

**Международная Научно-Исследовательская Федерация
«Общественная наука»**

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Научный журнал

**В выпуске собраны материалы
XXXII международной научной конференции
«Тенденции развития науки и образования»**

30 ноября 2017 г.

**НОМЕР 32
ЧАСТЬ 4**

JOURNAL.RU

Самара 2017

УДК 001.1
ББК 60

Т34

Тенденции развития науки и образования. Научный журнал. В выпуске собраны материалы XXXII международной научной конференции «Тенденции развития науки и образования» 30 ноября 2017 г. Часть 4 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2017. - 76с.

SPLN 001-000001-0216-LJ
DOI 10.18411/lj-30-11-2017-4
IDSP 000001:lj-30-11-2017-4

В выпуске журнала собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на XXXII международную научно-практическую конференцию **Тенденции развития науки и образования**

Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в журнале, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Электронная версия журнала доступна на сайте научно-издательского центра «Л-Журнал». Сайт центра: ljournal.ru

УДК 001.1
ББК 60

SPLN 001-000001-0216-LJ

<http://ljournal.ru>

Содержание

РАЗДЕЛ XVII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	5
Васильева М.А., Старостин Н.П. Управление тепловым процессом приварки полиэтиленового седлового отвода к трубе газопровода при низких температурах.....	5
Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Панфилов А. Обзор и классификация кондиционеров бытового и промышленного назначения.....	8
Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Панфилов А. Обзор бортовых систем и установок, используемых для наземного кондиционирования.....	11
Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Иванов Р. Система кондиционирования самолета Ту-204.....	14
Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Иванов Р. Обзор и классификация бытовых холодильных машин	17
Глазков И.Д. К вопросу о способах закрепления цилиндрических тонкостенных деталей.....	21
Грачев С.П., Рыбаков А.В. Расчет и анализ сепаратора волновой передачи	25
Демин В.И., Аноприева И.К. Оценка рисков в учебно-курсовом комбинате ООО «УКК «Лабинский».....	27
Ермолаева Н.В., Ревенко Д.Е., Бриж В.В., Ермолаев С.Г. Установка для демонстрации ультразвуковой акустической левитации.....	32
Кожанов В.Н., Петелин А.А. Новиков И.В. Исследование показателей вибрации двигателя д-240 при отключе-нии части его цилиндров	34
Кондаков А.С. Восстановление момента трения в полимерном подшипнике скольжения по температурным данным.....	37
Кондаков А.С. Тепловая диагностика трения в шаровой опоре с полимерным антифрикционным вкладышем.....	41
Кондаков А.С. Тепловая диагностика трения в системе полимерных подшипни-ков на общем валу по температурным данным	45

Котов А.Д., Михайловская А.В., Ситкина М.Н., Борисов А.А. Сверхпластичность сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr с разным содержанием Zr и Mg	49
Мингалеева Г.Р., Карпов И.А., Ермолаев Д.В. Технологическая схема термической переработки природных битумов и отходов нефтепереработки.....	54
Омиржанова Ж.Т., Картбаева К.Т. Анализ деформаций земной поверхности на Алматинском геодинамическом полигоне.....	56
Семенченко М.В. Диффузионное насыщение стальной проволоки в условиях электроконтактного нагрева в режиме термоциклирования	60
Сиротина К.М., Новикова Т.К. Анализ причин и меры предупреждения производственного травматизма в нефтяной отрасли.....	61
Сопина Н.А., Сопин Д.А. Применение информационно-коммуникационных технологий на предприятиях сферы услуг	63
Старостин Н.П., Аммосова О.А. Решение осесимметричной задачи теплопроводности при разработке технологии электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб при низких температурах	65
Торопов В.П. Проект устройства, отбирающего энергию у самого мощного природного аккумулятора – окружающего нас воздуха. Т.е. атмосферы Земли.....	69
Чернышова В.А., Салахова А.Ф., Ахмерова Г.М. Способы продления срока службы подземных теплопроводов систем теплоснабжения	71
Штельмах А.В. Разработка интерактивных хоккейных ворот.....	73

РАЗДЕЛ XVII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Васильева М.А., Старостин Н.П.

Управление тепловым процессом приварки полиэтиленового седлового отвода к трубе газопровода при низких температурах

ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-42

idsp: 000001:lj-30-11-2017-42

Аннотация

В работе рассматривается математическая модель теплового процесса приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе с учетом теплоты фазового перехода при температурах окружающего воздуха ниже нормативных. Используя методы визуализации массивов данных, показана возможность управления тепловым процессом путем предварительного подогрева и теплоизоляции при приварке седлового отвода к трубе при низких температурах и получения динамики температурного поля, при которой формируется качественное сварное соединение.

Ключевые слова: математическая модель, метод конечных элементов, температура, расчет, тепловой процесс, приварка, фазовый переход, кристаллизация.

Сварку полиэтиленовых труб при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15 °С [1]. При моделировании теплового процесса приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе необходимо решение уравнения теплопроводности в области сложной формы. Для решения подобных задач со сложной геометрией используют метод конечных элементов [2-3]. В данной работе геометрия построена в программе GMSH [4]. Поставленная тепловая задача решена методом конечных элементов с использованием вычислительного пакета FEniCS [5].

Рассмотрим расчетную модель (рис. 1) седлового отвода 1 (область D1) и участка полиэтиленовой трубы 2 (область D2). Нагрев и оплавление свариваемых поверхностей производится закладным сплошным нагревательным элементом 3 (область D3) при ее подсоединении к источнику тока.

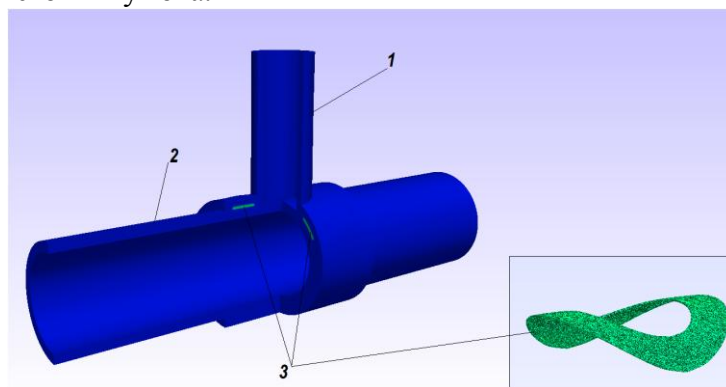


Рис.1. Расчетная модель седлового отвода и участка трубы:
1 – седловой отвод, 2 – труба, 3 – нагревательный элемент

Границы промежуточной фазы (двухфазной области) определяются температурами солидуса T_s и ликвидуса T_L . Температурное поле в сварном соединении определяется из уравнения теплопроводности:

$$\tilde{c}\rho_i \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda_i \text{grad}T) + \varepsilon Q(r, z), \quad x \in D, \quad 0 < t \leq t_m, \quad (1)$$

$$-\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{\Gamma} = \alpha(T - T_0), \quad (2)$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (3)$$

где T – температура, t - время, ρ – плотность материала, C – удельная теплоемкость, λ – коэффициент теплопроводности, T_0 – температура окружающего воздуха,

$\varepsilon = \begin{cases} 1, & x \in D_3, \\ 0, & x \in D_1 \cup D_2, \end{cases}$ $D = \bigcup_{i=1}^3 D_i$. Плотность теплового источника $Q(t)$ определяется

$$Q(t) = \frac{U^2}{R(1 + \beta(T(x) - 20))V},$$

по формуле: где U – напряжение, подаваемое на нагревательный элемент, R – сопротивление, β – температурный коэффициент сопротивления; V - объем нагревательного элемента.

Фазовый переход учитывается в коэффициенте теплоемкости по формуле:

$$\tilde{c}(T) = \begin{cases} C_1, & T \leq T_s \\ C_1 + \frac{q(T)}{\Delta}, & T_s < T < T_L, \\ C_2, & T \geq T_L \end{cases}, \quad \Delta = \frac{(T_L - T_s)}{(t_2 - t_1)}, \quad (4)$$

где $q(T)$ - зависимость теплового потока от температуры, отнесенная к единице массы вещества, регистрируемая дифференциальным сканирующим калориметром (ДСК), Δ – скорость нагрева, варьируемая в ДСК.

Расчеты проводились для седлового отвода 110/63 и трубы ПЭ 100 SDR 11 (подаваемое в нагревательный элемент напряжение 39,6 В, время нагрева 210 секунд). При низких температурах окружающего воздуха анализ температурных полей теплового процесса при приварке седлового отвода к полиэтиленовой трубе показал необходимость проведения предварительного подогрева при сварке в условиях низких температур. Расчетами также установлена необходимость использования теплоизоляции на стадии охлаждения сварного соединения.

