть различные трудности, связанные с подготовкой данного вида топлива к сжиганию. Данная проблема возникает из-за особенностей транспортировки мазута, при этом содержание воды в топочном мазуте во многих случаях существенно превышает предельно допустимые значения (вместо 1% по норме обводненность доходит до 12-16%, а в отдельных случаях – до 20-35%) [1]. При этом из-за примерно одинаковых значений плотности воды и мазута в его составе остается большое число скоплений воды. Такие скопления могут приводить к срыву факела и затуханию пламени, а также снижению КПД котлоагрегата. При определении характеристик топочного мазута марки М100, полученного с МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1», было установлено, что массовая доля воды в нем более чем в 2 раза превысила стандартную и составила 2,03 %. [2]. Сжигание данного обводненного мазута без подготовки, несомненно, приведет к негативным последствиям.

Одним из эффективных решений перечисленных проблем является диспергирование исходного обводненного топлива до состояния тонкодисперсных водотопливных эмульсий.

На первом этапе приготовления топливных эмульсий осуществляется первичное перемешивание дисперсной фазы в дисперсионной среде, после чего осуществляется дальнейшее диспергирование полученной эмульсии до тонкодисперсного состояния при помощи воздействия на распределенные частицы дисперсной фазы постоянной силой. Первичное перемешивание дисперсной фазы (воды) в дисперсионной среде (мазуте) в случае с водомазутной эмульсией будет осуществляться механически (например, в механической смешивающей установке), а последующее образование тонкодисперсной эмульсии может осуществляться, например, воздействием на нее высокочастотных силовых импульсов (при высокоскоростном вращении движущихся частей, движении воздуха сквозь слои жидкости или воздействии ультразвука).

Приготовленная гомогенизированная водно-мазутная смесь имеет заметно меньшую вязкость, чем чистый мазут, поэтому облегчается процесс перекачки топлива. При температурах выше 80°С вязкость водомазутной эмульсии влажностью 6% мало отличается от эмульсии с влажностью 40%.

Факел горящего эмульгированного топлива в топочном пространстве сокращается в объеме, становится прозрачным. Температура уходящих газов уменьшается по сравнению с обезвоженным мазутом на 30-35°С. Изменение параметров процесса горения и состава уходящих газов свидетельствуют о повышении эффективности использования топлива.

Литература

1. Батуев, С. П. Особенности хранения и подготовки к сжиганию обводненного жидкого топлива в мазутном хозяйстве котельной / С. П. Батуев, В. А. Корягин; Ленингр. инж.-строит. ин-т // Промышл. энергетика. – 1987. – № 5. – С. 35-37.

2. Забродин, А. Г. Исследование характеристик топочного мазута марки М100 / А. Г. Забродин, С. Я. Алибеков, Н. А. Забродина // ЭКиП: Экология и промышленность России. – 2014. – № 2. – С. 54-55.

УДК 620.9

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

АНАЛИЗ ТЕПЛОПОТЕРЬ РЕАКТОРА ПОЛИТРУБНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: *Проведены расчеты тепловых потерь реактора политрубной биогазовой установки для анаэробного сбраживания органических отходов, находящегося под землей и на открытом воздухе.*

Ключевые слова: *биогаз, метантенк, биогазовая установка, анаэробное сбраживание, тепловые потери.*

В Казанском государственном энергетическом университете разработана политрубная биогазовая установка для анаэробного сбраживания

органических отходов [1]. Преимущественными особенностями реактора (метантенка) этой установки являются:

– материал – полиэтилен;

– возможность установки нескольких реакторов;

– нахождение в грунте, что значительно сокращает потери теплоты в окружающую среду в процессе брожения.

Были проведены расчеты тепловых потерь процесса брожения в реакторе без изоляции, находящегося на открытом воздухе и заглубленного под землей.

Удельные потери тепла, Вт/м, рассчитывались по формуле [2]:

$$q = \frac{t_{пр} - t_{н}}{\sum R},$$

где ∑R – суммарное термосопротивление, м·°С/Вт;

$t_{пр}$ – температура процесса брожения, °С

$t_{н}$ – температура наружной поверхности, °С.

В результате тепловые потери реактора политрубной биогазовой установки, находящегося над землей, более чем в 10 раз превышают теплопотери реактора, заглубленного в грунт.

Литература

1. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент России №2422385, 30.11.2009. / Кондратьев А. Е., Павлов Г. И., Борисов С. Г., Загретдинов А. Р.

2. СП 61.13330.2012 «Свод правил. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003». – М.: Минрегион России, 2011.

УДК 628.35

Замалиев А. Н.

Научный руководитель: Костылева Е. Е., канд. техн. наук, доцент

Казанский государственный энергетический университет

ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВОГО ОСАДКА

Аннотация. *В данной работе представлен анализ термических методов обработки илового осадка сточных вод. Дана сравнительная характеристика термических методов перед механическими.*

Ключевые слова: *получение энергии, термообработка илового осадка, сжигание илового осадка.*

Производство ила сточных вод после их очистки постоянно увеличивается. Территории, предусмотренные для хранения осадка, не справляются с постоянными иловыми потоками вследствие переполненности. Эти хранилища представляют серьезную экологическую угрозу [1]. Разработка инновационных стратегий утилизации ила или оптимизация существующих является актуальной задачей.

В последнее время упор делается на термическую обработку илового осадка сточных вод.

В таблице представлены данные о количестве илового осадка, полученные расчетным путем. Расчет произведен на количество сточных вод 200000000 $м^3$/год. При механической утилизации илового осадка энергия затрачивается безвозвратно. При сжигании илового осадка процесс проходит в автотермическом режиме и с выделением тепловой энергии, которая может быть использована как на самом заводе, так и для дальнейшей выработки электрической энергии.

	Способы утилизации илового осадка		
	центрифугирование	фильтрация	термическая утилизация
Обезвоженный иловый осадок [кг/год]	40,810,760	53,736,150	5,741,352
% сухого вещества/% влаги	29/71	41/59	90/10
Количество сухого илового осадка [кг с.в. /год]	11,873,988	22,031,822	5,193,823

Таким образом, термическая утилизация илового осадка позволяет освободить иловые поля и улучшить экологическую обстановку города.

Литература

1. Замалиев, А. Н. Способы утилизации илового осадка // Тинчуринские чтения: материалы докладов XI международной молодежной научной конференции. – Казань, 2016. – 35 с.

УДК 62.133

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению вопроса о развитии ветроэнергетики в России и за рубежом.*

Ключевые слова: *ветроэнергетика, тенденции развития, ветроэнергетические установки.*

Сегодня ветроэнергетические установки (ВЭУ) широко применяются во многих областях с благоприятными скоростями ветра и даже могут конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Из двух видов ВЭУ (горизонтальных и вертикальных), в основном, используются лопастные машины с горизонтальным валом, который устанавливается по направлению ветра. Наибольшее распространение получили ВЭУ с единичной мощностью от 100 до 500 кВт.

На сегодняшний день во всем мире насчитывается около 3 миллионов ветроустановок. Примерно 3,5 тысячи из них активно используются на территории России.

Европа достигла больших успехов в создании и использовании ВЭС. Во многих странах Западной Европы построено значительное количество установок мощностью 100-200 кВт. В ряде стран, например, во Франции и Дании, успешно функционируют ВЭС с номинальными мощностями свыше 1 МВт. В Германии удалось создать одну из наиболее известных установок этого класса «Гровиан» с номинальной мощностью 3 МВт. Но всё же самое широкое развитие ветроэнергетика получила в США: еще в 40-х годах там была построена первая ВЭС мощностью 1250 кВт. Сейчас общая мощность всех ВЭС в Америке достигает 1300 МВт, некоторые из установок достигают 4 МВт.

Системы централизованного энергоснабжения покрывают лишь третью часть территории РФ, поэтому 70 % территории находится в зоне децентрализованного электроснабжения и нуждается в использовании автономных энергоисточников. Данная зона практически совпадает с благоприятными областями для использования потенциальных ветроресурсов.

Российские эксперты прогнозируют, что установленная мощность российского энергетического комплекса в перспективе на 2030 год составит в области ветроэнергетики около 15 ГВт. Предполагается, что наиболее перспективными в развитии этого вида энергетики будут Волгоградская область и Краснодарский край, Республика Карелия, Мурманская, Калининградская, Омская, Новосибирская области, а также Хабаровский и Камчатский края.

Литература

1. Аверьянов, В. К. Системы малой энергетики: современное состояние и перспективы развития / В. К. Аверьянов, А. М. Карасевич, А. В. Федяев. – М.: Страховое Ревю, 2008. – Т. 1. – 466 с.

2. Алексеев, Б. А. Ветроэнергетика мира и ее проблемы / Б. А. Алексеев // Энергетика за рубежом. – 2007. – № 5. – С. 31-47.

3. Артемова, Н. И. Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики в России и мире / Н. И. Артемова, Б. В. Ермоленко // Успехи в химии и химической технологии. – 2009. – № 11 (104). – С. 10-14.

4. Бежан, А. В. Перспективы развития мировой ветроэнергетики: прогноз до 2030 г. / А. В. Бежан // Промышленная энергетика. – 2007. – № 11. – С. 40-41.

УДК 620.9

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

ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация: *Проведен анализ возможности применения биогазовой установки на объекте молочного комбината с объемом производства до 1200 тонн в сутки в г. Казань.*

Ключевые слова: *биогаз, очистка сточных вод, биогазовая установка, анаэробное сбраживание, возобновляемые источники энергии.*

Казанский молочный комбинат является крупнейшим предприятием по переработке молока в регионе и к тому же располагается в черте города.

Для уничтожения побочных продуктов молочного производства в настоящее время возможно использование анаэробных технологий по биологической очистке сточных вод, которые удаляют остатки молочной продукции. Сточные воды с производства по канализационным трубам самотеком поступают в насосный приямок, после чего иловыми насосами подаются на очистные сооружения. Очистка происходит в результате двух биохимических процессов. В смесителе-усреднителе происходит предварительная подготовка сточных вод перед попаданием в анаэробный реактор (метантенк). В метантенке, в зоне разделения фаз, происходит выделение мелких пузырьков газа и слияние их в более крупные, после чего пузырьки поднимаются в надсводную газовую зону реактора, откуда газ подается газодувкой на факельную установку. Так происходит вторичное использование энергии.

Данный метод очистки снижает не только нагрузку на окружающую среду, вызванную избытком образующейся сыворотки, но и уменьшает связанные с этим платежи за загрязнения, а также в значительной мере и потребность в энергии. Образующийся биогаз используется для производства пара, необходимого для поддержания технологического процесса, и уменьшает затраты на топливо для молокоперерабатывающего завода. [1].

Определены параметры биогазовой установки, для объемов производства данного предприятия в общем виде объем метантенка $V_{МТ}$, м^3 определяется по формуле :

$$V_{MT} = \frac{(0{,}7...0{,}9) m_{БМ} t_{Б}}{\rho_{БМ}},$$

где $t_б$ – продолжительность брожения, сут.

$\rho_{БМ}$ – плотность сбраживаемой биомассы, кг/ м^3.

Расчеты показали, что при применении анаэробной очистки сточных вод от производства молочной продукции наблюдается экономия традиционного топлива [2].

Определение целесообразных условий применения типовых биореакторов, создание новых конструктивных разработок посредством технических решений по поддержанию высокой производительности получения биогаза требуют проведения обширных исследований. Все это позволит выявить приоритетные тенденции совершенствования биогазовых установок, развивая в необходимом направлении, что впоследствии повлияет на темпы их внедрения в молочную промышленность. [3].

Литература

1. Биологические очистные сооружения Biomar. Анаэробная и аэробная очистка сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biologicheskaya-ochistka.enviro-chemie.ru/?p=218, свободный.

2. Полосин, И. И. Биогаз как способ обеспечения топливными ресурсами сооружений / И. И. Полосин, Н. В. Кузнецова, А. Г. Скрипак. – Воронеж: Научный вестник, 2011. – С. 137-141.

3. Кондратьев, А. Е. Новые конструктивные решения в проектировании биогазовых установок / А. Е. Кондратьев, С. О. Гапоненко // МНТК «ИМТОМ-2013», Казань, 2013. – С. 213-217.

УДК 620.179

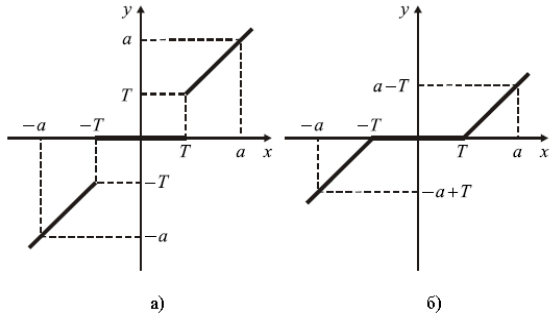
Измайлова Е. В.[1], Малахов А. О.[2], Назарычев С. А.[2]
[1] Казанский государственный энергетический университет
[2] Казанский (Приволжский) федеральный университет

УДАЛЕНИЕ ШУМОВ ИЗ СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. *Представлена возможность вейвлет преобразования сигналов и очищения их от шумов.в программной среде LabVIEW.*

Ключевые слова: *детализирующие коэффициенты, зашумленный сигнал, пороговая функция, вейвлет преобразование, LabVIEW.*

Основу методики удаления шумов из сигнала с использованием вейвлет преобразования [1] составляет использование пороговых функций различной формы, на основе которых происходит ограничение уровня детализирующих коэффициентов [2]. Задав определенный порог для их уровня и «отсекая» коэффициенты ниже этого порога, можно значительно снизить уровень шума. На рисунке представлен пример пороговых функций, рассматриваемых в данной работе и используемых в современных алгоритмах фильтрации, основанных на кратномасштабных схемах преобразования.



а) б)

Пороговые функции обработки коэффициентов преобразования:
а) жесткая пороговая функция; б) мягкая пороговая функция

На рис. а представлена жесткая пороговая функция (жесткая пороговая оценка), описываемая следующим выражением:

$$y(x) = \begin{cases} x, если |x| \geq T, \\ 0, если |x| < T. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь в качестве величины T выступает некоторое *пороговое значение*, в качестве x и y выступают входное и выходное значения коэффициентов преобразования.

На рис. б представлена мягкая пороговая функция (мягкая пороговая оценка), описываемая следующим выражением:

$$y(x) = \begin{cases} sign(x)(|x| - T), если |x| \geq T, \\ 0, если |x| < T. \end{cases} \quad (2)$$

Обозначения, представленные в выражении (2), те же, что и описанные выше, в качестве функции $sign(x)$, определяющей знак коэффициента x, выступает функция вида:

$$sign(x) = \begin{cases} 1, если .x > 0, \\ 0, если .x = 0, \\ -1, если .x < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Основное отличие мягкой пороговой функции от жесткой заключается в том, что первая из них (мягкая пороговая функция) не содержит разрыва в точке, определяемой пороговым значением T. Иначе, мягкая пороговая функция в отличие от жесткой является непрерывной, что в случае мягкой пороговой обработки позволяет лучшим образом обрабатывать зашумленный сигнал в окрестности точки его разрыва.