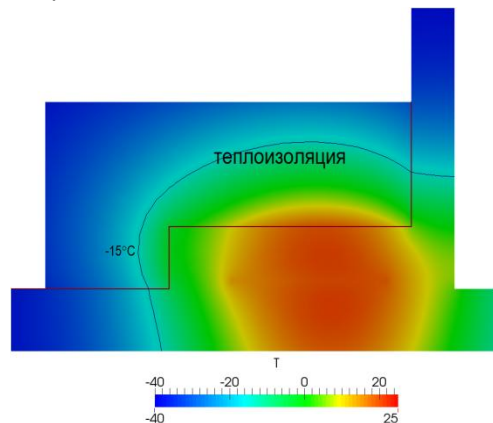


Рис.2. Распределение температуры в сечении седлового отвода и трубы с теплоизоляцией при температуре ОВ минус 40 °С после предварительного подогрева в течении 12 минут

При приварке седлового отвода к полиэтиленовой трубе при температуре воздуха - 40 °С расчетами определены следующие технологические параметры: толщина теплоизоляционного слоя при охлаждении – 2 см; напряжение источника теплоты для подогрева – 17 В; продолжительность подогрева – 12 минут; продолжительность технологической паузы для выравнивания температур – 4 минуты.

Указанные технологические параметры обеспечивают в зоне термического влияния допустимый температурный режим приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе. На рис. 2 представлено распределение температуры в седловом отводе и трубе с теплоизоляцией при температуре окружающего воздуха минус 40 °С в конце выравнивания температуры. При таком распределении температуры возможно проведение приварки по регламентированному режиму для допустимых температур воздуха.

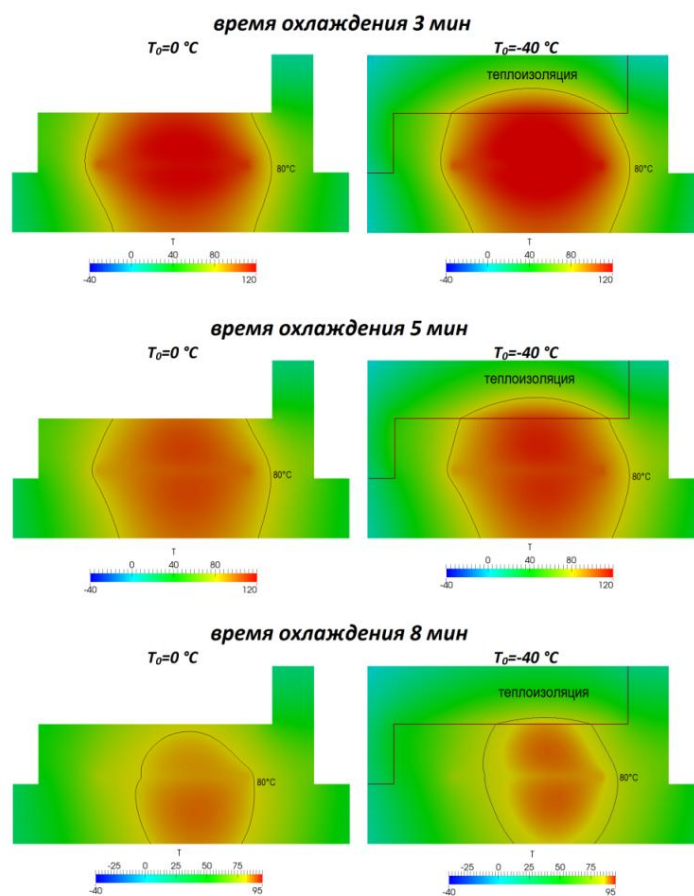


Рис.3. Распределения температур в сечении седлового отвода и трубы при температурах ОВ 0 °С и минус 40 °С во время охлаждения

При охлаждении соединения под слоем теплоизоляции с расчетной толщиной динамика температурного поля близка к допустимой. На рис. 3 показано распределение температуры при охлаждении в различные моменты времени при температуре воздуха - 40 °С (подогрев и охлаждение под теплоизоляцией) и при 0 °С (стандартная сварка). Распределения температур в зоне термического влияния при низкой и допустимой температурах близки после одинакового времени охлаждения, что свидетельствует об идентичности процесса кристаллизации, приводящей к равнозначной прочности соединения. На девятой минуте охлаждения в обоих случаях процесс кристаллизации завершается.

Анализ температурных полей показал, что при температурах воздуха ниже нормативных предварительный подогрев с помощью штатного закладного нагревателя

седлового отвода и свариваемого участка полиэтиленовой трубы перед оплавлением по регламентированному режиму и охлаждение под слоем теплоизоляции расчетной толщины позволяют получить динамику температурного поля, свойственную при сварке в условиях допустимых температур.

1. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. Взамен СП 42-101-96, СП 42-103-97, СП 42-105-99; введ. В действие с 27.11.2003. – М.: Полимергаз, ФГУП ЦПП. – 2004. – 86 с.: ил.
2. Вабишевич П.Н. Численные методы решения задач со свободной границей. – М.: Изд-во МГУ, 1987. 164 с.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
4. Программа Gmsh, <http://geuz.org/gmsh/>
5. Вычислительный пакет FEniCs, <http://www.fenicsproject.org/>

Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Панфилов А.

Обзор и классификация кондиционеров бытового и промышленного назначения

ДГТУ

(Россия, Ростов-на-Дону)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-43

idsp: 000001:lj-30-11-2017-43

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в закрытых помещениях требуемых параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения и т.д.) с целью обеспечения, главным образом, оптимальных метеорологических условий, для жизнеобеспечения людей.

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических решений, именуемых системой кондиционирования воздуха (СКВ). В состав СКВ входят технические средства приготовления, перемешивания и распределения воздуха, приготовления холода, а также технические средства холода и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Учитывая ухудшающееся состояние окружающей среды, обеспечение чистого воздуха в помещении является одной из наиболее важных проблем. Кроме того, качество воздуха имеет большое значение в медицине, при производстве электроники и в других высокотехнологичных производствах [1].

Классификация кондиционеров

Центральные кондиционеры – это промышленные агрегаты, которые применяются для обработки воздуха в крупных коммерческих и административных зданиях, плавательных бассейнах, промышленных предприятиях и других. Центральный кондиционер является неавтономным, то есть для работы ему необходим внешний источник холода: вода от чиллера, фреон от внешнего компрессорно-конденсаторного блока или горячая вода от системы центрального отопления, бойлера.

Прецизионные кондиционеры: в основном такой кондиционер применяется в помещениях, требующие поддержания заданных параметров с высокой надежностью и точностью, такие как медицинские учреждения, производственные помещения, лаборатории, посты управления, узлы связи, залы ЭВМ, диспетчерские пункты и другие помещения. Представляет собой моноблок, который содержит вентагрегат, фильтр, холодильную машину с фреоновым воздухоохладителем, водяной воздухонагреватель и электрокалорифер. Применяется кондиционер как в системах с рециркуляцией воздуха, так и в системах со 100% приточным воздухом.

Мобильные – кондиционеры, не требующие монтажа. Для использования достаточно вывести гибкий шланг из помещения для отвода тёплого воздуха. Конденсат обычно скапливается в поддоне в нижней части мобильного кондиционера



Рисунок 1 – Мобильный кондиционер.

Оконные – состоящие из одного блока; монтируются в окне, стене. Недостатки – высокий уровень шума, уменьшение инсоляции помещения из-за сокращения площади оконного проёма. Преимущества – дешевизна, лёгкость монтажа и последующего обслуживания, отсутствие разъёмных соединений во фреоновой магистрали и как следствие нет утечки фреона, максимально возможный КПД, длительный срок службы.



Рисунок 2 – Оконный кондиционер.

Сплит-системы (англ. split – расщепление) – состоят из двух блоков, внутреннего и наружного размещения, соединённых между собой трассой фреонпровода (обычно используются медные трубки). Наружный блок содержит (подобно холодильнику) – компрессор, конденсатор, дроссель и вентилятор; внутренний блок – испаритель и вентилятор. Различаются по типу исполнения внутреннего блока: настенный, канальный, кассетный, напольно-подпотолочный (универсальный тип), колонный.



Рисунок 3 – Сплит-система.

Мульти-сплит системы: состоят из наружного блока и нескольких, чаще двух, внутренних блоков, связанных между собой трассой фреонпровода.



Рисунок 4 – Мульти-сплит система.

Канальные кондиционеры – устанавливаются за подвесными или подшивными потолками, который полностью скрывает внутренний блок кондиционера. Распределение охлаждённого воздуха осуществляется по системе теплоизолированных воздуховодов, которые также размещаются в межпотолочном пространстве. Благодаря такой инструкции канальные кондиционеры могут охлаждать сразу несколько помещений.



Рисунок 5 канальный кондиционер.

Колонный кондиционер - Используется там, где нужна большая холодопроизводительность и нет жёстких требований к дизайну помещения. Требуют большой площади и создают сильный поток охлаждённого воздуха [2].

Устройство и принцип работы кондиционера

Основными узлами любого местного автономного кондиционера (как и любой холодильной машины) являются:

Компрессор - сжимает рабочую среду - хладагент (как правило - фреон) и поддерживает его движение по холодильному контуру.

Конденсатор – осуществляет переход фреона из газообразной фазы в жидкую (конденсация). Для высокой эффективности и длительной эксплуатации преимущественно изготавливается из меди и алюминия.

Испаритель - радиатор, расположенный во внутреннем блоке. В испарителе фреон переходит из жидкой фазы в газообразную (испарение). Также в основном изготавливается из меди и алюминия.