Понижение значения коэффициентов разложения на величину порогового значения, в случае мягкой пороговой обработки, для большого количества сигналов оказывает неблагоприятное воздействие на итоговую оценку качества восстановленного сигнала. Лучшей, с точки зрения численной оценки качества восстановленного сигнала, является жесткая пороговая оценка.

Для того чтобы в случае мягкой пороговой обработки численная оценка качества восстановленного сигнала приближалась к жесткой пороговой оценке, необходимо выбирать значение порога *T,* равное половине значения порога жесткой обработки сигнала.

Основной затрудненностью использования пороговых методов обработки является выбор порогового значения. Традиционно выбор порога осуществлялся с использованием следующего выражения:

$$T = \sigma\sqrt{2}\ln(N). \quad (4)$$

Формула (4) записана для случая одномерного сигнала. В формуле использованы следующие обозначения:

N – общее количество отсчетов обрабатываемого сигнала;

σ – среднеквадратическое отклонение шума, оцениваемое с использованием следующего выражения:

$$\sigma = \frac{M_x}{0{,}6745}, \quad (5)$$

где M_X – медиана абсолютного значения множества коэффициентов $\{X\}$, которые являются детализирующими коэффициентами, лежащими на самом низком уровне разложения.

Выражение (5) подходит для оценки среднеквадратического отклонения белого гауссовского шума с нулевым математическим ожиданием, который является аддитивно подмешанным в некоторый полезный сигнал.

Эксперименты по данной методике проводились в среде графического программирования LabVIEW, где авторами была разработана программа «WaveTRANS» [3], которая задает порог и срезает детализирующие коэффициенты. Программа предназначена для вейвлет преобразования сигналов, что позволяет очищать сигналы от шумов и может применяться для диагностики трубопроводов, сосудов и других объектов.

Литература

1. Izmajlova Evgeniya, Vankov Yurij. Features of the use of wavelets in combat noise with acoustic diagnostics of pipelines // European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches, proceedings of the 12th International scientific

conference. ORT Publishing. Stuttgart,, Germany. 2014. P. 103-108. ISBN 978-3-944375-44-1.

2. Измайлова, Е. В. Вейвлет преобразование и его применение для выделения сигналов / Е. В. Измайлова, Ю. В. Ваньков // XX Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» СТТ-2014. – Томск: ТПУ, 2014. – Т. 2. – С. 179-180.

3. Измайлова, Е. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016616313: WaveTRANS / Измайлова Е. В., Ваньков Ю. В., Назарычев С. А., Малахов А. О., Базукова Э. Р. – Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 09 июня 2016.

УДК 697.343

Исламова С. И., Базукова Э. Р.
Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Аннотация. *В работе описываются методы к определению тепловых потерь теплопроводов и их оценка. Произведен обзор прибора, в основе которого лежит метод дополнительной стенки.*

Ключевые слова: *тепловые потери, изоляция трубопроводов, тепловой поток, датчик.*

По данным сайта министерства энергетики РФ [1], объем теплопотребления в по РФ за 2015 год составлял 499600 тыс. Гкал. По оценкам специалистов [2], тепловые потери через изоляцию составляют порядка 18%, что превышает нормативные потери в два раза.

Аномальные тепловые потери наблюдаются в результате ухудшения свойств тепловой изоляции под воздействием эксплуатационных факторов. [3].

В настоящее время отсутствует методика расчета тепловых потерь, учитывающая неоднородность теплоизоляции по длине трубопровода и факторы, приводящие к снижению теплозащитных свойств покрытия: старение, изменение толщины, провисание, частичное отсутствие и увлажнение изоляции [4].

Целью работы является анализ подходов к определению тепловых потерь теплопроводов и оценка потерь тепла при транспортировке теплоносителя с учетом технического состояния изоляции на участках трубопроводов.

В нормативных документах [5], [6] предлагается два варианта расчетной оценки потерь тепловой энергии:

– по удельным нормативным потерям, сведенным в таблицы и зависящим от способа и года прокладки;

– по величинам термических сопротивлений, зависящим от способа прокладки, типа теплоизоляционной конструкции и ее фактического состояния.

Наиболее широко используемым является программный комплекс ZuluThermo, в котором с целью приближения расчетных значений тепловых потерь к фактическим имеется возможность ввода поправочных коэффициентов на нештатные условия работы.

Тепловые потери в магистральных трубопроводах водяных систем теплоснабжения определяются путем проведения специальных испытаний, проводимых в соответствии с методикой [7]. Измерить тепловые потери можно только в отопительный период и только для протяженного участка трубопроводов (более 3 км) [8].

Расчетные тепловые потери, определенные по нормативным документам, не учитывают потери, связанные с естественным «старением» теплогидроизоляции.

Проверку состояния изоляции трубопроводов в условиях эксплуатации предлагается осуществлять с помощью разработанного нами устройства. В основе его работы лежит метод дополнительной стенки. Он состоит в том, что к поверхности стенки, тепловые потери которой необходимо определить, плотно прижимается дополнительная стенка с известным термическим сопротивлением $\frac{\lambda_0}{\delta_0}$ (рисунок).

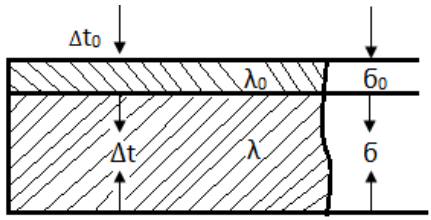


Иллюстрация метода «дополнительной» стенки

Измеряя перепад температуры Δt_0 в дополнительной стенке, можно найти тепловой поток, проходящий через нее, из уравнения

$$q = \frac{\lambda_0}{\delta_0} \Delta t_0, \text{ вт/м}^2.$$

Если термическое сопротивление дополнительной стенки по сравнению с термическим сопротивлением основной изоляции невелико, то при установившемся тепловом состоянии такой же тепловой поток пройдет и через основную стенку. Этот поток и составляет тепловые потери трубопровода.

Преобразователь устройства представляет собой пояс длиной, равной периметру обследуемого трубопровода. В местах пояса, соответствующих 3, 6, 9 и 12 часам, заложены датчики теплового потока.

Чувствительным элементом термопарного датчика является гипербатарея медь-константановых пар, выполненных по гальванической технологии. На квадратном сантиметре датчика умещается до 1500 термопар. Их суммарный сигнал пропорционален разности температур на толщине датчика и, следовательно, тепловому потоку через него. Плотность теплового потока через датчик определяется умножением сигнала на тарировочный коэффициент, имеющий значение от 5 до 40 Вт/м^2 мВ. Толщина датчиков теплового потока – 2 мм.

Для измерения однородных тепловых потоков применяются круглые датчики теплового потока диаметром 23-27 мм. Для неоднородных тепловых потоков используют либо одновременно несколько датчиков 27 мм, либо датчики большего размера. В некоторых случаях, возможно применение прямоугольных датчиков.

В данной работе все вычисления проводились в программной среде LabView.

Литература

1. http://minenergo.gov.ru/activity/statistic.
2. Михайлов, С. А. Теплоснабжение Российской Федерации в цифрах // Новости теплоснабжения. – 2002. – №8.
3. Оценка фактических потерь тепла при транспортировке теплоносителя с учетом технического состояния и реальных условий эксплуатации тепловых сетей / Г. В. Кузнецов, И. П. Озерова, В. Ю. Половников и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 310. – № 4. – С. 56-60.
4. Базукова, Э. Р. Тепловые потери паропроводов при ухудшении свойств изоляции в процессе эксплуатации / Э. Р. Базукова, Ю. В. Ваньков // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3.

5. СНиП 431.03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 25 с.

6. Методические указания по составлению энергетической характеристики систем транспорта тепловой энергии по показателю «тепловые потери». Ч. 3: РД 153-34.20.523-2003. – М: СПО ОРГРЭС, 2003. – 28 с.

7. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. РД 34.09.255-97. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

8. Слепченок, В. С. Влияние различных эксплуатационных факторов на тепловые потери в бесканальных подземных трубопроводах тепловой сети / В. С. Слепченок, А. Н. Рондель, Н. Н. Шаповалов // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 6.

УДК 621.991

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

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. *Россия обладает некоторыми запасами геотермальных ресурсов и имеет многолетний опыт эксплуатации геотермальных систем теплоснабжения. В настоящее время созданные ранее схемы требуют усовершенствования с применением передовых технологий.*

Ключевые слова: *геотермальная энергия, возобновляемые источники энергии, тепловой поток, теплообменник, теплоснабжение, горячее водоснабжение, тепло, пар.*

Рассматривается задача решения проблем геотермальной энергетики путем усовершенствования технологий.

В последнее время и для России актуальным стал вопрос о совершенствовании и использовании местных нетрадиционных источников энергии. Наша страна располагает огромными запасами всех типов глубинного тепла Земли.

Сравнивая с традиционными источниками энергии, можно выделить следующие достоинства геотермальных ресурсов, такие как неисчерпаемость, повсеместность распространения, близость к потребителю, принадлежность к местным ресурсам, локальность обеспечения потре-

бителя теплотой и электроэнергией, полная автоматизация, экономическая конкурентоспособность и т. д.

Однако специфика геотермальных ресурсов включает и ряд недостатков: низкий температурный потенциал теплоносителя, трудности складирования, нетранспортабельность, рассредоточенность источников, ограниченность промышленного опыта.

Развитие геотермальной энергетики тормозит целый ряд проблем как экологических, так и технических. В числе самых серьезных препятствий – необходимость сложного процесса обратной закачки в водоносные горизонты отработанного теплоносителя, содержащего токсичные вещества – мышьяк, свинец, кадмий, цинк, бор. Это исключает возможность сброса такой воды в поверхностные слои, т. к. эти тяжелые металлы могут попасть в грунтовые воды. Кроме того, остро стоит проблема выброса сероводорода в атмосферу.

У геотермальных станций, помимо всего прочего, в отличие от ТЭС и даже ГЭС, существует строгая привязка места строительства к определённым участкам в зависимости от геологии. Зачастую такие места находятся в труднодоступных районах, гористой местности. Не следует сбрасывать со счетов и высокую минерализацию подземных вод, что со временем приводит к закупорке скважин.

Отметим еще, что из общего объема капиталовложений стоимость бурения скважин составляет 70%. Стоимость бурения зависит от глубины, а также увеличения температуры геотермальных вод. Определение оптимальной устьевой температуры и глубины скважины – оптимизационная задача, и решаться она должна отдельно для каждого региона и месторождения.

Отмеченные выше недостатки геотермальной энергии приводят к тому, что для практического использования теплоты геотермальных вод необходимы значительные капитальные затраты на бурение скважин, обратную закачку отработанной геотермальной воды, а также на создание коррозийно-стойкого теплотехнического оборудования.

Однако в связи с внедрением новых, менее затратных технологий бурения скважин, применением эффективных способов очистки воды от токсичных соединений и металлов капитальные затраты на отбор тепла от геотермальных вод непрерывно снижаются.

Литература

1. Перспективы и проблемы геотермальной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://altenergiya.ru.

2. Геотермальная энергетика России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gisee.ru/articles/alternate/.

3. Термальные источники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.petropavlovsk-hotel.ru/ru/turagentstvo/letnie-tury/termalnye-istochniki/.

4. Богуславский, Э. И., Певзнер Л.А., Хахаев Б.Н. Перспективыразвития геотермальной технологии / Э. И. Богуславский, Л. А. Певзнер, Б. Н. Хахаев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2000. – № 5. – С. 142-148.

УДК 621

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *В современных условиях жизнедеятельности важную роль играет оценка надежности систем теплоснабжения, показатели ее эффективности и качества. При этом состояние системы важно учитывать как на этапах проектирования, так и во время ее эксплуатации. Основной задачей является разработка методов, определяющих устойчивую работу систем теплоснабжения и ее бесперебойное функционирование в различных условиях.*

Ключевые слова: *тепловые сети, надежность, повышение надежности, потери тепла, энергосберегающие мероприятия.*

Для повышения надежности систем теплоснабжения необходимо обеспечить эффективное функционирование тепловых сетей, снизить возможные утечки, оценить работоспособность системы. Следует выяснить, как установить качественную эксплуатацию теплоснабжения [1].

В целях обеспечения бесперебойной работы систем теплоснабжения, своевременной локализации аварий и недопущения длительного расстройства гидравлического и теплового режимов теплоснабжающим организациям следует разрабатывать документ (положение), устанавливающий порядок ликвидации аварий и взаимодействия тепло-, топливо-, водоснабжающих организаций, абонентов (потребителей), ремонтных, строительных, транспортных предприятий, а также служб жилищно-коммунального хозяйства и других органов в устранении аварий [2,3].

Под надежностью системы теплоснабжения понимают ее способность транспортировать и распределять потребителям теплоноситель в

необходимых количествах. Понятие надежности отражает два главных подхода к оценке работы устройства или системы. Первый – это вероятностная оценка работоспособности системы. Необходимость в вероятностной оценке связана с тем, что продолжительность работы элементов системы обусловливается рядом случайных факторов, предвидеть воздействие которых на работу элемента оказывается невозможным [4, 5]. Системы теплоснабжения относятся к техническим системам, обслуживающим человека, причем характер обслуживания таков, что отказы системы приводят к недопустимым изменениям параметров окружающей человека среды. При нарушении теплоснабжения жилых и общественных зданий ухудшаются условия труда и отдыха населения, что вызывает неблагоприятные последствия социального характера.

Таким образом, для повышения надежности теплоснабжения и избавления от утечек в процессе работы системы необходимо предусмотреть все условия отопительного сезона и определить эффективный способ сокращения тепловых потерь.

Литература

1. Ионин, А. А. Надежность систем тепловых сетей / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.

2. Сеннова, Е. В. О нормативах надежности в теплофикационных системах / Е. В. Сеннова // Изв. вузов. Энергетика. – 1990. – №4. – С. 110-116.

3. Юфа, А. И. Комплексная автоматизация теплоснабжения / А. И. Юфа, Д. Р. Носулько. – М.: Техника, 1988.

4. Плавич, А. Ю. Оценка и обеспечение надежности водяных тепловых сетей: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.03; [Место защиты: Нижегород. гос. арх.-строит. университет]. – М., 2003. – 20 с.

УДК 644.12

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

УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ СТРОЕНИЙ

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению вопроса о применении солнечной энергии в системе отопления зданий.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, тенденции развития, солнечные коллекторы.*

На поверхность Земли за год поступает солнечная энергия, эквивалентная энергии, заключенной в 1,2·104 т. у. т., что значительно превышает запасы органического топлива ($6 \cdot 10^{12}$ т. у. т.). Ежедневно на Землю поступает около $4.2 \cdot 10^{14}$кВтч, а всем населением Земли за 2015 г было израсходовано $104 \cdot 10^{12}$ кВтч. Таким образом, поступающая к нам солнечная энергия многократно превосходит наши энергетические потребности. Использование солнечной энергии связано с определенными трудностями, что ограничивает широкомасштабную реализацию технологий. К ним относятся малая плотность солнечного потока, непостоянство и прерывистость поступления солнечной энергии во времени; зависимость этого потока от географического расположения приемника излучения.

Например, в Татарстане самым солнечным районом является Мензелинский (порядка 2066 св. ч.), а наименее солнечным является Бугульминский (1763 св. ч.). Суммарная солнечная радиация за год составляет примерно 3900 Мдж/кв. м.

Солнечные коллекторы являются составной частью термической солнечной установки, применяемой для нагрева хозяйственно-питьевой воды и теплоносителя в системе отопления. Основным отличием от солнечных батарей, производящих электричество, является нагрев материала-теплоносителя. На сегодняшний день в системе отопления два вида солнечных коллекторов: плоский и вакуумный.

В качестве жидкости-теплоносителя в солнечных тепловых установках используется морозоустойчивая смесь воды и пропиленгликоля, которая протекает по коллектору и отдает полученное солнечное тепло по теплообменнику хозяйственно-питьевой воде. Жидкость, используемая в солнечных тепловых установках, должна быть морозоустойчивой зимой, чтобы не нанести вред обледенением коллектору или трубопроводу, и не должна испаряться при высокой температуре. Следует обратить внимание, что эта жидкость биологически расщепляема, она не должна быть токсичной, едкой или раздражающей. В большинстве случаев применяется смесь из 60% воды и 40% пропиленгликоля. Она является морозоустойчивой до температуры -23^0С, и ее температура кипения составляет 150^0С. С помощью солнечного коллектора можно нагревать воду или отапливать здание.

Для европейской части России актуальность использования солнечных коллекторов в холодное время года не менее важна, поэтому необходимо учитывать некоторые особенности их зимней эксплуатации.

Литература

1. Аристов, Г. А. Солнце / Г. А. Аристов. – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. – 56 с.
2. Сабади, П. Р. Солнечный дом; пер. с англ. Н. Б. Гладковой / П. Р. Сабади. – М.: Стройиздат, 1981. – 113 с.
3. Gevorkian, P. Альтернативные источники энергии в проектировании зданий / P. Gevorkian // The McGraw-Hill Companies. – 2016. – № 4. – С. 25-89.
4. Танака, С. Жилые дома с автономным солнечным теплоохлаждением / С. Танака, Р. Суда. – М.: Стройиздат, 1989. – 183 с.

УДК 51-74

Камаев Р. И., Едутова Т. В.
Научный руководитель: Логинов В. Н., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. *В статье представлена классификация математических моделей газотурбинных установок по уровням сложности.*

Ключевые слова: *математическая модель, оценка технического состояния, газотурбинная установка.*

Решение задач оценки технического состояния сложных объектов, какими являются газотурбинные установки, может быть получено при условии анализа всех состояний, в которых могут находиться объекты в период жизненного цикла [1, 2]. Такой анализ может быть осуществлен теоретически или экспериментально в процессе испытаний и эксплуатации. Однако в большинстве случаев получение экспериментальных данных затруднено. Оно требует значительных материальных и временных затрат или вообще невозможно. Поэтому возникает необходимость теоретического анализа множества возможных состояний сложного объекта.

Для решения этой задачи необходимо построить адекватную математическую модель. Такие модели основаны на классификации элементов и признаков, характеризующих работоспособное и неработоспособное состояние объекта. В зависимости от степени детализации, требуе-

мой точности и наличия необходимых данных они могут иметь разные уровни сложности [3].

Нулевой уровень. Постоянные значения параметров. В узлах типа компрессор или турбина задаются постоянные значения к.п.д., а иногда и пропускной способности, которые используются в алгоритме соответствующего модуля. В остальных узлах задаются постоянные значения коэффициентов потерь и некоторых других коэффициентов, например, степени регенерации в теплообменнике.

Первый уровень. Заданные характеристики узлов, т. е. все алгоритмы узлов разрабатываются с использованием характеристик, полученных для данного узла в целом. Характеристики могут иметь обычный или специальный вид.

Второй уровень. Обобщенные характеристики узла, учитывающие влияние геометрии, или заданная совокупность характеристик. Применяются в основном для узлов типа компрессор и турбина, в которых задаются характеристики отдельных ступеней или групп ступеней. Такие математические модели часто применяются для расчета газотурбинных двигателей с переменным количеством ступеней в компрессоре или реже в турбине.

Третий уровень. Одномерный расчет, т. е. в отличие от предыдущих уровней сложности задаются не характеристики, а геометрические размеры проточной части, но все расчеты выполняются для осредненного потока обычно на среднегеометрическом или среднеарифметическом радиусе. Могут учитываться поправки на пространственность течения, но параметры на других радиусах не рассчитываются.

Четвертый уровень. Двумерный расчет, т. е. выполняется осесимметричный расчет на нескольких радиусах по высоте проточной части.

Пятый уровень. Трехмерный расчет, т. е. выполняется полный расчет пространственного неосесимметричного потока с расчетом обтекания профилей лопаток, но без расчета пограничного слоя. Местные коэффициенты потерь рассчитываются в зависимости от значений скорости газа или от других параметров.

Шестой уровень. Расчет пространственного потока с расчетом пограничного слоя ламинарного или турбулентного.

В принципе можно для всех узлов выбрать одинаковые уровни сложности. В практических расчетах это нецелесообразно, но появляется возможность сопоставить предлагаемую классификацию с ранее применявшимися.

При обработке получаемой информации совокупность контролируемых параметров связывают с состоянием объекта $W(t)$ в момент

времени *t*. При этом множество возможных состояний объекта делят на два подмножества. Подмножество *W′* представляет собой совокупность работоспособных состояний, которые должны характеризоваться степенью или запасом работоспособности, определяющим близость объекта к предельно допустимому состоянию. Подмножество *W″* включает все состояния, соответствующие появлению отказов в работе двигателя.

Для постановки диагноза все возможные состояния разбиваются на некоторое число классов W_i , i=1,2, ... ,*r*, подлежащих распознаванию. Однако, если число классов в подмножестве *W″* определяется числом возможных отказов, то практически осуществить классификацию по степени работоспособности в подмножестве *W′* не представляется возможным в силу непрерывности изменения этих состояний в пространстве диагностических признаков и времени. Кроме того, такая классификация затруднена многопараметричностью объекта, каким является газотурбинная установка.

В последние годы созданы математические модели, в которых имеются модули разного уровня сложности для описания одних и тех же узлов [4]. Выбор их производится в зависимости от требуемой точности расчета и наличия входных данных. Открывается возможность организации расчетов с программным переключением уровней сложности.

Литература

1. Сиротин, Н. Н. Состояние сложного технического объекта – газотурбинного двигателя, качество функционирования и уровень работоспособности / Н. Н. Сиротин // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 208. – С. 27-31.

2. Круглов, В. И. Оценка технического состояния газотурбинной установки по результатам построения сводной дроссельной характеристики / В. И. Круглов, Л. В. Круглов, В. Н. Логинов // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – Ч. 2. – С. 207-210.

3. Титов, А. В. Классификация математических моделей ГТД по уровням сложности / А. В. Титов, Б. М. Осипов // Инновационная наука. – 2016. – № 11-2. – С. 70-72.

4. Ахмедзянов, Д. А. и др. Разработка методов и средств имитационного моделирования газотурбинных двигателей (и энергетических установок на их основе) и их систем управления с возможностью многокритериальной параметрической оптимизации на этапе функционального проектирования // Молодежный Вестник УГАТУ. – 2013. – № 1 (6). – С. 31-41.

УДК 621.311.243:658.264

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

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы теплоснабжения путем применения солнечных коллекторов. Рассмотрены вопросы разработки, установки в условиях города Казань. В работе планируется рассмотреть достоинства коллекторов для жилых зданий. Данный вид использования альтернативного источника позволит ограничить затраты на тепловую энергию и ГВС.*

Ключевые слова: *солнечные коллекторы, эффективность, альтернативная энергетика.*

В настоящее время Системы солнечного теплоснабжения (ССТ) становятся все более популярными во многих странах мира. Мировой опыт применения солнечных коллекторов показывает, что солнечные системы теплоснабжения могут быть эффективными и надежными для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, подогрева воды в бассейнах и даже солнечного кондиционирования и опреснения воды.

Системами солнечного теплоснабжения называются системы, использующие в качестве источника тепловой энергии солнечную радиацию. Их характерным отличием от других систем низкотемпературного отопления является применение специального элемента – гелиоприемника, предназначенного для улавливания солнечной радиации и преобразования ее в тепловую энергию.

Резкий рост стоимости органических энергоресурсов в последнее время дал развитию солнечной теплоэнергетики дополнительный импульс.

Как же обстоят дела с созданием систем солнечного теплоснабжения в настоящее время? В значительной мере успехи этой отрасли в Европе объясняются мощной законодательной и финансовой поддержкой во всех странах европейского сообщества. В нашей стране

как та, так и другая поддержки полностью отсутствуют, и поэтому достижения в этой области минимальны, хотя небольшое количество систем все же создано и успешно работает.

Солнечная энергетика еще в самом начале пути. Ее вклад в общее мировое энергопотребление не превышает 0,1%, а среди возобновляемых источников ей принадлежит около 1%. Но технический прогресс, достигнутый в этой области за последнее десятилетие так велик, что специалисты дают весьма оптимистические прогнозы: уже к середине XXI века солнечная энергетика наряду с другими возобновляемыми источниками (геотермальные и приливные станции, ветровые турбины и др.) может занять ведущее положение в мире.

Таким образом, можно рассмотреть конкретные схемы солнечных систем, пригодные для климатических условий нашей страны для их создания и развития, и комплексы наиболее перспективных в наших условиях.

Литература

1. Драффи, Дж. А Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Драффи, У. А. Декман. – М.: Мир, – 420 с.
2. Солнечная энергетика / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова и др. – М.: МЭИ, 2008. – 317 с.

УДК 620.9

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

СПОСОБЫ И ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ЛУНЕ

Аннотация. *Были изучены способы и особенности построения теплоэнергетических комплексов на Луне и требования, предъявляемые к ним.*

Ключевые слова: *жилой модуль, Луна, условия для проживания, освоение Луны, теплоснабжение жилых модулей.*

Человечество в своем развитии не стоит на месте, поэтому его привлекают не только освоение Земных территорий, но и территорий Космоса. В силу своей близости к Земле и достаточно хорошей изученности ландшафта, Луна рассматривается как кандидат для места человеческой колонии.

Для того чтобы исследовать спутник, необходимо создать комфортные условия для существования персонала, а именно построить жилой модуль. Варианты построения:

1) на поверхности Луны;

Преимуществом данного варианта является простота сооружения конструкции, недостатком же оказывается огромный перепад температуры в дневное и ночное время (от -160 до +120°С);

2) на глубине 1 м;

Недостатком является проблема установки конструкции внутри Лунных пород, преимущество – постоянная температура (-35°С), что позволяет применять Земные теплоизоляционные технологии.

В соответствии с санитарными нормами необходимо соблюдать ряд требований к жилому модулю:

– уровень жилищной обеспеченности (количество квадратных метров общей площади жилища, приходящегося на одного человека. В социальном жилище он принят равным 18 кв.м/чел [1]).

– температура внутреннего воздуха (в холодный период года в жилых комнатах оптимальная температура составляет 20-22°С, а оптимальная влажность 30-45% [2]), и т. д.

Будущая лунная индустрия обеспечит не только нормальную жизнь лунным поселениям, но и послужит основой для бурного развития науки в Лунном мире.

Литература

1. СНиП 31-02-2001 «Строительные нормы и правила Российской Федерации Дома жилые одноквартирные».

2. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; СНиП 2.04.05-91* является переизданием СНиП 2.04.05-91 с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя России от 21 января 1994 г. № 18-3, и изменением № 2, утвержденным постановлением Госстроя России от 15 мая 1997 г. № 18-11.

УДК 658.264

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

ПРИМЕНЕНИЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ REVIT

Аннотация. *Представлен алгоритм создания трехмерной модели административного здания для дальнейшего анализа и выбора метода оптимизации теплоснабжения.*

Ключевые слова: *энергосбережение, 3D модель теплоснабжения, административное здание, малозатратность, моделирование.*

Информационные технологии уже давно уверенно вошли в наше архитектурно-строительное проектирование, и этот случай не является исключением. Несмотря на значительное отставание информатизации этого направления в нашей стране по сравнению с Западом, рынок программных средств САПР фактически сформировался и продолжает непрерывно развиваться. Автоматизация проектирования требуется на всех стадиях проекта: от обоснования до сдачи объекта в эксплуатацию. Кроме того, электронная документация может потребоваться при ремонте или реконструкции объекта. [1].

Кратко ознакомимся с САПР, который поможет решить проблему оптимизации теплоснабжения административного здания.

По популярности на первом месте стоит продукция ТМ Autodesk – Building Design Suite, Factory Design Suite, Revit и Autodesk Revit MEP, которые в том числе можно использовать для расчета систем отопления.

Главной целью работы было проведение работ по модернизации 3-этажного офисного здания с целью устранения имевших место проблем теплоснабжения верхнего этажа. Было решено построить тепловую модель здания с помощью программы Autodesk Revit MEP 2014.

В результате анализа модели, объема потребления и тепловых потерь через ограждающие конструкции была выявлена нехватка температуры теплоносителя на верхнем, третьем, этаже здания.

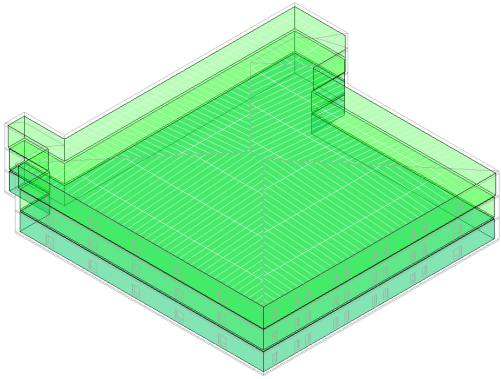
Одной из причин нехватки теплоносителя или низкой температуры теплоносителя является строительство дополнительных корпусов, мансард или других пристроек к зданию и подключением их к существую-

щей системе теплоснабжения или какое-либо другое увеличение отапливаемой площади относительно проектных значений.

Ремонт или изменение существующей системы являются наиболее труднореализуемыми и экономически нецелесообразными, так как требуют внесение капиталоемких изменений в работающую систему, для чего необходимо отключать всё здание или его часть от системы отопления на продолжительный период.

Одним из решений является применение дополнительной системы отопления в виде фанкойлов в связке с тепловым насосом (ТН). Это не требует больших денежных и трудовых ресурсов, что позволяет выполнить установку в короткий промежуток времени, не изменяя режима работы имеющейся системы теплоснабжения.