Капиллярная трубка - тонкая длинная трубка с внутренним диаметром 0,5 – 1,0 мм. При прохождении через эту трубку жидкого хладагента понижается его давление, так как сопротивление воздуха возрастает. Кроме того, дозируется объём поступающего хладагента. Степень падения давления определяется внутренним диаметром и длиной трубки [3].

Фильтр осушитель. Состоит из абсорбента, который впитывает воду, и фильтра, расположенного на входном отверстии, для удаления загрязнений. Если в хладагенте содержится какое-либо количество воды, то он может замерзнуть и закупорить капиллярную трубку, из-за чего остановится циркуляция хладагента. Чтобы избежать этого, между испарителем и капиллярной трубкой устанавливается фильтр-осушитель, который поглощает воду и загрязнения из хладагента.

Возможности современных кондиционеров

Главная задача кондиционера – охлаждение воздуха. Хотя бы потому, что нагрев, осушение и очистку воздуха могут обеспечить другие, зачастую более простые и дешёвые устройства, а вот давать освежающую прохладу умеет только он. Причем делает это очень экономично – на один киловатт потребляемой электроэнергии выдает порядка 3 кВт холода. Многие современные кондиционеры умеют нагревать воздух. Причем заставить кондиционер работать на тепло можно двумя различными способами. В подавляющем большинстве случаев это делается с помощью так называемого теплового насоса. На самом деле никакого насоса в кондиционере нет: в этом режиме он морозит улицу и греет помещение. При наружных температурах выше $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ такое отопление весьма эффективно. На каждый киловатт электроэнергии можно получить от 2,5 до 3,5 кВт тепла.

Помимо охлаждения и обогрева воздуха все современные кондиционеры умеют осушать воздух. Понижая температуру воздуха, они удаляют из него лишнюю влагу. При высокой влажности дышать трудно, и жара переносится хуже. Во всех современных моделях даже есть такой режим – «осушение». Это когда температура воздуха почти не изменяется, а влажность падает.

В режиме вентиляции не происходит ни охлаждения, ни нагрева, а создается циркуляция находящегося в помещении воздуха и его очистка. Компрессор и вентилятор наружного блока в данном режиме выключены. Вентилятор внутреннего блока работает на заданной скорости [4].

Большинство современных бытовых кондиционеров имеют только один фильтр – воздушный механический. Он защищает воздух в помещении и теплообменник внутреннего блока от пыли. Фильтры тонкой очистки, способные улавливать мельчайшую пыль, пыльцу растений, запахи, сигаретный дым, у многих моделей не входят в стандартную комплектацию и приобретаются отдельно. Чаще всего их изготавливают из активированного угля, потому они называются угольными или дезодорирующими. Ионизация воздуха определяется наличием в помещении отрицательно заряженных частиц – молекул кислорода. Обычно в помещениях количество отрицательных ионов в сотни раз меньше, чем в парках и садах. Высокая концентрация аэроионов благотворно влияет на организм человека. Некоторые современные модели кондиционеров оснащены ионизаторами воздуха.

Достоинства и недостатки кондиционера

Недостатки – высокий уровень шума, уменьшение освещенности помещения из-за сокращения площади оконного проёма. Низкая популярность оконных кондиционеров объясняется тем, что при их монтаже нарушается теплоизоляция помещения.

Достоинства – дешевизна, легкость монтажа, отсутствие разъёмных соединений во фреоновой магистрали и как следствие нет утечки фреона, максимально возможный КПД, длительный срок службы.

1. Бурцев С.И. Блинов А.В. и др. Монтаж, эксплуатация и сервис СКВ., 2005 г. 202 с.
2. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Пер. с англ. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984 г. - 520 с.
3. Свердлов Г.З., Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. 1978 г. - 264 с
4. Рыженко В. И. Бытовые и автомобильные кондиционеры: Справочник. 2006 г. – 32 с.

Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Панфилов А. Обзор бортовых систем и установок, используемых для наземного кондиционирования

*ДГТУ
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-44

idsp: 000001:lj-30-11-2017-44

Для наземного кондиционирования самолетов могут использоваться два основных типа средств – бортовые и наземные. Бортовые СКВ – предназначены для создания в кабинах самолета необходимых условий в полете могут использоваться также и для кондиционирования воздуха во время стоянки самолетов.

Одной из технически сложных задач кондиционирования воздуха в кабинах с помощью бортовой системы является обеспечение охлаждения отбираемого сжатого воздуха от источника. В качестве источников сжатого воздуха, поступающего в систему кондиционирования, обычно используются компрессоры двигателей или

вспомогательные воздушные силовые установки (ВСУ). Отбираемый от компрессоров двигателей или ВСУ воздух имеет относительно высокую температуру (250-500^оС). В бортовой системе его первичное охлаждение обеспечивается в воздухо-воздушных радиаторах (ВВР), а вторичное – в турбохолодильной установке (ТХУ). Охлаждение отбираемого воздуха в ВВР в полете на дозвуковых скоростях оказывается достаточно эффективным, так как оно осуществляется атмосферным воздухом, который на высоте полета имеет обычно низкую температуру. В наземных условиях атмосферный воздух имеет высокую температуру и, кроме того, отсутствует скоростной напор. Поэтому охлаждение рабочего воздуха, подаваемого в СКВ на земле, в ВВР бортовых систем обычно осуществляется путем продувки ВВР атмосферным воздухом, просасываемым через ВВР, вентилятором турбохолодильной установки, как показано на рисунке 1.

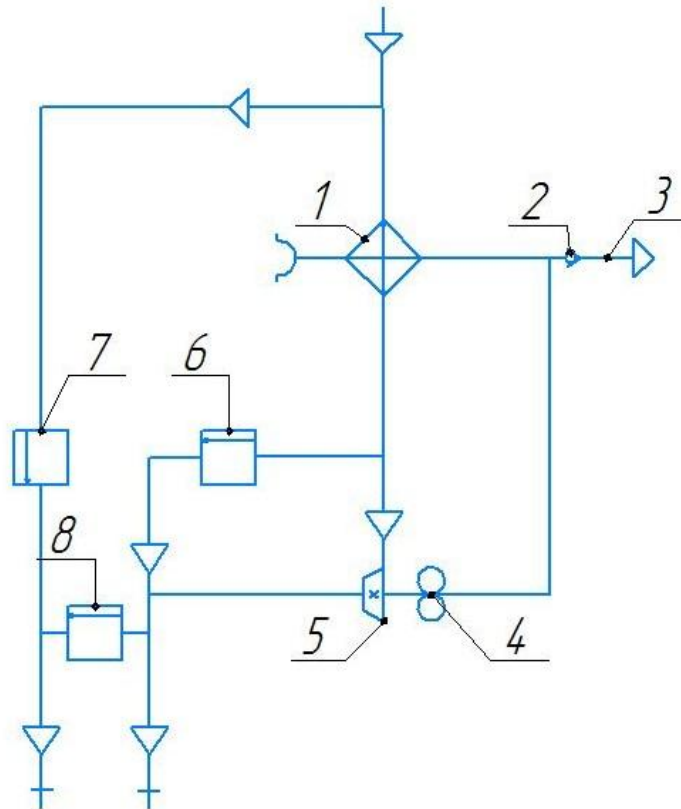


Рисунок 1 – Схема блока охлаждения воздуха

Воздух от компрессоров двигателей поступает в ВВР 1, где понижается его температура, и направляется в турбину 5 турбохолодильника. Здесь он дополнительно охлаждается в процессе расширения и подается в систему вентиляции 9. Установленный на одном валу с турбиной вентилятор 4 ТХУ просасывает через радиатор продувочный воздух, охлаждающий радиатор. Перекрывной клапан 2, установленный в выходном патрубке 3, под действием разряжения, создаваемого вентилятором, закрыт. В полете, под действием скоростного потока, клапан 2 открывается [1].

Для повышения температуры подаваемого в систему вентиляции воздуха служит обводная заслонка 6, при открытии которой часть воздуха, минуя ТХУ, поступает в систему вентиляции. В режиме обогрева горячий воздух через заслонку 7 подается в систему обогрева 10. Между линиями вентиляции и обогрева установлена заслонка 8 для перепуска воздуха из одной линии в другую и обеспечения тем самым более быстрого охлаждения или подогрева кабины.

Как следует из рассмотренной схемы эффективность охлаждения воздуха в этом случае определяется расходом продувочного воздуха, обеспечиваемого вентилятором ТХ. Очевидно, что производительность вентилятора по расходу воздуха практически всегда ниже того расхода воздуха, который продувается через ВВР в полете. При этом в наземных условиях температура рабочего воздуха будет выше, чем в полете, вследствие более высокой температуры окружающего воздуха. Все эти вместе взятые факторы ограничивают охлаждающие способности бортовых систем в наземных условиях, что в конечном итоге влияет на их эффективность при наземном кондиционировании.

Ограничения по использованию бортовых систем вытекают также из того, что не всегда оказывается возможным запуск и работа двигателей от ВСУ при стоянке самолета на перроне аэровокзала из-за высокого уровня шума, создаваемого работающими двигателями ВСУ. Кроме того, использование ресурса дорогостоящего бортового оборудования для эксплуатации на земле не всегда бывает выгодным.

Автономные бортовые кондиционеры, как правило, не зависят от бортовых источников подачи воздуха (компрессоров двигателей), а имеют свои автономные воздушные нагнетатели или вентиляторы. Независимость бортовых кондиционеров от бортовых источников подачи воздуха позволяет достаточно эффективно использовать их для обогрева и охлаждения кабин в наземных условиях. Для этого к самолету достаточно подключить источник электропитания для привода кондиционера. В полете бортовой кондиционер выполняет функцию либо основного, либо вспомогательного устройства для охлаждения воздуха. Для охлаждения воздуха в бортовых кондиционерах используются компрессионные ХМ. На легких самолетах для охлаждения воздуха в бортовых кондиционерах используется также принцип термоэлектрического охлаждения [2].

Наземные установки кондиционирования

В настоящее время наземные установки кондиционирования воздуха, имеющие разнообразные конструктивные решения, могут быть объединены в две основные группы – передвижные и стационарные. К передвижным относятся установки, монтируемые на различных самоходных и прицепных шасси. В практике все эти установки именуется как аэродромные кондиционеры. Самоходные кондиционеры обычно монтируют на шасси грузовых автомобилей. Для прицепных установок шасси проектируются специально исходя из особенностей конструкции самих кондиционеров.

Самоходные кондиционеры выгоднее применять при большой интенсивности вылетов самолетов, так как они обладают высокой маневренностью, что позволяет обеспечить быстрое передвижение установки от одного обслуживаемого самолета к другому. В то же время такие установки несколько сложны в конструктивном отношении, что объясняется наличием обычно двух двигателей: ходового для передвижения установки и силового – для привода агрегатов. Так как обычно в современных установках и ходовой двигатель используется для приводов агрегатов, то это обуславливает наличие передаточных устройств, также усложняющих конструкцию. Для эксплуатации самоходных кондиционеров обычно требуется персонал, выполняющий и функции водителя.

Кондиционеры на прицепных шасси проще в эксплуатации и их целесообразно использовать в аэропортах с небольшой интенсивностью вылетов, когда не требуется частого перемещения установки от одного самолета к другому.

К стационарным установкам относятся автономные стационарные кондиционеры и централизованные системы кондиционирования. Функции автономных стационарных кондиционеров могут выполнять любые кондиционеры, установленные непосредственно на местах стоянок самолетов. Автономные стационарные кондиционеры могут располагаться в специально оборудованных колодцах, к которым подводится только электропитание для привода агрегатов. От люка колодца к обслуживаемому самолету подводится напорный рука для подачи воздуха. В кондиционерах данного типа для

охлаждения теплообменных аппаратов может использоваться вода из водопроводной сети. Колодцы могут оборудоваться одновременно и другими источниками питания для предполетной подготовки самолетов [3].

Централизованные системы кондиционирования решают одновременно комплекс задач – кондиционирование помещений аэровокзала, кондиционирования воздуха в самолетах, теплоснабжение производственных и бытовых помещений. В этом случае в здании аэровокзала обычно устанавливается холодильная установка, которая обеспечивает охлаждение или обогрев воздуха, подаваемого в здание аэровокзала, и охлаждение промежуточного теплоносителя, который насосами по замкнутой циркуляционной системе подается к оборудованным на местах стоянок самолетов колодцам, в которых установлены теплообменники и нагнетатели воздуха. Теплоноситель с заданной температурой в зависимости от условий окружающей температуры охлаждает и подогревает воздух, подаваемый в кабину, который продувается через теплообменник нагнетателем. Оборудование таких систем требует значительных капиталовложений, однако они вполне окупаются при последующей эксплуатации систем.

Важнейшим требованием, предъявляемым к современным пассажирским судам, является обеспечение максимально комфортных условий в кабинах и, в первую очередь, необходимых физико-гигиенических условий, определяющих микроклимат в кабинах. В соответствии с требованиями в кабине самолета уже до посадки экипажа и пассажиров должна быть обеспечена определенная температура воздуха.

1. Баков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И. Высотное оборудование пассажирских самолетов – М.:Машиностроение, 1972.
2. Воронин Г.И. Системы кондиционирования воздуха летательных аппаратов – М.:Машиностроение, 1973.
3. Антипенко И.Н. Наземное кондиционирование воздуха в кабинах самолетов/ И.Н. Антипенко, Н.В. Данилов, В.И. Кузнецов – М.: Транспорт, 1976.

**Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Иванов Р.
Система кондиционирования самолета Ту-204**

*ДГТУ
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-45

idsp: 000001:lj-30-11-2017-45

Самолет Ту-204 - это пассажирский самолет, предназначенный для перевозок на авиалиниях средней протяженности.



Рисунок 1 - Самолет Ту-204

Разработка данного воздушного судна началась в 1986 году при сотрудничестве ведущих авиационных и конструкторских баз.

2 января 1989 на самолете был выполнен первый полет в качестве испытательного.

В 1994 году завершилась сертификация Ту-204 и самолет вышел в серийное производство.

Рассматриваемый самолет легкий, обтекаемый, имеет скошенный хвост и тонкие крылья. Его конструкция на 18% состоит из композиционных материалов.

Ту-204 - первый российский пассажирский лайнер, на котором впервые была установлена электродистанционная система управления (ЭДСУ). Функции штурмана, бортинженера и радиста стали выполнять приборы. Кроме автоматического управления в полете, самолет способен совершать и автоматическую посадку.

Назначение системы кондиционирования самолета Ту-204

Система кондиционирования воздуха самолета Ту-204 предназначена для обеспечения комфортных условий жизнедеятельности пассажиров и работоспособности экипажа на всех этапах полета.

По типу охлаждения данная СКВ является системой открытого воздушного цикла с турбокомпрессором. СКВ обеспечивает кондиционирование и вентиляцию воздуха, автоматическое регулирование температуры и давления во всех кабинах самолета, подачу кислорода, теплозвукоизоляцию, обдув теплым воздухом стекол кабины экипажа, кондиционирование самолета на земле от наземных СКВ и многое другое.

Рассматриваемая СКВ резервирована, дублирована и предусматривает контроль с помощью средств встроенного контроля.

Подсистемы СКВ самолета Ту-204

Система кондиционирования самолета Ту-204 состоит из подсистем:

- отбора воздуха от двигателей;
- охлаждения воздуха;
- вентиляции воздуха.

Компоновка подсистем СКВ обеспечивает хороший доступ при к агрегатам системы в случаях их отказа.

Рассмотрим назначение и состав каждой подсистемы.

Подсистема отбора воздуха от двигателей

Данная подсистема состоит из двух одинаковых систем, отбирающих воздух соответственно от двух двигателей силовой установки самолета. Схема подсистемы отбора воздуха представлена на рисунке 1.

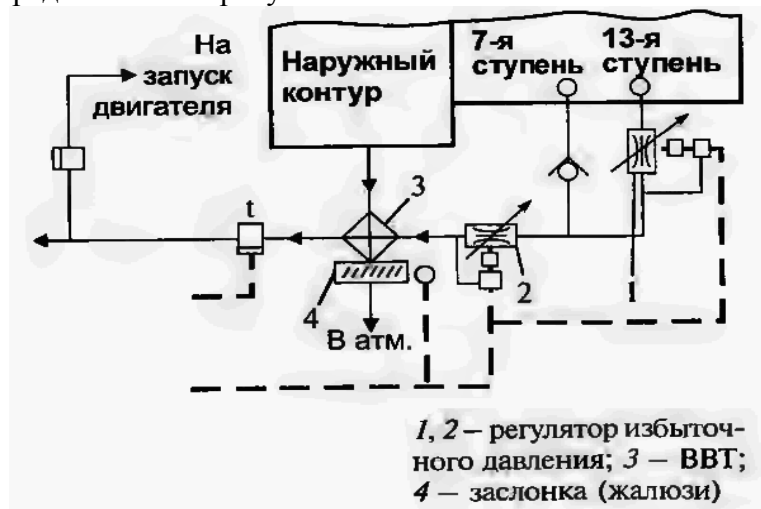


Рисунок 1 - Схема подсистемы отбора воздуха

Отбор воздуха может осуществляться либо от 7-ой, либо от 13-ой ступени компрессора высокого давления (КВД). При нормальном режиме полета воздух отбирается от 7-ой ступени, а при режиме планирования - от 13-ой ступени.

Двухступенчатый отбор воздуха обеспечивает кабины самолета стабильной подачей воздуха. Расход воздуха в системе кондиционирования составляет 4500 кг/ч.

Управление системой может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режимах на основном щитке системы кондиционирования.

В состав одной из подсистем отбора воздуха от двигателей входят регуляторы избыточного давления, а также воздухо-воздушный теплообменник (ВВТ).

Подсистема охлаждения воздуха

Данная подсистема обеспечивает подачу воздуха в кабины самолета с заданными объемом и температурой. Она состоит из двух одинаковых систем. Схема подсистемы отбора воздуха представлена на рисунке 2.