Таким образом, разработка тепловой модели модернизированного здания в программе Autodesk Revit MEP 2014 позволила значительно упростить процесс расчета теплоснабжения верхнего этажа здания, сократить время проектирования и выбрать оптимальный вариант модернизации как всего здания, так и системы отопления верхнего этажа. Для более удобной интерпретации результаты расчетов выводятся в наглядном графическом формате (рисунок).



Модель модернизируемого офисного здания

Выполнение расчета энергопотребления для здания можно выполнять на всех этапах: от самой ранней стадии эскизного проектирования до детального проектирования, чтобы в ходе работы над зданием постоянно поддерживалась наиболее энергетически эффективная схема.

Важной особенностью является возможность экспорта в формат gbXML на основе помещений или пространств и использования его в расчете отопительных и холодильных нагрузок в Dynamo.

Dynamo – это инструмент визуального программирования для ускорения процесса проектирования и повышения качества результата, может работать и без Revit, а также с API любых других программных продуктов.

Литература

1. Цветков, А. Обзор средств САПР в архитектуре и строительстве [Электронный ресурс] / А. Цветков // Информационный ресурс. – Режим доступа: http://www.cad.ru/ru/software/publications_pp.php?ID=326&NID=709. Дата обращения 26.01.17.

2. Программа Revit [Электронный ресурс] // Информационный ресурс. – Режим доступа: http://autocad-profi.ru/minisait_revit.php. Дата обращения 25.01.17.

3. Autodesk Relit 2014 [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Режим доступа: http://www.csoft.ru/catalog/soft/autodesk-revit/autodesk-revit-2014.html. Дата обращения 07.12.16.

4. Расчет энергопотребления с использованием элементов здания. [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. – Режим доступа: http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/RUS/?guid=GUID-C027F662-B9D2-46B8-BEBD-57BF1540866A.

УДК 621.311

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

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. *Основной производственной задачей при эксплуатации тепловых сетей является обеспечение надежного, бесперебойного, энергоэффективного теплоснабжения потребителей с заданными технологическими параметрами. Однако в последнее время часто наблюдается снижение надежности тепловых сетей, что влечет за собой потери, как в материальном, так и финансовом плане.*

Ключевые слова: *тепловые сети, надежность, бесперебойность, вероятность безотказной работы.*

При эксплуатации тепловых сетей основной и главной задачей является бесперебойная работа системы теплоснабжения.

Знание реального состояния элементов тепловых сетей представляет собой основу обеспечения их надежности, что гарантирует эффективное расходование ресурсов на обеспечение работоспособности. Как правило, ремонт и перекладка тепловых сетей проводятся по сроку эксплуатации и степени изнашивания трубопроводов. Вместе с тем состояние элементов тепловых сетей зависит от определенных условий эксплуатации, которые влияют на процесс их разрушения, а следовательно, свидетельствует о неэффективности описанного подхода к ремонту и реконструкции тепловых сетей.

Для того чтобы достичь надежной работы, нужно выполнять ряд условий, которые необходимо предусматривать еще на стадии проектирования тепловых сетей. Такими условиями являются: наличие нескольких линий трубопроводов для работы в аварийном режиме; установка необходимой запорной арматуры; гидравлический расчет по проверке надежности сети.

На этапе строительства также необходимо использовать высококачественные материалы и оборудование, обеспечить требуемое качество работ и тщательный контроль во время приемки и сдачи сетей в эксплуатацию.

Способность источников теплоты, тепловых сетей и в целом системы централизованного теплоснабжения предоставлять в течение определенного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) устанавливается по трем критериям: вероятности безотказной работы [Р], коэффициенту готовности [$К_т$], живучести [Ж].

Для обеспечения бесперебойности тепловых сетей необходимо определить:

- предельно допустимую длину нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- достаточность диаметров выбранных при проектировании новых или обновлении существующих теплопроводов для обеспечения запасной подачи теплоты потребителям при отказах;
- необходимость замещения на определенных участках конструкций тепловых сетей и теплопроводов на более надежные, а также небезосновательность перехода на надземную или тоннельную прокладку;

- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс.

Задача данной работы – рассчитать один из критериев, определяющий качество теплоснабжения. Данным критерием является вероятность безотказной работы. Для расчета выбран один из участков теплоснабжения в г. Казань.

Цель работы: выявить качество и надежность работы сети теплоснабжения, выяснить зависимость снижения коэффициента надежности тепловых сетей, определить самые изношенные участки тепловой сети, а также просчитать тепловые потери в данных участках и сопоставить вероятность бесперебойной работы и потери тепла на каждом участке.

Литература

1. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения. Приказ №154 Минэнерго России и Минрегион России.
2. Теплоснабжение: учебник для высш. учеб. завед. / А. А. Ионин, Б. М. Хлыюбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
3. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.

УДК 621.181.12

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ

Аннотация. *В данной работе приведено краткое описание развития конструкций паровых и водогрейных котлов. Рассмотрена проблема применения импортных диффузионных горелок на отечественных водотрубных котлах. Указаны варианты ее решения.*

Ключевые слова: *водогрейный котел, горелка, котлы, барабаны.*

Развитие конструкций паровых и водогрейных котлов идет по трем основным направлениям в зависимости от типа омывания газами поверхности нагрева – водотрубные, газотрубные и комбинированные. В

водотрубных котлах теплоноситель движется внутри разделительной поверхности, которую омывают дымовые газы. В газотрубных котлах процесс теплообмена происходит наоборот, то есть дымовые газы движутся внутри разделительной поверхности, а теплоноситель ее омывает. В случае комбинированного теплообмена часть элементов котла работает по водотрубному, а часть – по газотрубному принципу.

Первоначально газотрубные котлы состояли из горизонтального цилиндра и нескольких труб большого диаметра (жаротрубные котлы) или цилиндра и пучка труб малого диаметра.

Котлы с дымогарными трубками позволяли получать в единице объема основного барабана большую поверхность нагрева, по сравнению с жаровыми трубами. Благодаря такому техническому решению увеличивалась паропроизводительность при сохранении габаритных размеров.

Наибольшая теплопередающая поверхность была достигнута комбинированными газотрубными котлами, в которых топкой являлась жаровая труба, а конвективной поверхностью – дымогарные трубки. Однако вышеперечисленные конструкции имели и существенные недостатки, основными из которых являются;

– высокая металлоемкость и большие габариты;

– низкая надежность жаровых труб;

– ограничивающая паропроизводительность до 2-4 т/ч;

– сложность получения высоких параметров пара;

– высокая склонность к забиванию дымогарных труб золой, что приводит к усложнению эксплуатации и снижению КПД.

Конструкция водотрубного котла значительно сложнее газотрубного, но она обладает рядом значительных преимуществ: практически полная взрывобезопасность, ускоренный разогрев, простота регулировки в соответствии с изменяющейся нагрузкой, умеренная требовательность к качеству поступающей воды, повышенная долговечность, транспортабельность. Из недостатков можно отметить большое количество агрегатов и узлов, составляющих котельную установку, в которых недопустимы протечки при высоких значениях температуры и давления. Кроме того, к агрегатам котла, работающим под давлением, затруднен доступ при их ремонте.

Водотрубный котел состоит из пучков труб, присоединенных концами к барабану (или барабанам) умеренного диаметра, при этом вся система монтируется над топочной камерой и заключается в наружный кожух. Направляющие перегородки заставляют топочные газы несколько раз проходить через трубные пучки, благодаря чему обеспечивается

более полная теплоотдача. Барабаны (разной конструкции) служат резервуарами для воды и пара.

Результатом вышеуказанной концепции явилось то, что на постсоветском пространстве действует огромное количество водотрубных котлов, например, ДЕ, ДКВР, КВ-ГМ и др., которые устарели и требуют модернизации. Как правило, они укомплектованы устаревшими горелками с ручным режимом регулирования и розжигом. Эксплуатация таких котельных установок экономически нецелесообразна, особенно при сохранении тенденции роста цен на топливо. Стандартное соотношение «газ-воздух» составляет примерно 1:10, оперативное изменение которого не предусмотрено конструкцией горелочного устройства. Недожог топлива возникает при недостаточном количестве воздуха, поступающего в топочную камеру, что приводит к выбросу несгоревшего газа в атмосферу, и соответственно, – к повышенному расходу топлива. При избытке воздуха в топочной камере происходит образование ядовитых, загрязняющих атмосферу соединений и наблюдается охлаждение топочного пространства. С точки зрения экономики и экологии, такой режим работы недопустим. Также значительно затруднена автоматизация таких котельных. Поэтому целесообразна замена устаревших отечественных горелок на полностью автоматизированные зарубежные, которая позволит добиться таких преимуществ:

– уменьшение выбросов CO_2 в атмосферу за счет гибкого регулирования норм подачи воздуха;

– снижение энергозатрат путем применения плавного частотного регулирования;

– увеличение срока службы оборудования вследствие правильной организации сжигания топлива;

– расширение диапазона регулирования с целью обеспечения экономных режимов работы;

– увеличение КПД вследствие снижения потерь тепла с уходящими дымовыми газами и неполноты сгорания топлива;

– снижение расхода пара на собственные нужды (например, сажеобдувка).

Предлагаемая конструкция оборудуется двумя встречными рядами лопаток, расположенными внутри смесительного устройства. Такое усовершенствование увеличивает турбулизацию и закручивание потока и, как следствие, улучшает процесс горения; расширяет диапазон регулирования параметров факела, что решает проблему использования за-

рубежных горелок практически с любыми отечественными водотрубными котлами.

На основе вышеизложенного материала видно, что модернизация котельных установок путем замены устаревшего горелочного оборудования не только значительно дешевле их полной реконструкции, но и позволяет достичь высоких показателей эффективности и полной автоматизации процессов.

Литература

1. Каспаров, С. Г. Особенности современных жаротрубных котлов для отопительных систем. / С. Г. Каспаров // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2007. – № 12. – С. 35-53.

2. Зыков, А. К. Паровые и водогрейные котлы. Справочное пособие / А. К. Зыков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 379 с.

3. Липов, Ю. М. Котельные установки и парогенераторы / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. – Ульяновск, 2006. – 592 с.

УДК 622.112

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. *В данной работе обосновано применение наладки тепловых сетей для повышения эффективности их работы. Показано, что разработка и внедрение оптимальных тепловых и гидравлических режимов позволит достигнуть технического и экономического эффекта.*

Ключевые слова: *теплопотребление, наладка, тепловая сеть, дросселирующее устройство.*

Тепловая энергия является одним из ресурсов, который необходим для жизнеобеспечения персонала гражданских и промышленных зданий, в том числе и нефтегазовой отрасли. Основной объем тепловой энергии – до 90 % – вырабатывается собственными котельными.

Многолетний опыт проведения энергетических обследований показал актуальность проблемы экономии тепловой энергии. В соответствии с

требованиями государственных законодательных документов в настоящее время разработаны перспективные программы повышения энергетической эффективности предприятий. Одним из основных направлений таких программ является теплоснабжение. Анализ энергетических систем более 500 объектов топливно-энергетического комплекса России за период около 15 лет позволил установить основные направления для повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения.

Для обеспечения качества услуг по теплоснабжению абонентов необходимо соблюдать температурный график и расход теплоносителя на вводе в каждое здание. Как правило, при снабжении тепловой энергией городских и промышленных абонентов регулирование подачи тепловой энергии потребителям ведется качественным способом: расход каждому абоненту в течение всего отопительного периода поддерживается неизменным, а подача тепловой энергии в соответствии с погодными условиями обеспечивается изменением температуры теплоносителя.

В условиях дискретного (по диаметрам) ряда трубопроводов расход абонентам необходимо корректировать. Для этого используют дополнительные гидравлические местные сопротивления либо дроссельные шайбы постоянного диаметра, либо регулируемые дроссельные шайбы, либо балансировочные клапана.

Одним из основных исходных данных является состояние тепловой изоляции тепловых сетей. Состояние тепловой изоляции во многом определяется не только ее видом, но и толщиной. Если минеральная вата стареет достаточно интенсивно, то пенополиуретан и каменная вата имеют срок службы в несколько десятилетий.

Целью гидравлического расчета трубопроводов тепловой сети является определение гидравлического сопротивления каждого участка сети и суммы сопротивлений по участкам от выводов источника тепла до каждого теплопотребителя.

При разработке гидравлического режима учитываются следующие основные требования:

- давление сетевой воды в местных системах теплопотребления должно быть не более 6 кгс/см^2 – данная величина давления определяет надежность систем отопления зданий исходя из условия прочности отопительных приборов;
- давление сетевой воды в обратных трубопроводах должно быть на 5 м. вод. ст. выше высоты гидростатического столба жидкости местных систем, как в статическом, так и в динамическом режимах для обеспечения их заполнения;

• давление сетевой воды при динамическом режиме работы тепловой сети должно обеспечивать ее невскипание при максимальной температуре в любой точке подающего трубопровода, в оборудовании источника теплоты и в приборах систем теплопотребителей, непосредственно присоединенных к тепловым сетям; при этом давление в оборудовании источника теплоты и тепловой сети не должно превышать допустимых пределов их прочности.

• располагаемые напоры (разность напоров в подающем и обратном трубопроводах) на вводах в ИТП при безэлеваторном присоединении теплопотребляющих систем должны в 2-3 раза превышать гидравлическое сопротивление местных систем теплопотребления (для возможности установки дроссельных шайб).

Распределение между потребителями расчетного количества циркулирующей в системе теплоснабжения сетевой воды достигается с помощью установки постоянных сопротивлений – дроссельных диафрагм на вводах в ИТП систем теплопотребления, а также терморегуляторов у нагревательных приборов и вентиляционных установок.

Дроссельные диафрагмы для гашения избыточного располагаемого напора на ИТП системы теплопотребления могут быть установлены на подающем или обратном трубопроводе (или на обоих трубопроводах) в зависимости от конструкции системы теплопотребления.

Дроссельные диафрагмы устанавливаются на всех потребителях тепла только после тщательной промывки трубопроводов тепловой сети и внутренней системы теплопотребления.

Выполнение рекомендаций по наладке тепловых сетей позволит эксплуатационному персоналу добиться надежного и качественного теплоснабжения всех потребителей, а также получить экономию электроэнергии за счет уменьшения загрузки сетевых насосов.

Наладка режима работы тепловой сети обеспечит снижение температуры обратной сетевой воды до значений, определенных температурным графиком, что повысит КПД работающего котла за счет снижения потерь с уходящими газами.

Литература

1. Байков, И. Р. Перспективы энергосбережения при эксплуатации промысловых объектов добычи нефти и газа / И. Р. Байков, О. В. Смородова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2009. – № 6. – С. 10-12.

2. Сулейманов, А. М. Что влияет на окупаемость мини-ТЭЦ / А. М. Сулейманов // Трубопроводный транспорт – 2016: сборник материалов XI Международной учебно-научно-практической конференции. – М., 2016. – С. 381-382.