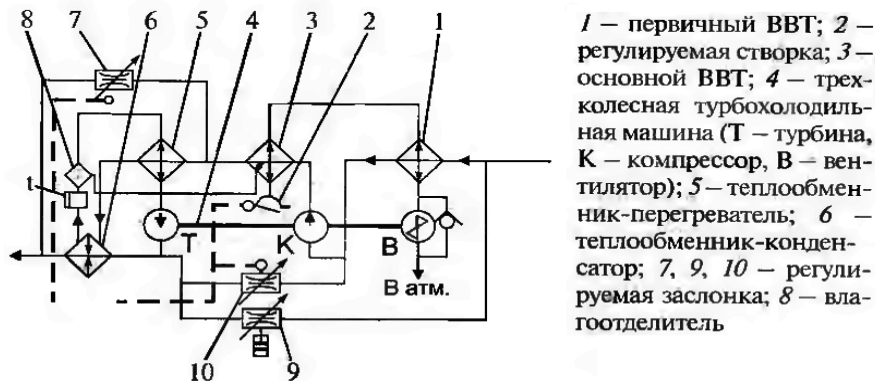


Рисунок 2 - Схема подсистемы отбора воздуха

Воздух в систему охлаждения поступает после отбора воздуха от двигателей.

Управление системой может осуществляться как в автоматическом, так и в ручном режимах на основном щитке системы кондиционирования.

В состав каждой из подсистем охлаждения воздуха входят: датчик расхода, запорно-регулирующая заслонка, предварительный ВВТ, трехколесная турбохолодильная машина, основной ВВТ, ВВТ подогреватель, конденсатор, влагоотделитель, ороситель, перепускное устройство, обводные заслонки компрессора и турбины.

Подсистема вентиляции воздуха

Данная подсистема подает обработанный системой охлаждения воздух до мест выхода в кабины.

Система вентиляции воздуха состоит из узла входа и системы рециркуляции, а также систем подачи воздуха в кабины, системы регулирования температуры и системы вентиляции санитарно-гигиенических и бытовых помещений самолета.

Узел входа и системы рециркуляции состоит из двух одинаковых установок, для правого и левого борта. Каждая подсистема включает: вентилятор, запорную заслонку, эжектор рециркуляционного воздуха (ЭЖ) и коллектор холодного воздуха кабин.

Система подачи воздуха в кабину экипажа раздает и распределяет воздух по кабине через верхний и нижний трубопроводы. Она состоит из различных насадок обдува, крана обдува стекол и электрических воздухонагревателей.

Система подачи воздуха в пассажирские салоны обеспечивает распределение воздуха по переднему и заднему салонам самолета. Кроме того система производит верхнюю рециркуляцию воздуха.

Система регулирования температуры обеспечивает регулирование температуры независимо, т.е. в кабине экипажа и в пассажирских салонах температура может иметь разные значения. Кроме того, данная система задает температуру на выходе воздуха из

системы охлаждения, регулирует подачу воздуха в нижние короба салонов в случае работы системы в режиме обогрева.

В состав системы регулирования температуры входят: обратные клапаны, кран горячего воздуха, регулирующие заслонки, глушители шума, запорные заслонки, датчики температуры в трубопроводах, электроклапаны, блок управления температурой, а также датчики контроля температур в трубопроводах и помещениях самолета.

Принцип работы СКВ самолета Ту-204

Принцип работы СКВ состоит из следующих этапов:

1. Сначала происходит отбор воздуха от 7 или 13 ступени компрессора высокого давления двигателя в зависимости от режима полета самолета.
2. Далее воздух поступает на пневматический регулятор избыточного давления, поддерживающий за собой давление 320 кПа. Кроме того на этом этапе производится штатное включение и выключение подсистем отбора воздуха.
3. Затем воздух проходит охлаждение до 150°С в первичном ВВТ.
4. Потом воздух нагревается в компрессоре турбохолодильной машины, который служит ее тормозом.
5. После воздух вновь охлаждается в основном ВВТ.
6. Далее воздух подается в контур отделения влаги, где происходит подогревание воздуха с более высокой температурой до испарения влаги. Оставшаяся влага впрыскивается в охлаждающий воздух перед ВВТ.
7. Окончательное охлаждение воздуха происходит на турбине при его расширении.
8. Регулируется температура воздуха на выходе из системы охлаждения перепуском горячего воздуха со входа в компрессор либо с помощью перепускных заслонок из-за первичного ВВТ.
9. Выходящий из системы охлаждения воздух смешивается с рециркуляционным в узлах эжектора-смесителя, при этом происходит повышение температуры смеси на 2-3°С в режиме максимального охлаждения на земле.
10. После воздух поступает в коллектор холодного воздуха, а из него - к распределительным коробам пассажирских салонов и кабины экипажа.
11. Из салонов воздух забирается вентиляторами.

1. Баков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И. Высотное оборудование пассажирских самолетов – М.:Машиностроение, 1972.
2. Воронин Г.И. Системы кондиционирования воздуха летательных аппаратов – М.:Машиностроение, 1973.
3. Антипенко И.Н. Наземное кондиционирование воздуха в кабинах самолетов/ И.Н. Антипенко, Н.В. Данилов, В.И. Кузнецов – М.: Транспорт, 1976.

Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Иванов Р. Обзор и классификация бытовых холодильных машин

*ДГТУ
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-46

idsp: 000001:lj-30-11-2017-46

Современные бытовые холодильники — это сложные приборы, которые работают в самых разных условиях. Отсюда у них появляются высокие требования безопасности, уровню шума, габаритам, удобству пользования, надежности и экономичности.

Холодильная машина, как бытовой прибор, имеет ряд недостатков. Самые существенные из них – это относительно небольшой КПД, а также выброс тепла через конденсатор в воздух в помещении [1].

Устройство бытовых холодильных машин:

Охлаждение в парокомпрессионном бытовом холодильнике осуществляется за счет изменения агрегатного состояния хладагента в контуре холодильной машины.

Основными составляющими частями холодильника являются: компрессор, конденсатор, испаритель, капиллярная трубка, хладагент.

В компрессоре происходит сжатие хладагента с повышением его температуры. Давление возрастает до 8-12 атмосфер.

Далее хладагент выталкивается в конденсатор, где он охлаждается, отдавая тепло в окружающую среду, и конденсируется. Давление при этом не изменяется. Жидкий хладагент поступает из конденсатора в испаритель через капиллярную трубку. Капиллярная трубка имеет ограниченную пропускную способность за счет узкого сечения, поэтому давление и температура жидкого хладагента в ней понижаются.

В испарителе жидкий хладагент кипит при давлении 1-2 атмосфер, поглощая тепло из холодильной камеры. Для поддержания постоянного процесса кипения в испарителе хладагент откачивается компрессором.

На пути к компрессору пары хладагента нагреваются за счет теплообмена с капиллярной трубкой и поступают в компрессор перегретыми. Перегрев паров хладагента необходим для предотвращения попадания жидкости в цилиндр компрессора, что может привести к его поломке.

Температура текучего хладагента обычно больше, чем температура внешней среды. Следующим этапом для хладагента становится капиллярная трубка, по которой он опять отправляется в испаритель. Такой круговорот повторяется до тех пор, пока мотор компрессора функционирует [2].

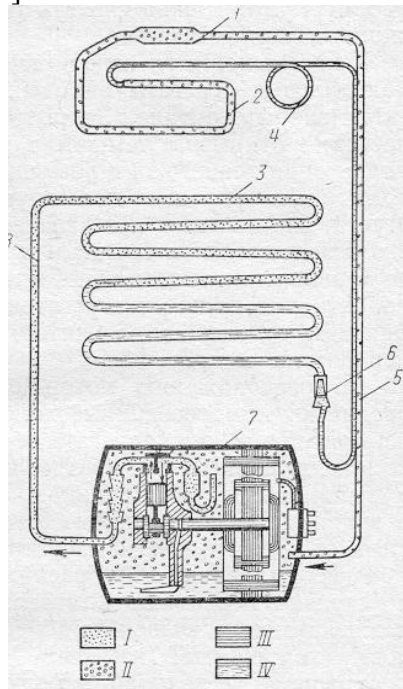


Рисунок 1 – Схема компрессионной холодильной машины:

I – пары высокого давления; II – пары низкого давления; III – жидкий хладагент; IV – масло; 1 – осушительный патрон; 2 – испаритель; 3 – конденсатор; 4 – капиллярная трубка; 5 – всасывающая трубка; 6 – фильтр; 7 – ресивер; 6 – нагнетательная трубка.

Также популярными стали холодильники с двумя дверцами и двумя камерами. Обе камеры подключены к разным системам регулировки температурных режимов. Иногда

для разных систем управления температурой используют холодильные агрегаты, которые могут работать сами по себе без вмешательства пользователя. Как правило, использование одного холодильного устройства является предпочтительным, потому что испарители могут включаться в виде цепочки, либо параллельно. Испаритель, расположенный наверху и похожий на коробку, используется, когда морозильную камеру необходимо охладить, а нижний, который имеет плоский вид, используется для камеры охлаждения.

Испарители, которые соединены между собой параллельно, позволяют соединить их к одному компрессору, у которого присутствует две капиллярные трубы. Необходимый там соленоидный клапан, в который вставляется капиллярная труба, также взаимодействует с испарителем в камере охлаждения. Он необходим для того, чтобы регулировать направление жидкого вещества.

Использование бытовых холодильников и условия их эксплуатации налагают на конструкцию определенные требования по изготовлению холодильной машины. Самым главным требованием является отсутствие воды, воздуха и других веществ в системе холодильного агрегата. Если обнаружится, что в агрегате находится воздух, то это вызовет сбой в его работе. Воздух, который не может конденсироваться на выходе конденсатора будет создавать воздушную пробку. Она будет мешать жидкому фреону попасть в испаритель. За счет этого повышается давление по всему холодильному агрегату, что влечет за собой постепенное повышение мощности и электроэнергии, которую потребляет устройство. Воздух окисляет масло и подвергает коррозии металл, из которого сделан агрегат. Агрегат перед заполнением маслом или фреоном должен быть полностью вакуумирован. Даже малое количество воды, находящееся в холодильном агрегате может доставить некоторые проблемы при его использовании. Вода плохо растворяется во фреоне, а значит может попросту замерзнуть в капиллярной трубке, тем самым заблокировав проход для фреона в испаритель. При изготовлении воду стараются убрать сразу же при помощи сушки масла и фреона, а после и всего собранного холодильного агрегата. Перед именно самой сушкой все узлы обезжиривают, так как если этого не сделать, то масло при нагреве до 100 градусов по Цельсию оставит на своем месте прочную пленку. Сушить агрегаты необходимо в специальных шкафах, которые продуваются сухим воздухом. Вода, которая попала в агрегат, превратится в пар, который затем удалится сухим горячим воздухом, а затем и вакуумированием.

Безопасность и долгая работа компрессионного холодильного агрегата зависит от того, как требования были указаны при его сборке. Таким образом, изготовление холодильных агрегатов должно быть обеспечено за счет высокой культуры производства.

Классификация бытовых холодильников

Холодильники современного времени — это сложные приборы, которые работают в самых специфичных условиях, например, жилые помещения. Отсюда у них появляются высокие требования, такие как автоматическая работа, пользователь должен следить за холодильником как можно меньше времени. Также все холодильные машины должны быть тихими, безопасными, иметь относительно малые размеры, стоить как можно меньше и пользователь не должен тратить дополнительные средства на его обслуживание.

Холодильные машины можно разделить по таким типам, как компрессионные, которые охлаждаются при помощи компрессора, абсорбционные, которые охлаждаются при помощи абсорбционной холодильной машины, полупроводниковые, которые охлаждаются при помощи полупроводниковых батарей. Морозильные машины делятся на два типа: компрессионные и абсорбционные [3].

В настоящее время самым популярным типом холодильных устройств являются компрессионные холодильники. Их на рынке сейчас свыше 90%.

Есть и другие характеристики холодильников, по которым их можно разделить на типы. По способу установки холодильники делятся на настенные, встроенные и напольные.

Следующий критерий, по которому можно разделить холодильники — это климатические условия эксплуатации. Они делятся на два типа У и Т. Все холодильники У предназначены для работы в тех районах, где расположен умеренный климат, то есть там, где средний максимум температуры воздуха составляет не больше 40 градусов по Цельсию. Класс Т у холодильников значит, что они должны эксплуатироваться в тропических районах.

Следующим признаком, по которому можно разделить холодильники — это функциональный признак. Холодильники, которые используются только для хранения свежих продуктов, не имеют отделения, где могла бы быть довольно низкая температура. Такие холодильники сложно встретить сегодня, но в некоторых странах они есть. Холодильные машины, которые имеют специальную камеру для хранения замороженных продуктов, могут функционировать только в том случае, если смогут поддерживать температуру в той камере не выше минус 6 градусов по Цельсию. Это значит, что чем ниже температура в том отделении, тем дольше будут храниться продукты.

Следующая характеристика, по которой можно разделить холодильные машины на типы — это конструктивное исполнение. Поэтому выделяют такие холодильники как многокамерные, двухкамерные и однокамерные. Камеры во втором типе отделяются между собой специальной теплоизоляционной перегородкой. Она отделяет плюсовую и минусовую температуру друг от друга. Отделения обстроены таким образом, чтобы у них были свои дверцы. Другой тип многокамерных холодильников может иметь сразу несколько дверей, ведь в них находится несколько камер. Воздух в этих камерах циркулирует либо естественным путем, либо при помощи специального вентилятора [4].

Следующий тип холодильников определяется по способу оттаивания испарителя. Таким образом, холодильники делятся на такие типы, как ручное оттаивание, полуавтоматические и полностью автоматическое. Первый тип холодильников полностью обслуживается человеком. Он должен решить, когда начать процесс оттаивания и когда его закончить, после чего необходимо удалить лишнюю воду. В полуавтоматическом типе человек должен определить, когда начать оттаивание, все остальное должна сделать машина сама. Вода, которая появилась в процессе оттаивания удаляется либо вручную, либо при помощи дренажной системы. Полностью автоматический процесс происходит в том случае, если пользователь никак не участвует в процессе оттаивания.

Всего есть три различных способа для обогрева испарителя при оттаивании. Это окружающий воздух, электронагреватель и горячий воздух фреона, который подается из компрессора в испаритель. Если холодильник работает в режиме оттаивания вручную, то в таком случае используется обогрев окружающим воздухом. Если же в автоматическом или полуавтоматическом, то при помощи всех трёх видах обогрева.

Камеры по назначению бывают: для охлаждения продуктов, для хранения фруктов и овощей, для хранения замороженных продуктов, для замораживания продуктов, универсальная камера, которая может хранить продукты как в охлажденном, так и в замороженном виде.

1. Бабакин Б.С. Альтернативные хладагенты и сервис на их основе: справочное руководство / Б.С. Бабакин, В.И. Стефанчук, Е.Е. Ковтунов – Москва : Колос, 2000. – 160 с.
2. Бабакин Б.С. Бытовые холодильники и морозильники: справочник / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин – Б.С. Бабакин, 1998. – 631 с.
3. Доссат, Рой Дж. Основы холодильной техники: учебник / Рой Дж. Доссат – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 520 с.
4. Кругляк И.Н. Бытовые холодильники (устройство и ремонт) : учеб. пособие / И.Н.Кругляк — Москва: Легкая индустрия, 1974, — 205с.

Глазков И.Д.

К вопросу о способах закрепления цилиндрических тонкостенных деталей

Омский государственный технический университет
(Россия, Омск)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-47

idsp: 000001:lj-30-11-2017-47

Аннотация

В данной статье осуществляется анализ наиболее применяемых способов закрепления тонкостенных деталей на современных машиностроительных предприятиях. Обзор производится с целью выявления наиболее эффективного способа осуществления обработки тонкостенной детали Вал, имеющей сложную конфигурацию поверхности. В результате автор приходит к выводу о целесообразности проектирования специальных приспособлений.

Ключевые слова: тонкостенные детали, гидропласт, закрепление по торцам, способы закрепления, приспособление, оправка.

Некоторыми из приоритетных задач современного российского машиностроительного предприятия являются:

- повышение качества выпускаемой продукции;
- уменьшение затрат на изготовление деталей;
- ускорение производства;
- расширение производства.

Для выполнения этого ряда задач внедряются различные методы, которые призваны в наиболее сжатые сроки, произвести их решение.

Наиболее важной задачей при механической обработке цилиндрических тонкостенных деталей является выполнение точных размеров и формы. Такие проблемы возникают при любых видах обработки резанием и связаны, прежде всего, с закреплением детали. На современных машиностроительных предприятиях изготавливается большая номенклатура тонкостенных деталей из алюминия. Проанализируем и выберем в данной работе наиболее удобный способ закрепления при обработке на токарном станке детали типа тонкостенный вал. Вал имеет тонкую стенку в 1,5 мм на длине 147,7 мм и диаметре 90 мм, изготавливаемую по 10 квалитету точности. Преимущественно для ее обработки и производится данный анализ.

Для выбора подходящего способа закрепления детали на станке рассмотрим наиболее применяемые и распространенные способы. Отличие данных способов состоит в распределении сил закрепления и способу зажима, то есть по внутренней, либо внешней цилиндрической поверхности.

Для данной детали приоритетным будет способ закрепления по внутренней поверхности, либо по торцам, так как деталь имеет высокую осевую жесткость и низкую радиальную. Отметим, что при выборе приспособления для закрепления детали по внутренней цилиндрической поверхности проблема состоит в обходе уступа в 1,5 мм.

Анализируя доступные способы закрепления тонкостенных деталей, были выявлены следующие:

- разрезные втулки и цанги различной конфигурации;
- закрепление в центрах;
- трехкулачковый и шестикулачковый патроны;
- секторные кулачки;
- специальные приспособления для закрепления деталей по торцам;
- оправка с тарельчатыми пружинами;

- оправки с использованием гидропласта.