3. Смородова, О. В. Энергетическая эффективность систем транспорта тепловой энергии / О. В. Смородова, С. Н. Костарева // Трубопроводный транспорт –2011: сб. материалов VII Международной учебно-научно-практической конференции. – Уфа, 2011. – С. 234-236.
4. 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.

УДК 658.26 (470.41)

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

ИНТЕГРАЦИЯ МИНИ-ТЭЦ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ГОРОДА АЛЬМЕТЬЕВСК

Аннотация. *В статье приводится анализ повышения технико-экономических показателей котельных при внедрении когенерационной технологии.*

Ключевые слова: *энергетика, когенерация, повышение энергоэффективности.*

Основными потребителями тепловой энергии в Российской Федерации являются промышленность и жилищно-коммунальный сектор. Жилищно-коммунальный сектор занимает важное место в топливно-энергетическом балансе страны, потребляя около 30 % всей теплоты и около 13 % всего электричества [1].

В коммунальной энергетике юго-востока Татарстана применяется монотехнология производства теплоты, которая проигрывает комбинированным способам по своей экономичности. В городе Альметьевске выработка и отпуск тепловой энергии в основном реализованы на базе котельных малой и средней мощности. В связи с ростом цен на материальные и энергетические ресурсы вопрос повышения эффективности муниципальных котельных за счет перевода их в режим комбинированной выработки тепловой и электрической энергии можно считать актуальным.

Внедрение когенерации в жилищно-коммунальном секторе предполагает установку в котельных муниципальных образований тепловых двигателей с переориентацией действующих источников теплоты на производство не только тепловой, но и электрической энергии. Приме-

нение когенерационных установок позволяет реализовать проект комплексной реконструкции системы централизованного теплоснабжения на основе дополнительных доходов от продажи электроэнергии.

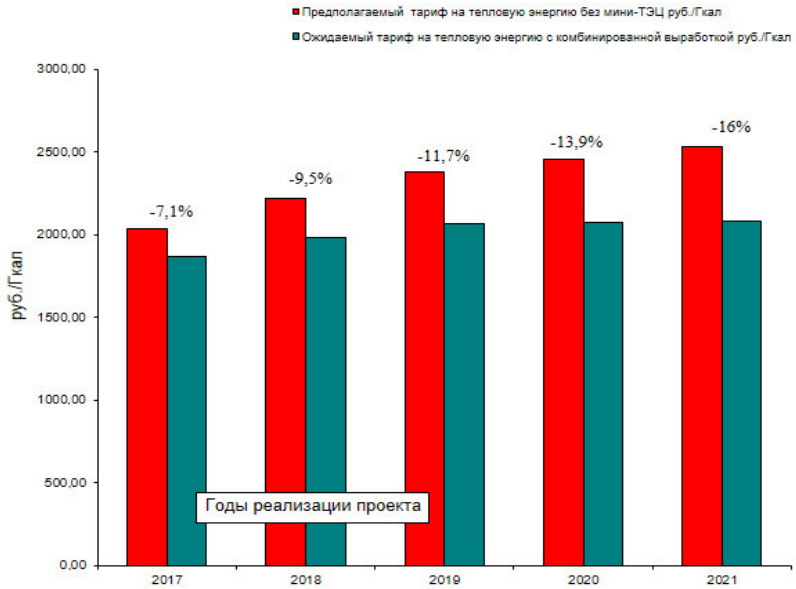
Для котельных малой и средней мощности наиболее перспективным направлением является использование в качестве тепловых двигателей газопоршневых агрегатов [2].

Для обоснования принятого решения проведен технико-экономический анализ мероприятий по внедрению мини-ТЭЦ в районные и квартальные котельные жилищно-коммунального сектора города Альметьевск, который показал, что внедрение мини-ТЭЦ в городскую энергетическую систему позволит уменьшить собственные затраты котельных до 3,6 %. В таблице и на рисунке приведены результаты анализа.

Сравнение затрат материальных и энергетических ресурсов до и после внедрения мини-ТЭЦ

Показатель	До внедрения				При внедрении			
	Натуральная выработка	Единица	В денежном выражении	Единица	Натуральная выработка	Единица	В денежном выражении	Единица
Удельный расход газа	161,41	кг.у.т/Гкал	-	млн.руб.	160,89	кг.у.т/Гкал	-	млн. руб.
Объем газа на тепловую энергию	104 417	тыс. $м^3$	496	млн. руб.	103 717	тыс. $м^3$	493	млн. руб.
Объем покупной электрической энергии	33 950	тыс. кВт	140	млн. руб.	8 612	тыс. кВт	35	млн. руб.
Итого			636	млн. руб.			528	млн. руб.

По данным, приведенным в таблице, можно сделать вывод о том, что экономия в денежном выражении от внедрения мини-ТЭЦ по сравнению с базовым вариантом составит 108 млн. руб. в год.



Прогноз роста тарифа на тепловую энергию до 2021 г.

Из диаграммы, представленной на рисунке, видно, что по прогнозу к 2021 году разница между тарифом на тепловую энергию в базовом варианте и предполагаемым тарифом с учетом внедрения Мини-ТЭЦ достигнет 16%.

Литература

1. Магадеев, В. Ш. Источники и системы теплоснабжения / В. Ш. Магадеев. – М.: ИД «Энергия», 2013. – 272 с.

2. Гительман, Л. Д. Энергетический бизнес: учебник / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2008. – 416 с.

УДК 631.756

Политова Т. О., Макаров А. В., Саляхова Р. Р.
Научный руководитель: Ваньков Ю. В., д-р техн. наук, профессор
Казанский государственный энергетический университет

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ГОРОДСКИХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. *Большое значение имеет обеспечение надежности систем теплоснабжения, которое должно приниматься во внимание не только во время эксплуатации, но и на этапах проектирования. В связи с этим в современных условиях весьма актуальной является разработка методов прогнозирования состояния трубопроводов инженерных систем.*

Ключевые слова: *тепловые сети, надежность, повреждения, системы теплоснабжения, квартальные трубопроводы, магистральные трубопроводы, трубопроводы, повреждаемость.*

Суммарная протяженность тепловых сетей в России в двухтрубном исчислении составляет около 183 300 км, средний процент износа оценивается в 60-70 %. По экспертной оценке 15 % тепловых сетей требуют безотлагательной замены. Для приведения системы транспорта теплоносителя в надежное состояние необходимо капитально отремонтировать или построить заново 150 тыс. км теплотрасс в двухтрубном исчислении. Ежегодный износ теплотрасс составляет 25%. При большой протяженности сетей теплоснабжения и ежегодном недоремонте потребность восстановления теплопроводов непрерывно возрастает. Ликвидация аварий требует гораздо больших материальных затрат, чем их предупреждение, поэтому важное значение имеет своевременное обнаружение опасных в аварийном отношении участков и замена их в ходе профилактических ремонтов. В связи с этим необходимо прогнозирование фактического состояния отдельных элементов и системы транспортировки тепла в целом для последующего принятия решения о ее эксплуатационной надежности [1, 2].

Одной из наиболее важных задач трубопроводного транспорта является сокращение риска возникновения аварийных ситуаций. Ее решение позволит снизить безвозвратные потери транспортируемых продуктов, улучшить экологическую обстановку, предотвратить разрушения инженерных сооружений и обеспечить таким образом оптимальное функционирование трубопроводных систем [3]. Актуальность данной про-

блемы связана с высокой частотой отказов трубопроводов, приводящих в ряде случаев к катастрофическим последствиям. Следует ожидать снижения надежности трубопроводных систем в процессе эксплуатации в связи с накоплением внутренних и внешних повреждений, естественным старением как самого металла, так и трубопроводных коммуникаций в целом, воздействием внешних сил [4].

В табл. 1 представлены данные по повреждаемости оборудования в тепловых сетях за 2013-2016 года для города Казани.

Таблица 1. Количество повреждений оборудования за 2013-2016 года

	Трубопроводы	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год
Отопительный сезон: январь-май	Магистральные	11	4	6	5
	Квартальные	84	91	87	128
	ГВС	119	77	84	85
Опрессовки	Магистральные	93	92	136	80
	Квартальные	303	252	261	146
Межотопительный сезон	Магистральные	25	13	17	8
	Квартальные	59	42	76	52
	ГВС	164	115	195	65
Отопительный сезон: сентябрь-декабрь	Магистральные	7	12	7	0
	Квартальные	166	232	182	0
	ГВС	84	102	93	0
ИТОГО:		1115	1032	1144	540

Как видно из таблицы, большое количество аварий происходит на квартальных тепловых сетях. Это связано с меньшим диаметром трубопроводов в квартальных сетях (50-400 мм).

В табл. 2 приведены затраты на ликвидацию одной аварии трубопровода разного диаметра.

Таблица 2. Затраты на ремонт внутриквартальных сетей на 1 м трубопровода

Диаметр, мм	50	80	100	150	200	300	400
Затраты на ремонт	9835	9860	10619	10643	11320	11559	11796

При расчете стоимости в состав затрат также включаются работы по восстановлению благоустройства (отсыпка чернозёма, посев трав, посадка деревьев, восстановление малых архитектурных форм и т. д.),

срезке и подсыпке грунта при планировке, а также работы по разборке и устройству дорожного покрытия.

Проведенный анализ повреждений позволяет сделать следующие выводы. 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.

Контроль за состоянием тепловых сетей необходимо осуществлять, начиная с приемки их в эксплуатацию. Система контроля предусматривает создание методов оценки, приборов и средств, позволяющих определить параметры технического состояния и их соответствие нормативным характеристикам, а также на основании поступления и обработки данных о состоянии элементов эксплуатируемых тепловых сетей обеспечивать своевременные профилактические мероприятия и ремонт. Данные, полученные в результате оценки состояния конструкций эксплуатируемых тепловых сетей, могут служить основой для решения вопроса об их ремонте, а также реконструкции и модернизации.

Литература

1. Горбунова, Т. Г. Расчет и оценка показателя надежности при проектировании тепловых сетей / Т. Г. Горбунова Ю. В. Ваньков, Т. О. Политова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 28. – № 1.

2. Зиганшин, Ш. Г. Методы построения моделей надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саляхова, С. А. Назарычев // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 245-247.

3. Зиганшин, Ш. Г. Оценка результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Т. О. Политова, Р. Р. Саляхова // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 243-245.

4. Корреляционный анализ факторов влияющих на отказы трубопроводов тепловых сетей / Т. О. Политова, Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саляхова, А. О. Малахов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3.

УДК 621.165.46.001

Сабитова Г. Ф., Марданова Р. Р.
Научный руководитель: Костылева Е. Е., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ И ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. *Проанализированы результаты расчета тепловой схемы ПТУ и расчетное исследование эффективности теплообменных аппаратов для ПТУ.*

Ключевые слова: *паротурбинная установка, теплообменный аппарат, эксергетический метод.*

Современная паротурбинная установка (ПТУ) представляет собой сложный комплекс агрегатов, взаимно связанных технологическим процессом выработки тепловой и электрической (или механической) энергии. В процессе проектирования паротурбинной установки первостепенное значение уделяется разработке и расчету принципиальной тепловой схемы и входящего в ее состав теплофикационного оборудования. Именно на этом этапе определяются технические характеристики ПТУ и входящего в нее оборудования: расходы и параметры рабочих тел в характерных точках системы, которые обеспечивают заданную мощность электрогенератора, а также КПД реализуемого в установке термодинамического цикла, удельные расходы теплоты и топлива, т. е. показатели экономичности установки.

Кроме этого, в состав ПТУ входит ряд теплообменных аппаратов, которые являются неотъемлемой частью установки. Функционирование этих аппаратов непосредственно связано с термодинамикой рабочего цикла паротурбинной установки и обеспечивает необходимую эффективность и надежность ее работы. Значимость эффективной и надежной работы теплофикационного оборудования в схемах паросиловых установок обусловлена в частности с точки зрения экономии топлива и/или теплоты [1].

Одним из эффективных средств повышения экономичности ПТУ является регенеративный подогрев основного конденсата и питательной воды потоками пара, частично отработавшими в турбине и отбираемыми из её проточной части в подогреватели. При таком способе преобразования энергии отводимый на подогрев пар совершает работу в турбине без потери тепла в конденсаторе, но с использованием его в цикле

для повышения энтальпии питательной воды. Вследствие этого удельный расход тепла на выработку электроэнергии существенно снижается. От применения регенерации экономия тепла при определённых условиях достигает 10-15%. Поэтому все современные ПТУ средней и большой мощности выполняются с регенеративным подогревом питательной воды, хотя при этом они становятся сложнее.

На величину экономии тепла от применения регенерации главным образом влияют следующие факторы: начальные параметры пара и давления в конденсаторе, температура подогрева питательной воды, число ступеней подогрева, распределение общего подогрева между подогревателями, способ возвращения в систему конденсата греющего пара.

В рассматриваемой работе экономический эффект от внедрения регенеративного подогрева питательной воды в ПТУ выражается в снижении на 7% расхода условного топлива.

Кроме этого, в работе рассмотрены пути повышения эффективности теплообменных аппаратов паротурбинных установок. Оценка путей повышения эффективности теплообменников ПТУ проводилась методами термодинамического анализа. В основу методов положены расчет эксергий потоков вещества и теплоты и оценка эксергетических потерь [2,3] .

Эксергетические методы являются дополнительными к теплогидравлическим расчетам теплообменных аппаратов. Но с их помощью можно упростить и дополнить анализ работы аппаратов в тех случаях, когда использование аналитических методов нецелесообразно или невозможно из-за сложности происходящих в оборудовании процессов.

По методике, приведенной в [2, 3], выполнено расчетное исследование эффективности теплообменных аппаратов для ПТУ типа ПТ-135/165-130/15. Например, расчет эксергетических потерь в конденсаторе ПТУ показал, что при увеличении температуры воды на входе в конденсатор от 5 до 20°С сумма эксергий всех потоков на входе ΣE_1 снизилась на 20%, а сумма эксергий всех потоков на выходе – ΣE_2 возросла на 11,5%.

Сделаны выводы, что основную долю эксергетических потерь в теплообменных аппаратах ПТУ составляют собственные нужды и технические потери. Собственные нужды зависят от разности средних температур теплоносителей, а технические потери характеризуются недогревом воды до температуры насыщения греющего пара.

Повышать эффективность теплообменных аппаратов можно за счет уменьшения эксергетических потерь. Необходимо учитывать условия эксплуатации оборудования и при оценке эффективности методов усо-

вершенствования аппарата следует проводить комплексный анализ всех факторов, в том числе и технико-экономических.

Литература

1. Теплообменники энергетических установок: учебник для вузов; под общ. ред. Ю. М. Бродова. – Екатеринбург: Сократ, 2002. – 968 с.
2. Бродянский, В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. –288 с.
3. Гохштейн, Д. П. Современные методы термодинамического анализа энергетических установок / Д. П. Гохштейн. – М.: Энергия, 1969. – 350 с.