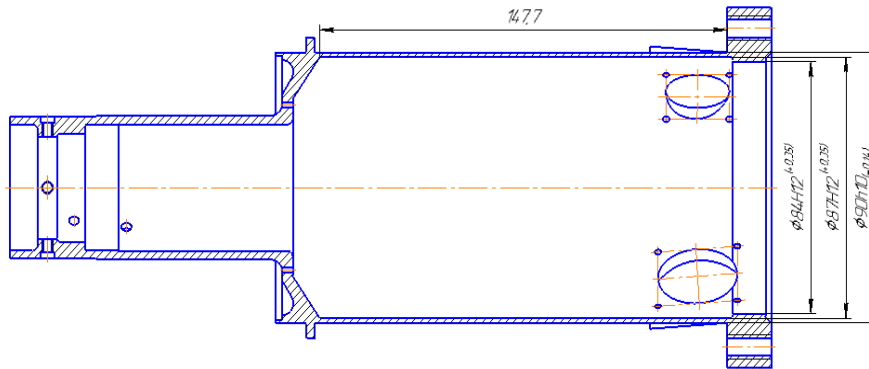


Рисунок 1 – Вал

Рассмотрим каждый из данных способов закрепления в отдельности применительно к деталям подобной конфигурации.

1. Использование разрезных втулок и цанг различной конфигурации. Данный метод закрепления деталей достаточно часто применяется на универсальном оборудовании. Он позволяет равномерно распределить нагрузку по поверхности контакта втулки с деталью. Сила зажима зависит от той, что передана разрезной втулке кулачковым патроном. Данный способ является одним из наиболее дешевых и позволяет выполнять зажатие только лишь по ровным цилиндрическим поверхностям. Следовательно в меньшей степени подойдет применительно к данной детали.

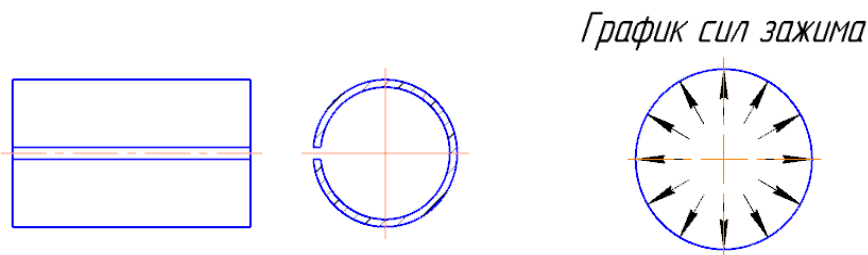


Рисунок 2 – Разрезная втулка

2. Закрепление в центрах. Является одним из универсальных методов закрепления, применяющихся всеми предприятиями. Благодаря выполнению размеров относительно оси цилиндрической заготовки, данный метод позволит получить высокую точность формы и размеров. Также для использования данного метода необходим поводковый патрон, для размещения которого необходимо предусмотреть некоторую площадку на детали. Причем данная площадка не должна быть нежесткой в радиальном направлении. Так же понадобятся специальные центры, либо специальная оправка, изготовление которых вызовет определенные трудности.

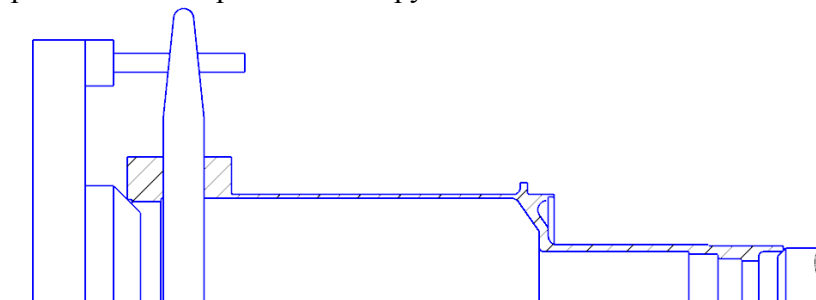


Рисунок 3 – Установка детали в центрах

3.Трехкулачковый и шестикулачковые патроны. Наиболее универсальный способ. Используется на всех предприятиях. Позволяет выполнить высокую точность размеров за счет расточки кулачков, но не позволит выполнить высокую точность формы, так как сила зажима распределяется по 3-6 точкам, в зависимости от количества кулачков, при том на относительно небольшой длине, что не позволит распределить нагрузку равномерно.

4. Секторные кулачки. Так же как и предыдущие, способ закрепления с использование секторных кулачков отличается своей простотой и легкостью применения. Растачивая кулачки под нужный диаметр, появляется возможность распределить усилие зажима по всему диаметру зажимаемой детали, но данное распределение будет произведено на относительно небольшой длине. Это может привести к невыполнению технических требований формы, если заготовка будет иметь большую длину. Простота использования сделала секторные кулачки едва ли не самым распространенным способом закрепления тонкостенных деталей. Недостатком здесь является то, что при обработке этих кулачков большое количество материала уходит в стружку. Поэтому следует обратить внимание на многоразовые, более универсальные приспособления.

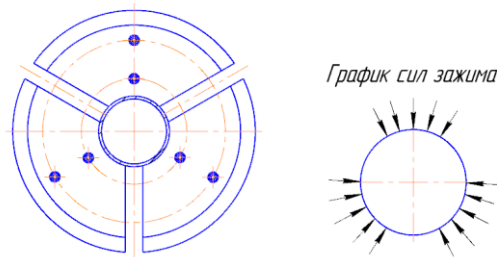


Рисунок 4 – Секторные кулачки

5.Приспособления для закрепления по торцам. Специальные приспособления для закрепления по торцам детали позволят поменять силу зажима с радиальной на осевую. За счет этого, детали типа Вал, обладая повышенной жесткостью в осевом направлении, получают высокую точность формы и размеров. Но недостатком большинства данных приспособлений является сложность установки и большое количество потраченного времени. В зависимости от конструкции, данное приспособление может быть спроектировано как для наружного точения, так и для растачивания детали. Трудность использования такого приспособления для данного случая – это сложная форма детали.

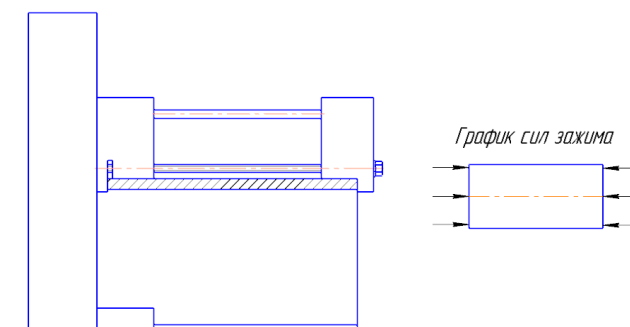


Рисунок 5 – Закрепление по торцам

6.Приспособления с тарельчатыми пружинами. Данное приспособление позволяет надежно закреплять деталь, практически равномерно распределяя усилия зажима по диаметру и длине, на которые рассчитана оправка. Данное приспособление способно закрепить деталь для операций наружной обработки. Недостатком здесь является зазор между пружинами, из-за которого распределение усилий закрепления

происходит не по всей поверхности. Скомпенсировать размер уступа так же не получится, так как пружины имеют достаточно малый ход.

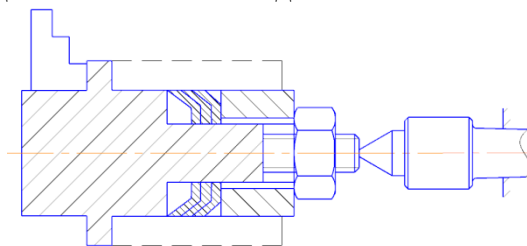


Рисунок 6 – Приспособление с тарельчатыми пружинами

7. Приспособления с использованием гидропласта. Достаточно редко встречаемый способ зажима деталей на современных предприятиях. Данный способ позволяет осуществлять закрепление детали по всей поверхности: как на длине, так и на диаметре. Позволяет компенсировать небольшие уступы на деталях благодаря использованию различных материалов упругого элемента.

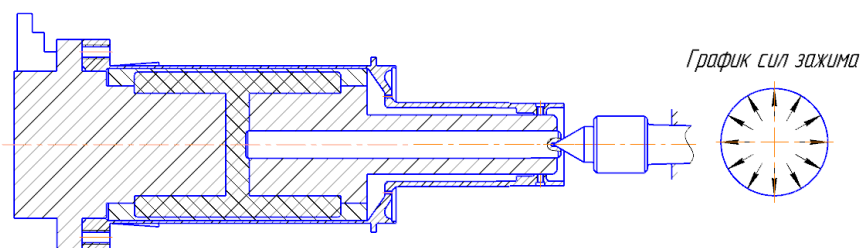


Рисунок 7 – Приспособление с применением гидропласта

Согласно проведенному анализу, для наиболее рациональных способов были составлены схемы распределения сил закрепления.

По совокупности параметров определим наиболее выгодный способ для компенсации размера уступа.

Согласно схемам распределения сил закрепления, наиболее выгодными будут: приспособление для закрепления по торцам, оправка с применением гидропласта. Наиболее эффективными данные способы будут, ввиду сложной конфигурации детали и ее малой жесткости в радиальном направлении.

Так, используя оправку с гидропластом можно добиться компенсации больших уступов, равномерного распределения сил закрепления, тем самым избегая деформации тонкой стенки, удобства установки и экономии времени. Тех же положительных качеств получится добиться при использовании приспособления для закрепления по торцам. Причем, для данной детали, есть возможность проектирования такого приспособления как на сжатие, так и на растяжение.