УДК 621.643

Саляхова Р. Р., Политова Т. О.
Научный руководитель: Зиганшин Ш. Г., канд. техн. наук, доцент
Казанский государственный энергетический университет

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. *Проанализирован существующий уровень исследований в области оценки надежности системы теплоснабжения, обоснована необходимость комплексного анализа надежности теплоснабжения.*

Ключевые слова*: теплоснабжение, надежность, источник теплоснабжения, тепловые сети, потребитель.*

Надежность систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) относится к числу основных свойств, определяющих эффективность их функционирования. Недостаточная надежность СЦТ приводит к снижению экономической эффективности работы промышленных потребителей, снижению качества жизни населения.

Надежность является комплексным свойством, оно в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать ряд свойств (в отдельности или в определенном сочетании), основными из которых являются безотказность, долговечность, ремонтопригодность, живучесть и безопасность.

Обзор литературных источников показал, что на сегодняшний день практически не имеется работ, связанных с оценкой надежности системы теплоснабжения именно в комплексе.

Такой подход к оценке надежности теплоснабжения потребителей, заключающийся в совместном рассмотрении источников тепловой энергии, тепловых сетей и потребителей, предполагает формирование единой структуры состояний этих систем и связей между ними (событий), на основе которой и производится анализ их надежности [7].

Одной из работ, где впервые рассматривалась система теплоснабжения в целом, а не отдельный ее элемент (теплоисточник, тепловые сети, потребитель тепловой энергии), является [2]. Она связана с исследованием систем централизованного теплоснабжения с точки зрения энергетической эффективности.

Комплексному же исследованию системы теплоснабжения с позиции надежности посвящена только одна из рассмотренных работ [5].

Исследования по надежности источников теплоты (ИТ) также занимают незначительную долю. Наибольшая степень изученности проблем надежности среди источников теплоты – у атомных электростанций (АЭС). Особенность методов анализа и нормирования надежности ядерных энергоустановок вызвана спецификой АЭС. Этот фактор выделяет АЭС из ИТ, с точки зрения исследования надежности, методы и модели расчета и обоснования надежности АЭС несмотря на высокий уровень их разработанности не могут быть в чистом виде использованы применительно к ИТ на органическом топливе и СЦТ в целом.

Часть работ, посвященных структурной надежности котельных, выполнены с использованием большого числа упрощающих предположений и не соответствуют современным требованиям и моделям надежности.

Анализ публикаций по вопросам надежности ИТ показывает, что существующие в настоящее время модели нуждаются в существенном развитии. Известные методы моделирования функционирования ИТ позволяют рассчитывать гораздо больший спектр показателей надежности ИТ, рассчитывать показатели надежности ИТ относительно всех возможных уровней мощности, на которых возможно их функционирование.

С надежностью тепловых сетей связана наибольшая часть проанализированных работ.

Одни источники рассматривают параметры надежности не только в качестве ограничивающих величин, но и в качестве экономического критерия в практических расчетах с целью планирования средств на перекладку тепловых сетей. Такой подход позволяет прогнозировать затраты на реконструкцию систем теплоснабжения при изменении параметров надежности тепловой сети. В других работах внимание уделяется мониторингу надежности тепловых сетей и прогнозированию состояния трубопроводов.

Для получения системного представления о надежности теплоснабжения потребителей необходима разработка и использование при проектировании комплексной модели надежности СЦТ, включающей моделирование совместного функционирования ИТ, ТС с одновременным моделированием температуры воздуха в отапливаемых помещениях, учитывающим аккумулирующую способность зданий. Основанием для расчета температур воздуха в отапливаемых помещениях могут служить результаты многолетних исследований процессов нагрева и охлаждения помещений.

Для вывода о достаточной либо недостаточной надежности теплоснабжения потребителей необходим комплексный анализ СЦТ. Кроме этого, раздельное рассмотрение и повышение надежности ИТ и ТС может привести к завышенному уровню надежности СЦТ и перерасходу средств.

Представленный анализ публикаций показывает, что потребность в разработке комплексной модели надежности теплоснабжения потребителей, учитывающей совместное функционирование ИТ, ТС и потребителей – промышленных и жилого сектора – в настоящее время не удовлетворена.

Литература

1. Горбунова, Т. Г. Расчет и оценка показателя надежности при проектировании тепловых сетей / Т. Г. Горбунова Ю. В. Ваньков, Т. О. Политова // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 28. – № 1.

2. Домрачев, Д. Б. Исследование энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения как единого комплекса. [Текст]: дис…канд. техн. наук: 05.23.03: защищена 23.12.2005/ Домрачев Дмитрий Борисович. – Иркутск, 2005.

3. Зиганшин, Ш. Г. Методы построения моделей надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саляхова, С. А. Назарычев // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 245-247.

4. Зиганшин, Ш. Г. Оценка результатов моделирования надежности магистральных трубопроводов / Ш. Г. Зиганшин, Т. О. Политова, Р. Р. Саляхова // Научному прогрессу – творчество молоды»: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – Ч. 1. – С. 243-245.

5. Корреляционный анализ факторов влияющих на отказы трубопроводов тепловых сетей / Т. О. Политова, Ш. Г. Зиганшин, Р. Р. Саляхова, А. О. Малахов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3.

6 Постников, И. В. Методическое обеспечение комплексного исследования надежности теплоснабжения. [Текст]: дис…канд. техн. наук: 05.14.01: защищена 20.12.13 / Постников Иван Викторович. – Иркутск, 2013.

7 Саляхова, Р. Р. Комплексная оценка надежности системы теплоснабжения / Р.Р. Саляхова, И.Д. Хакимов // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – Ч. 1. – С. 245-247.

УДК 621

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

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. *Важно обеспечить надежную защиту систем теплоснабжения для лучшего качества их использования, поэтому необходимо разрабатывать и применять новые, усовершенствованные методы контроля состояния трубопроводов для оценки их надежности.*

Ключевые слова: *тепловые сети, надежность, повышение надежности, потери тепла, энергосберегающие мероприятия, профилактические меры.*

Со временем ветви тепловых систем (ТС) выходят из строя, что приводит к увеличению значения параметра потока отказов, а это значит, что надежность этих сетей уже не удовлетворяет нормам. Основными причинами утечек является разрушение труб под действием коррозии, неплотная подгонка регулирующей и запорной арматуры, нарушение целостности трубопровода под воздействием механических нагрузок, которые происходят по причине некачественного монтажа [2]. В результате этого увеличивается объем необходимой подпиточной воды и расходы на ее подготовку. Поэтому требуется проводить работы по улучшению состояния тепловых систем. Сейчас существует много способов повышения надежности ТС, но все они требуют высоких затрат, специального оборудования и специалистов, умеющих с ними обращаться.

К наиболее часто используемым мерам профилактики потерь тепла относятся [1]:

1. защита труб от электрохимической коррозии. Для этого выполняется катодная защита и наносятся антикоррозионные средства.

2. качественная водоподготовка. Для замедления коррозии трубопроводов снижают количество растворенного в воде кислорода.

3. периодическая оценка остаточного ресурса труб. Благодаря этому можно своевременно выявить участки трубопровода, которые необходимо заменить. Это позволяет существенно снизить риск аварий и, как следствие, уменьшить потери воды.

Для разных вариантов прокладки трубопровода потери теплоты определяются не одинаково. Но вне зависимости от способа поверхность неизолированных трубопроводов теряет теплоту в несколько раз интенсивнее, чем поверхность изолированных трубопроводов, поэтому восстановление разрушенного теплоизоляционного покрытия очень быстро окупается.

Главными энергосберегающими мероприятиями, уменьшающими потери теплоты с поверхности трубопроводов, являются [2]:

1. изоляция неизолированных участков и восстановление целостности существующей теплоизоляции;

2. восстановление целостности существующей гидроизоляции;

3. нанесение покрытий, состоящих из новых теплоизоляционных материалов, либо использование трубопроводов с новыми типами теплоизоляционных покрытий;

4. изоляция фланцев и запорной арматуры.

В настоящее время широко внедряются теплопроводы типа «труба в трубе» с пенополиуретановой изоляцией в гидрозащитной оболочке с дистанционным контролем целостности изоляции. Такая конструкция предусматривает предварительную изоляцию пенополиуретаном и заключение в полиэтилен не только труб, но и всех компонентов системы. Теплопроводы этой конструкции прокладываются под землей бесканально и обеспечивают существенное энергосбережение за счет предварительного изготовления отдельных изолированных элементов в заводских условиях и высокой тепло- и влагонепроницаемости. Для успешной эксплуатации предварительно изолированных трубопроводов необходимо высокое качество их монтажа. При этом они могут функционировать без замены до 30 лет.

Профилактическими мерами, позволяющими сокращать потери теплоты с поверхности трубопроводов, являются предотвращение затопления трубопроводов в результате установки дренажей и содержания их в должном порядке; вентиляция проходных и непроходных каналов для предупреждения попадания конденсата на поверхность.

Литература

1. Витальев, В. П. Приборы и средства автоматизации систем теплоснабжения зданий: справочное пособие / В. П. Витальев, В. С. Фаликов. – М.: Стройиздат, 1987. – 113 с.
2. Ионин, А. А. Надежность систем тепловых систем / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.

УДК 621.1: 004.896

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

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ 3D-МОДЕЛИ БАЛАНСИРОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению вопроса конструирования и моделирования станков для балансировки деталей энергетического оборудования с использованием САПР. Рассмотрены основные негативные последствия несвоевременной и некачественной балансировки составных частей энергоагрегатов.*

Ключевые слова: *балансировочное оборудование, дисбаланс, дорезонансный (с жесткими опорами) станок для горизонтальной балансировки, 3D-модель, Autodesk.*

Современное теплоэнергетическое оборудование содержит большое количество вращающихся элементов и узлов. К ним можно отнести роторы турбин, электродвигателей, барабаны, а также крыльчатки вентиляторов и рабочие колеса центробежных насосов, вентиляторов и компрессоров. В процессе их производства и дальнейшего использования возникают неуравновешенные внутренние силы и дисбаланс.

Балансировкой роторов называется процесс, предназначенный для неуравновешенных вращающихся частей машины. Причиной появления нескомпенсированных центробежных сил и моментов является отклонение оси вращения ротора от главной центральной оси инерции. В этом случае при вращении возможно появление вибрации всего оборудования, что в свою очередь негативно влияет на срок службы подшипников, фундамента и опорных элементов.

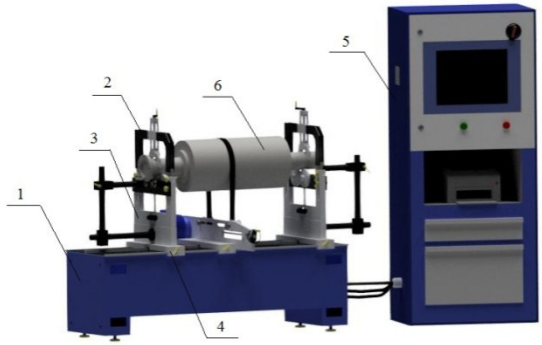
Известны два метода балансировки вращающихся узлов энергетического оборудования: статический и динамический. Целью статической

балансировки является совмещение оси вращения ротора с его центральной осью путем удаления лишнего металла из более тяжелой части ротора либо добавлением груза в более легкой его части. При динамической балансировке совмещают ось вращения ротора с главной центральной осью инерции. Этот метод балансировки производится на балансировочных станках.

Для упрощения построения балансировочного оборудования и проведения дальнейших испытаний на нем была спроектирована 3D-модель балансировочного станка. Из большого количества существующих систем автоматизированного проектирования (САПР) был выбран программный продукт Autodesk Inventor. Основными преимуществами данной программы являются удобный интерфейс, совместимость 2D чертежей с 3D проектированием, а также компания Autodesk предоставляет студентам бесплатные образовательные лицензии.

В зависимости от режима работы и конструкции балансировочные станки бывают дорезонансного, резонансного и зарезонансного типа.

В данной работе рассматривается горизонтальный дорезонансный (с жесткими опорами) балансировочный станок, 3D-модель которого представлена на рисунке. К преимуществам балансировочных станков в дорезонансном исполнении можно отнести жесткость конструкции, которая исключает возможность повреждения станка во время эксплуатации, износу подвергаются только опорные ролики и приводные ремни, которые легкозаменимы и есть возможность балансировки изделий с большими начальными дисбалансами.



3D-модель балансировочного станка:
1 – станина; 2 – опорный узел; 3 – основание опоры; 4 – плита опоры;
5 – блок управления, 6 – балансируемый ротор

Дорезонансный балансировочный станок содержит станину 1 и два опорных узла 2, которые регулируются по высоте. Опорный узел включает основание опоры 3 и плиту опоры 4. Опоры могут смещаться относительно друг друга по рельсе, установленной на станине. Каждая опора оснащена пьезоэлектрическим датчиком силы.

Работа дорезонансного станка для горизонтальной балансировки контролируется блоком управления 5, который соединен с датчиками силы и электродвигателем. Электродвигатель, в свою очередь, ременной передачей с помощью ряда направляющих роликов приводит в движение балансируемый ротор 6. Пьезоэлектрические датчики силы преобразовывают вибрации, приводящие к деформации чувствительного элемента, в электрический сигнал.

Достоинствами данного станка по сравнению с аналогами является повышенная точность балансировки за счет исключения подвижных стыков между опорами балансируемого элемента и датчиками силы, а также расширенная функциональная возможность, уменьшенная металлоемкость и упрощенная конструкция за счет новой компоновки элементов опорных узлов.

Литература

1. Абрамов, И. Л. Вибродиагностика энергетического оборудования: учебное пособие по дисциплине «Диагностика в теплоэнергетике» / И. Л. Абрамов. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 81 с.

2. Герике, Б. Л. Вибродиагностика горных машин и оборудования: учебное пособие / Б. Л. Герике, И. Л. Абрамов, П. Б. Герике. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2007. – 167 с.

3. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации : учеб. пособие / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб.: изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 159 с.

4. Азовцев, Ю. А. Вибрационная диагностика роторных машин и оборудования целлюлозно-бумажных комбинатов: учебное пособие / Ю. А. Азовцев, Н. А. Баркова, А. А. Гаузе. – СПб: СПбГТУРП, 2014. – 127 с.

УДК 620.9

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

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. *Рассматриваются особенности применения солнечных коллекторов в условиях нашей страны.*

Ключевые слова: *солнечный коллектор, бак-аккумулятор, аккумулирование в грунте, отопление в зимний период, вакуумный коллектор.*

В настоящее время все большее внимание привлекает возможность использования солнечной энергии, которая является хорошей альтернативой традиционным источникам. Целью исследования является выявление особенностей применения солнечных коллекторов и баков-аккумуляторов в Российской Федерации. Анализ возможностей солнечной энергетики показал, что при достаточной освещенности местности даже в средней полосе России выгодно использовать солнечные коллекторы, они окупаются достаточно быстро и приносят неплохую выгоду при эксплуатации.

На сегодняшний день солнечные коллекторы являются самыми эффективными устройствами, которые используют энергию Солнца. Если фотоэлектрические панели используют лишь 14-18% от поступающей к ней энергии Солнца, они критичны к чистоте поверхности и при эксплуатации сильно нагреваются, то эффективность солнечных коллекторов составляет 80-90% [1].

Если установить солнечный коллектор для выработки тепла на отопление жилого дома в холодное время года, то в неосвещенное время суток появится дефицит тепловой энергии. Установка в грунте или фундаменте дома бака-накопителя тепловой энергии дает возможность использования тепловой энергии в течение всего времени суток.

В результате исследований выявлены некоторые особенности применения солнечных коллекторов и аккумуляторов для отопления и горячего водоснабжения. Основная особенность – это необходимость использования дополнительного источника энергии, поскольку солнечные коллекторы могут быть неэффективны в пасмурную погоду или при достаточно низких температурах [2].

Второй особенностью солнечных коллекторов является возможность использования теплых полов в качестве основного источника тепловой энергии.

В ходе исследования также выявлено, что целесообразно использовать именно вакуумные коллекторы в условиях России [3].

В заключение необходимо отметить, что в зданиях, где преобладает солнечное отопление и горячее водоснабжение, важно проводить энергоаудит и оптимизацию теплоэффективности, что намного снижает расходы на отопление и использование дополнительных источников.

Таким образом, определены следующие преимущества использования солнечных аккумуляторов в России:

1. экологическая чистота;
2. экономичность и низкие эксплуатационные расходы;
3. бесшумность;
4. обширная область применения;
5. инновационные технологии.

Литература

1. Сапогин, Л. Г. Унитарная квантовая теория и новые источники энергии / Л. Г. Сапогин, Ю. А. Рябов, В. А. Бойченко. – М.: Science Press, 2008. – 180 с.

2. Дрексель. Р. Сооружение солнечных коллекторов для горячей воды: практ. рук. / Р. Дрексель, Р. Гамисония. – WECF, 2012. – 31 с.

3. Алмаев А. Ю. Использование солнечной энергии для теплоснабжения систем горячего водоснабжения в индивидуальном жилищном строительстве / А. Ю. Алмаев, И. А Лушкин // Вестник НГИЭИ. – 2014. – №12. – С. 6-8.

УДК 620.1

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

MATLAB/SIMULINK КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЫ STM32F4 DISCOVERY

Аннотация. *Разрабатывается устройство для виброакустического контроля теплотехнического оборудования. Рассмотрено применение отладочной платы STM32F4 Discovery. Проведен обзор существующих сред для разработки программного обеспечения. Приведены преимущества и недостатки высоко-*

уровневого и низкоуровневого типа программирования. Для разработки выбрана среда разработки MATLAB Simulink.

Ключевые слова: *АЦП, микроконтроллер, STM32F4 Discovery,MATLAB, Simulink, виброакустический контроль.*

Целью работы является разработка устройства для виброакустического контроля теплотехнического оборудования.

На сегодняшний день существует большое количество программных и технических средств, с помощью которых возможно построение устройств виброакустического контроля теплотехнического оборудования.

Первостепенной задачей при создании устройства для виброакустического контроля теплотехнического оборудования является выбор аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на основании таких технических характеристик, как частота дискретизации и разрядность.

Проанализировав рынок предоставляемых АЦП от разных производителей, нами выбрана отладочная плата STM32F4 Discovery. Данная отладочная плата основана на 32-х битном микроконтроллере STM32F4VGT6 со встроенным 12 битным АЦП с максимальной частотой дискретизации 2,4 МГц.

Традиционно разработка программного обеспечения для отладочной платы STM32F4 Discovery ведется написанием кода на языке C, C++ - низкоуровневый тип программирования.

Для создания кода на языке C применяются такие среды разработки, как: Coocox IDE, IAR Embedded Workbench и Keil uVision. Стоит отдельно выделить генератор C кода STM32CubeMX от компании STMicroelectronics, облегчающий и сокращающий время разработки программного обеспечения.

Преимуществом данного метода можно обозначить полный контроль всей периферии микроконтроллера, приводящий к высокой оптимизации кода, что требуется при разработке программного обеспечения для низкопроизводительных контроллеров. Также следует выделить недостатки низкоуровневого программирования, которые включают в себя сложный синтаксис, знание архитектуры контроллера и время, затрачиваемое на разработку, что мотивирует искать другие методы.

Альтернативным методом разработки является разработка на высокоуровневом типе языка программирования MATLAB. Компания MATLAB предоставляет специальный пакет поддержки STM32F4 Discovery, который включает в себя инструменты, необходимые для разработки программного обеспечения. При установке данного пакета также требуется расширение Embedded Coder, которое автоматически генери-

руют С и С++ код. Процесс программирования в Matlab/Simulink заключается в построении блоков и их настройке, после чего запускается генерирование С кода, который далее компилируется в машинный код.

К преимуществам программирования в MATLAB/Simulink можно отнести интуитивно понятный интерфейс, присутствие абстракций и все необходимые инструменты для анализа различных типов сигнала. К недостаткам следует отнести отсутствие гибкости, снижение производительности. Следует отметить, что при наличии высокопроизводительного контроллера последним недостатком можно пренебречь.

В результате для разработки программного обеспечения отладочной платы STM32F4 Discovery выбрана альтернативная среда разработки MATLAB/Simulink, т. к. в нее встроены различные библиотеки и инструменты, позволяющие обрабатывать и визуализировать сигналы, получаемые с АЦП отладочной платы.

Литература

1. Среда разработки Keil uVision. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cxem.net/software/keil.php.

2. Martin T. The insider's guide to the STM32 ARM based microcontroller. [Электронный ресурс] Hitex (UK) Ltd, 2008. – 96 p. – Режим доступа: http://moodle.insatoulouse.fr/pluginfile.php/34856/mod_resourse/content/0/isg-stm32-v18d-scr.pdf.

3. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 Основы применения / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.

4. Программирование STM32F4-Discovery с использованием Simulink и Embedded Coder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://matlab.ru/videos/STM32F4-Discovery.

УДК 620.201

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

ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Аннотация. *Проанализирован тепловой пункт и особенности выбора оборудования в индивидуальном тепловом пункте.*

Ключевые слова: *тепловой пункт, теплоснабжение, оборудование, клапаны, насос, регулятор.*

Тепловые пункты подразделяют на: центральные тепловые пункты – для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок для двух или более зданий; индивидуальные тепловые пункты – то же для одного здания или его части; местные тепловые пункты – для присоединения квартирных систем теплопотребления.

В любом типе тепловых пунктов предусматривают размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, посредством которых осуществляют преобразование вида теплоносителя или его параметров; контроль параметров теплоносителя; учет тепловых потоков, расходов теплоносителя; регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты; защиту местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитку систем теплопотребления; аккумулирование теплоты; водоподготовку для систем горячего водоснабжения.

Перечисленные мероприятия в зависимости от назначения теплового пункта и местных условий могут применять все либо частично.

Осуществляют данные мероприятия соответствующим подбором оборудования тепловых пунктов.

Клапаны относят к классу трубопроводной арматуры. Они отличаются способом перекрытия потока теплоносителя, заключающимся в возвратно поступательном перемещении затвора вдоль оси потока теплоносителя в седле корпуса арматуры [2]. В соответствии со стандартом [3] по назначению различают арматуру запорную, регулирующую, распределительно-смесительную, предохранительную, обратную. Одно из главных отличий современной арматуры – это многофункциональность, т. е. предназначенность для выполнения нескольких функций. Такой арматурой является, например, запорно-регулирующая.

Автоматический регулятор – устройство, которое реагирует на изменение параметра, характеризующего объект регулирования, и автоматически управляет процессом для поддержания этого параметра в заданных пределах или изменения его по определенному закону. Автоматический регулятор состоит из измерительного, управляющего, исполнительного и регулирующего элементов. Регуляторы прямого действия относят к автоматическим регуляторам, у которых при изменении значения регулируемого параметра перемещение регулирующего элемента происходит только за счет усилий, возникающих, как правило, в измерительном элементе.

В тепловых пунктах наряду с автоматическими и ручными балансировочными клапанами широко применяют отключающие клапаны (запорная арматура). Их основная функция состоит в отключении здания, системы, отдельных веток и стояков, теплообменных приборов и другого оборудования. Применять запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается [4].

Удаление воздуха из теплоносителя является важным фактором работоспособности водяных инженерных систем здания. Так, например, при концентрации кислорода в теплоносителе 10 мг/л возрастает сопротивление системы отопления [1]. При этом происходит перераспределение давления на регулируемых участках от регулирующих клапанов к трубопроводам. Кроме того, со временем следует увеличивать напор насоса, что уменьшает внешние авторитеты регулирующих клапанов. Все это ухудшает регулирование системы отопления. В тепловых пунктах удаляют воздух как вручную, так и автоматически.

В тепловых пунктах [4] предусматривают установку грязевиков для осаждения твердых частичек, но этого недостаточно для обеспечения работоспособности и избежания повреждений автоматической запорно-регулирующей арматуры, тепломеров, водосчетчиков и насосов с мокрым ротором. Причина – неспособность грязевиков без соответствующих сеточных фильтров осаждать мелкие загрязняющие частички, приходящие с сетевой водой.

Теплосчетчик – прибор для измерения количества теплоты, которую получает потребитель от теплосети. Существует большое многообразие конструкций теплосчетчиков, но все они состоят из трех основных частей – расходомера, тепловычислителя и датчиков температуры теплоносителя. Рассматривая разнообразие расходомеров с гидравлической точки зрения, особого внимания заслуживают ультразвуковые. У них расходомер выполнен либо в виде трубы Вентури, либо полнопроходного патрубка. Создаваемое им гидравлическое сопротивление является минимальным.

Пластинчатый теплообменник – аппарат, в котором происходит теплообмен между сетевой водой и водой системы отопления либо горячего водоснабжения. Его поверхность теплообмена собрана из параллельно расположенных штампованных пластин с тиснением определенной конфигурации. Каждая вторая пластина развернута на 180°, образовывая с первой и последующей щелевидные каналы для теплоносителя. Тонкие пластины и малые расстояния между ними позволяют получить высокую компактность и низкую металлоемкость теплообменника.

Насос является основным элементом водяной инженерной системы здания. Его работа полностью взаимосвязана со всем оборудованием

системы, в том числе и запорно-регулирующей арматурой. От их совместной работы зависит эффективность функционирования всей системы. Особенно это касается систем с переменным гидравлическим режимом, где регулирование расходом теплоносителя приводит к изменению гидравлических и электрических параметров насоса. Обеспечение эффективной работы системы решают не только производители запорно-регулирующей арматуры, но и производители насосов.

Литература

1. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др.; под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с. (Справочник проектировщика).
2. Трубопроводная арматура. Номенклатурный каталог-справочник. Логанов Ю.Д. Том 4. Клапаны. Регуляторы давления. Распределители. 2006 г.
3. ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения.
4. СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003. Тепловые сети» (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. № 280).

УДК 621.4

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

ПРИМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В БЛИЖНЕМ КОСМОСЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ. МЕХАНИЗМЫ АККУМУЛЯЦИИ ЭНЕРГИИ И ОТВОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению вопроса о создании энергетической машины на базе двигателя Стирлинга, способной работать в условиях ближнего космоса, для создания искусственной гравитации на орбитальной станции.*

Ключевые слова: *двигатель Стирлинга, орбитальная станция, искусственная гравитация, ближний космос, энергия Солнца.*

Двигатель Стирлинга представляет собой двигатель с внешним подводом тепла, с замкнутым регенеративным циклом, в котором рабочее тело находится в замкнутом пространстве и не расходуется. Именно эти

особенности являются определяющими для использования данного двигателя в ближнем космосе.

Одним из самых привлекательных и бурно развиваемых направлений было и остается освоение и изучение космоса. Однако существует множество проблем, одной из которых является отсутствие гравитации на космической станции, которая необходима как для комфортного и безопасного пребывания на космической станции, так и для осуществления некоторых экспериментов, которые можно осуществить лишь в космосе. Для решения данной проблемы весьма привлекательным является использование установки с использованием двигателя Стирлинга, для эксплуатации которого условия космоса являются комфортными. Для работы данного двигателя используется тепловая энергия Солнца, что позволит избежать затрат на дорогостоящую транспортировку топливных ресурсов для работы установки.

Приведены преимущества данного двигателя, связанные как с экономической выгодой, так и с техническими условиями применения в условиях космоса.

Рассмотрена модель космической станции, приводимой в движение с помощью энергоблока, посредством привода, состоящего из конической зубчатой передачи, в которой энергоблок представляет собой четыре двигателя Стирлинга, объединенных в единый корпус и скомпонованных таким образом, что все они имеют общую поверхность нагрева и работают одновременно, создавая крутящий момент каждый на своём коленчатом валу, которые в свою очередь передают механическую энергию посредством конической передачи на общий вал, который расположен перпендикулярно организованной поверхности нагрева.

Особое внимание уделяется механизму накопления энергии для осуществления непрерывной работы системы обеспечения искусственной гравитации в условиях отсутствия доступа к тепловой энергии солнца. Для аккумуляции энергии предлагается использовать так называемый супермаховик, созданный и запатентованный нашим соотечественником Нурбеем Гулиа Владимировичем в 1964 г. Данный маховик представляет собой маховик высокой удельной энергоёмкости, изготовленный методом навивки с натягом на упругий центр материалов с высокой одноосной прочностью (преимущественно волокнистые материалы), склеенные между собой упругими материалами. На данный момент с помощью нанотехнологий на основе углерода создаются волокна высокой прочности и малой плотности, энергоёмкость таких маховиков может достигать 2500-3500 МДж/кг.

Космос является особенно благоприятной средой для использования супермаховиков, так как в космическом вакууме нет аэродинамического сопротивления, а невесомость устраняет нагрузки на подшипники. На некоторых спутниках уже применяются супермаховичные накопители – они долговечнее электрохимических аккумуляторов и могут долгое время снабжать аппаратуру спутника энергией.

Также к прочим преимуществам можно отнести особый эффект, наблюдаемый при работе данного механизма, который создается благодаря упругости конструкции и способствует более эффективному накоплению энергии.

Данный механизм необходим также для избегания частых режимов пуска и остановки системы, которые являются нестабильными и создают условия, неблагоприятные для безотказной работы станции. Также рассмотрен важнейший вопрос отвода тепла в условиях космоса и конструкция теплообменного аппарата, позволяющего отводить необходимое количество тепла от охлаждаемой поверхности.

Литература

1. Двигатели Стирлинга / В. Н. Данилевич, С. И. Ефимов, В. А. Звонов и др. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 5-49.

2. Ридер, Г. Двигатель Стирлинга / Г. Ридер, Ч. Хупер; пер. с англ. С. С. Ченцова, Е. Е. Черейского, В. И. Кабакова. – М.: Мир, 1986. – С. 176-218.

3. Фаворский, О. Н. Вопросы теплообмена в космосе / О. Н. Фаворский, Я. С. Каданер. – М.: Высшая школа, 1967. – С. 32-95.

4. Трухов, В. С. Расчёт параметров внутреннего теплообменного контура двигателя Стирлинга / В. С. Трухов, И. А. Турсунбаев, С. Я. Умаров. – Ташкент: Фан, 1979. – С. 36-41.

5. Абакшин, А. Ю. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена в цилиндрах двигателя с внешним подводом теплоты / А. Ю. Абакшин, Г. А. Ноздрин, М. И. Куколев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2012. – № 2-2 (1477). – С. 1-17.

6. Солнечные фотоэлементы или двигатель Стирлинга – реалии и будущее солнечной энергетики / В. С. Галущак, А. Г. Сошинов, О. С. Атрашенко и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №12. – С. 385-388.

7. Ушакова, Н. О. Перспективы применения двигателей Стирлинга / Н. О. Ушакова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 4-2 (23). – С. 240-246.

8. Арапов, Б. Р. Нагреватель солнечного двигателя Стирлинга с внешним подводом тепла / Б. Р. Арапов, К. К. Сейтказенова, Г. Е. Сералиев // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №8. – С. 135-138.

9. Кожухов, И. В. Двигатель Стирлинга – двигатель будущего // И. В. Кожухов, Л. В. Шипицын // Материалы X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с международным участием, посвященной 80-летию образования красноярского края. – Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2014. – С. 1-16.

УДК 681.2.08

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

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ТРУБОПРОВОДОВ В ППУ ИЗОЛЯЦИИ

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению вопроса о методиках диагностики дефектов трубопроводов в ППУ изоляции, использования программного комплекса Ansys для проведения анализа дефектных и бездефектных трубопроводов.*

Ключевые слова: *методы диагностики, трубопровод в ППУ изоляции, Ansys, метод свободных колебаний, дефект.*

За последние годы протяженность тепловых сетей, нуждающихся в замене, увеличилась на 16,4%, а потери тепла в них выросли почти вдвое. При эксплуатации тепловых сетей нормируемые показатели потерь тепловой энергии составляют 5%, но фактически это значение составляет 15-20%. Фактическое значение утечек также намного выше нормируемых. Более 80 % отказов по системе приходится на тепловые сети, поэтому они – самый ненадежный элемент централизованного теплоснабжения.

На данный момент производят монтаж системы дистанционного контроля за протечкой в трубопроводах, которая сигнализирует об утечках теплоносителя. Хотя такая система и помогает оперативно определять место протечки, но этого недостаточно, так как большая часть трубопроводов в России имеет значительную изношенность, поэтому такая система контроля не позволяет предупредить зарождение дефекта, что возможно с использованием неразрушающего контроля.

Диагностика трубопроводов, находящихся в эксплуатации длительное время, предполагает обнаружение коррозии. Это одна из важнейших проблем, решение которой позволит обеспечить безаварийную экс-

плуатацию и увеличить срок службы трубопроводов, снизить себестоимость доставки энергоносителей потребителям. Актуальность темы заключается в том, что на данный момент диагностика дефектов трубопроводов в ППУ изоляции слабо реализована.

Система диагностики с последующим своевременным ремонтом позволяет снизить риск и возможный ущерб от аварий. Одним из методов автоматизированного контроля состояния трубопроводов является метод свободных колебаний.

Для исследования дефектов был использован программно-вычислительный комплекс Ansys, использование которого позволило получить значения характеристик собственных колебаний трубопровода в ППУ изоляции и сопоставить их с характеристиками дефектных трубопроводов. Был проведен модальный анализ бездефектного трубопровода и с разной глубиной дефекта.

Был построен бездефектный трубопровод в ППУ изоляции длиной 2 м. Дефектные – с глубиной дефекта 1 мм и 3 мм. Внутренний диаметр трубопроводов составил 250 мм, а наружный диаметр с изоляцией и слоем полиэтилена – 420 мм. Были подобраны значения коэффициента Пуассона и модуля Юнга для каждого из материалов.

Помимо этого был проведен анализ трубопровода с дефектами на разных частях трубопровода: с отступом от левого и правого краев на 220 мм и по центру трубопровода.

На основании этих данных был проведен модальный анализ и получены экспериментальные данные, которые показали различия частот дефектных и бездефектного трубопроводов.

Литература

1. Абакумов, И. Е. ППУ и ППМ изоляции. Области применения в тепловых сетях / И. Е. Абакумов // Новости теплоснабжения. – 2009. – №2.

2. Зиганшин, Ш. Г. Виброакустический способ и информационно-измерительная система контроля состояния трубопроводов на основе конечно-элементного анализа и нейросетевого моделирования: дис. канд. техн. наук. — Казань, 2009.

3. Метод свободных колебаний при контроле трубопроводных систем / Ш. Г. Зиганшин, В. В. Серов, Ю. В. Ваньков и др. // В мире неразрушающего контроля. – 2013. – № 3 (61). – С. 56-60.

4. Зиганшин, Ш. Г. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами: монография / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2015. – 160 с.

УДК 621.311

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

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА Г. КАЗАНИ

Аннотация. *Актуальность темы связана с необходимостью реконструкции котельной. Цель реконструкции: снизить себестоимость тепловой энергии за счет замены устаревшего оборудования на новое.*

Ключевые слова: *энергоэффективность, энергосбережение, теплоснабжение.*

Высокие темпы промышленного производства и социального прогресса требуют резкого увеличения выработки тепловой энергии на базе мощного развития топливно-энергетического комплекса страны. Промышленные предприятия и жилищно-коммунальный сектор потребляют огромное количество теплоты на технологические нужды, вентиляцию, отопление и горячее водоснабжение. В связи с этим необходимо повысить энергоэффективность теплоснабжения предприятий.

Целью данной работы является расчет себестоимости отпускаемой теплоты до и после реконструкции котельной; повышение энергоэффективности теплоснабжения водогрейной котельной.

В данной работе был сделан расчет тепловой схемы котельной с выбором числа и типа устанавливаемых котлов, а также расчет и выбор водоподготовительной установки. Рассмотрены вопросы оснащения котельной автоматикой, вопросы охраны труда и экологии. Произведен расчет организационно-экономических показателей реконструируемой котельной, в результате чего были рассчитаны годовые эксплуатационные расходы котельной и себестоимость отпускаемой теплоты.

Котельная предназначена для теплоснабжения жилых и общественных зданий на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Котельная расположена в г. Казань по улице Даурская,16. Расчет в соответствии со СП 89.13330.2012 ведется для трех режимов: максимально-зимнего, наиболее холодного месяца и летнего. Для горячего водоснабжения принята двухступенчатая последовательная схема подогрева воды у абонентов.

Оценка реконструкции котельной должна производиться на основе анализа её технико-экономических показателей, в число которых входят технологические и экономические показатели. К основным технологическим показателям относят: установленную мощность котельной, годовую выработку теплоты или пара и отпуск их потребителям, расходы топлива и др. Здесь рассчитывается и режимный показатель – число использования установленной мощности котельной.

Важнейшим экономическим показателем и одним из обобщающих показателей, характеризующих качественный уровень работы котельной, является себестоимость отпускаемой теплоты. В ходе её расчёта определяются и другие экономические показатели: сметная стоимость строительства, штаты котельной, годовые эксплуатационные расходы и т. п. Этот показатель в той или иной мере отражает техническую вооружённость котельной, степень механизации и автоматизации производственных процессов, расходование материальных ресурсов и т. д.

Для расчёта себестоимости отпускаемой теплоты определяются годовые эксплуатационные расходы, среди которых в проектных расчётах обычно выделяются следующие статьи: топливо, электроэнергия, вода, амортизация, текущий ремонт, заработная плата эксплуатационного персонала с начислениями и прочие суммарные расходы.

После реконструкции котельной затраты на электроэнергию снизились на 20%. Годовой фонд заработной платы уменьшился на 215,58 тыс. руб. за счет введения автоматизации и сокращения персонала. Это изменение повлияло на сумму социальных отчислений. Поэтому сократились прямые расходы на 987,04 тыс. руб.

Все эти факторы повлияли на сокращение себестоимости после реконструкции котельной на 297,11 руб./Гкал. Экономический эффект составляет $1396{,}42 \cdot 10^3$ руб.

Литература

1. Зацаринная, Ю. Н. Расчет среднегодовых технико-экономических показателей тепловых электрических станций, котельных и водоочистных сооружений: учеб-метод. пособие / Ю. Н. Зацаринная, И. Г. Ахметова, Т. Р. Ахметов. – Казань: изд-во КГЭУ, 2012. – 260 с.

2. Эстеркин, Р. И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособ. для техникумов / Р. И. Эстеркин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1989. – 40 с.

УДК 622.276.6:536.7

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

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ

Аннотация. *В статье рассматривается проблема использования попутного нефтяного газа на объектах нефтеподготовки.*

Ключевые слова: *нефтеподготовка, использование попутного нефтяного газа, экономия природного газа.*

На многих объектах нефтеподготовки в качестве топлива в печах нагрева нефти используют покупной природный газ, а такой ценный внутренний энергетический ресурс, как попутный нефтяной газ, сжигают на факельных установках. В результате теряется энергетический потенциал попутного нефтяного газа и ухудшается экологическая обстановка в округе из-за вредных выбросов в атмосферу. Решить проблему экономически эффективно можно, организовав использование попутного нефтяного газа на стадии очистки нефти от сероводорода (отказавшись от применения дорогостоящего химического реагента) и в печах нагрева нефти.

Если обратиться к цифрам, то на примере абсорбционного метода подготовки попутного нефтяного газа можно выделить следующие аргументы в пользу такого решения: использование в печах нагрева нефти покупного природного газа увеличивает себестоимость подготовки нефти на 8-9%; сжигание 1 $м^3$ попутного нефтяного газа на факельных установках равнозначно по количеству выделяемой теплоты сжиганию 1,5÷2 $м^3$ покупного природного газа. [1].

На одном из действующих объектов проведен анализ существующей схемы нефтеподготовки и предложено техническое решение, позволяющее использовать попутный нефтяной газ на стадии очистки нефти от сероводорода и подготовить его к сжиганию в качестве топлива в печах. Для реализации проекта потребуются дополнительные капитальные вложения, которые будут скомпенсированы прибылью от отказа в использовании природного газа и химического реагента «Реатон».

Литература

1. Ситенков, В. Т. Проектирование обустройства нефтяных месторождений / В. Т. Ситенков. – Нижневартовск: Самиздат, 2012. – 457 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автономова Р. И., *II,* 28
Аканаева А. Н., *II,* 94
Анастасьева Д. А., *II,* 96
Андреев М. Н., *II,* 98
Андрианов Д. Ю., *II,* 67
Анисимов П. Н., *II,* 100
Апъялиев М. Р., *II,* 70
Аухадиев Р. Ф., *II,* 103
Ахметзянова Л. Г., *II,* 106

Базукова Э. Р., *II,* 135
Байрамгулова Л. З., *II,* 108

Васенева Н. А., *II,* 31, 33, 74
Вафина Э. И., *II,* 5
Волкова Е. Г., *II,* 36, 38, 40

Гайнутдинов Р. Ф., *II,* 110
Галеев К. В., *II,* 112
Гапоненко С. О., *II,* 115
Гимаева Г. А., *II,* 118

Долганова Е. С., *II,* 120

Едутова Т. В., *II,* 143
Емельянов С. П., *II,* 43, 46
Ефремов А. В., *II,* 123

Забродин А. Г., *II,* 125
Забродина Н. А., *II,* 125
Загретдинова А. Р., *II,* 126
Замалиев А. Н., *II,* 127
Захарова В. Е., *II,* 129

Ибадов А. А., *II,* 130
Измайлова Е. В., *II,* 132
Исламова С. И., *II,* 135
Исмаилова Г. М., *II,*138

Казакова Г. Д., *II,* 140
Калинина М. В., *II,* 141
Камаев Р. И., *II,* 143
Камаева Г. Р., *II,* 146
Каменских А. Д., *II,* 76, 78
Карпов А. А., *II,* 8
Костюнин С. Н., *II,* 78
Кудрявцев А. А., *II,* 11, 48, 50
Кузякина А. А., *II,* 13
Курицына К. С., *II,* 147
Кутдусов Р. Р., *II,* 149

Ласточкин Д. М., *II,* 76, 87, 92
Лебедев Г. В., *II,* 70
Ляхов А. А., *II,* 52, 55, 81

Макаров А. В., *II,* 162
Малахов А. О., *II,* 132
Марданова Р. Р., *II,* 165
Моржанов Н. Ю., *II,* 83
Муминов Н. Б., *II,* 28

Назарычев С. А., *II,* 132
Назмеева Р. М., *II,* 151
Намутдинов Р. И., *II,* 153, 156
Нашенкина М. С., *II,* 13
Николаев А. В., *II,* 159

Пантюхов Е. П., *II,* 57
Пекпулатова Н. А., *II,* 38, 40, 85
Политова Т. О., *II,* 162, 167

Сабитова Г. Ф., *II,* 165
Саляхова Р. Р., *II,* 162, 167
Сидорова А. А., *II,* 170
Силин А. А., *II,* 87
Соловьева М. Д., *II,* 89
Стручков Д. В., *II,* 57

Тазеев И. Р., *II,* 172
Татьяненко Н. Д., *II,* 98
Тимощенко А. А., *II,* 60

Уртминцева А. С., *II,* 50, 63, 66

Фаритова А. А., *II,* 175
Фаттахов Р. Ф., *II,* 92
Фахрутдинова Р. Р., *II,* 33
Филимонова А. А., *II,* 16

Хайбуллина А. Р., *II,* 186
Хайритдинов Р. Р., *II,* 176
Халилова Э. А., *II,* 178
Хафизов Р. Г., *II,* 181

Чабанюк Е. И., *II,* 19, 22
Чанчин К. В., *II,* 184
Чимаев В. Э., *II,* 25

Шабиева Г. Р., *II,* 186
Шепелева А. А., *II,* 66

Ямалетдинов А. А., *II,* 188

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Секция «Метрология, стандартизация, сертификация» 5

Секция «Материаловедение и технология машиностроения» 28

Секция «Автомобили. Технологические машины и оборудование. Конструкция, эксплуатация, сервис» 67

Секция «Энергообеспечение предприятий» 94

Авторский указатель 190

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ –

ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XII Международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

В 4 частях

Часть 2

Компьютерная верстка *Э. В. Унжениной*

Подписано в печать 18.07.17. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 11,16. Тираж 150 экз. Заказ №6042

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр
Поволжского государственного технологического университета
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17