1. Библиотека технической литературы [Электронный ресурс]: Приспособления с гидропластом URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/1/113.htm> (дата обращения 6.11.2017).
2. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст]: Справочник/ авт.–сост. А.К.Горошкин – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
3. Тарабарин О.И., Абызов А.П., Ступко В.Б. Проектирование технологической оснастки в машиностроении [Текст]: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 304 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
4. Жуков Э.Л., Козарь И.И., Мурашкин С.Л., Розовский Б.Я., Дегтярев В.В., Соловейчик А.М. Технология машиностроения. Книга 1 [Текст]: Учебное пособие для вузов/ под ред. С.Л. Мурашкина. - М.: Высш. шк., 2003 - 278с.
5. Жуков Э.Л., Козарь И.И., Мурашкин С.Л., Розовский Б.Я., Дегтярев В.В., Соловейчик А.М. Технология машиностроения. Книга 2 [Текст]: Учебное пособие для вузов/ под ред. С.Л. Мурашкина. - М.: Высшая школа, 2003. - 295с.

Грачев С.П., Рыбаков А.В.

Расчет и анализ сепаратора волновой передачи

Вятский государственный университет
(Россия, Киров)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-48

idsp: 000001:lj-30-11-2017-48

Аннотация

В статье рассмотрен пример расчета и анализ сепаратора волновой передачи с промежуточными телами качения методом конечных элементов.

Ключевые слова: волновая передача с промежуточными телами качения, метод конечных элементов.

Механизмы, преобразующие вращательное движение двигателя в поступательное движение исполнительного механизма достаточно широко применяются в самых различных отраслях машиностроения и приборостроения. Это винтовые механизмы. Существует большое количество разновидностей винтовых механизмов.

По конструкции винтовые механизмы можно разделить на механизмы, в которых осевая сила передается непосредственно с винта на гайку и механизмы, в которых осевая сила передается с винта на гайку через промежуточные тела качения.

В настоящее время, особенно при разработке изделий авиационной техники, используют электромеханические силовые системы, которые обладают высокой надежностью и низкими массогабаритными показателями. Основой этих систем являются малогабаритных передачи с промежуточными телами качения: шарико-винтовые передачи, роliko-винтовые передачи, волновые передачи с промежуточными телами качения [1-5].

Анализ публикаций технической и патентной литературы свидетельствует о постоянном развитии и совершенствовании конструкций данных механизмов.

Основные исследования последнего времени посвящены волновым передачам с промежуточными телами качения (ВПТК).

Таким образом, разработка и исследование ВПТК для авиационных систем является актуальной задачей.

Собрать фактический материал по надежности механизмов на основе проводимых испытаний, выявить технологические проблемы изготовления механизмов в условиях реального производства - задачи проводимых исследований.

Кинематическая схема волновой передачи с промежуточными телами качения показана на рисунке 1.

Движение передается с входного вала волнообразователя через промежуточные тела качения ролики на сепаратор, связанный с выходным валом. Нагруженным элементом передачи является сепаратор, расчет прочности которого и является целью данной работы.

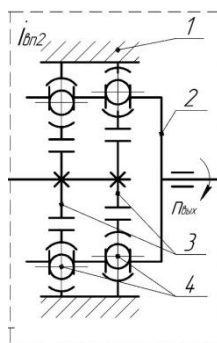


Рис. 1. Кинематическая схема волновой двухступенчатой передачи с промежуточными телами качения:

1 – жесткое колесо; 2 – сепаратор; 3 – волнообразователь; 4 – промежуточные тела качения.

На рис. 2 показана твердотельная модель волновой передачи с промежуточными телами качения.

Исследование напряженно-деформированного состояния передачи проводилось с помощью САЕ системы Solid Edge Simulation методом конечных элементов.

Условия проведения исследования: шлицевая втулка сепаратора фиксировалась, нагрузка на пазы сепаратора прикладывалась с учетом ориентации векторов действующих сил. Величина нормальной нагрузки на грань каждого паза равная 885 Н, определялась по действующему крутящему моменту, который был найден с учетом конструктивных параметров передачи [6]. Материал детали - сталь 40ХН2МА. Предел текучести стали 930 МПа.

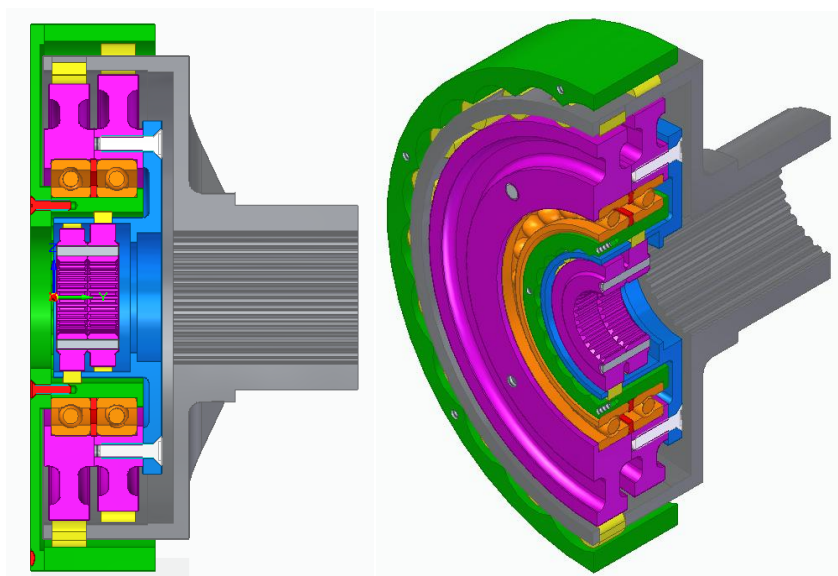


Рис. 2. Твердотельная модель волновой передачи с промежуточными телами качения

Распределение напряжения, при нагружении сепаратора моментом 2970 Н·м, приведено на рисунке 3. Максимальное напряжение 150 МПа меньше предела текучести стали 40ХН2МА.

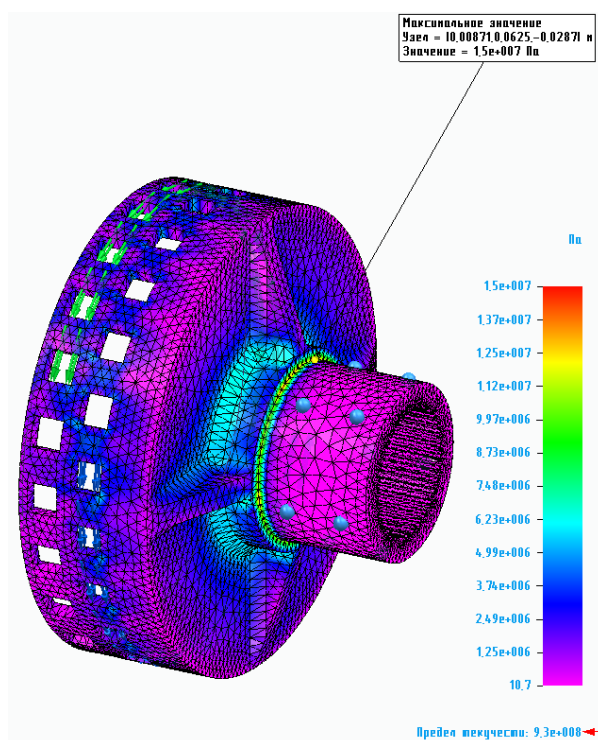


Рис. 3. Распределение напряжения в сепараторе передачи

Результаты моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Момент крутящий M_n , Н·м	2970
Напряжение σ_{max} , МПа	150
Перемещение Δx_{max} , м	$5,31 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент запаса прочности	62,2

Проведенное исследование показало, что при нагружении волновой передачи с промежуточными телами качения крутящим моментом, не превышающим максимально допустимое расчетное значение, напряжение в сепараторе не превышает предел текучести для стали.

Расчетный запас прочности показывает на неоправданно большую материалоемкость сепаратора. Требуется доработка его конструкции для уменьшения массы.

1. Блинов Д.С. Планетарные роликвинтовые механизмы. Конструкции, методы расчетов / Под ред. проф. О.А. Ряховского. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – С.10-38.
2. Г.А. Тимофеев, М.В. Самойлова Геометро-кинематическое исследование комбинированного планетарно-волнового механизма Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2012. №1 – с.70-80.
3. Янгулов В.С. Проектирование передач с линейными перемещениями выходного звена: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С.41-72.
4. Лустенков, М. Е. Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизация потерь мощности: монография / М. Е. Лустенков. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – 274 с. : ил.
5. Герашенко А.Н., Постников В.А., Самсонович С.Л. Пневматические, гидравлические и электрические приводы летательных аппаратов на основе волновых исполнительных механизмов: Учебник. – изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.
6. А.В. Рыбаков, С.П. Грачев Уменьшение массогабаритных показателей редуктора Advanced Science. 2017. №1. С.35

Демин В.И., Аноприева И.К.

Оценка рисков в учебно-курсовом комбинате ООО «УКК «Лабинский»

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-49

idsp: 000001:lj-30-11-2017-49

Аннотация

В работе сделан акцент на том, что идентификация опасностей, оценка рисков и управление ими является одной из важнейших функций системы управления охраной труда. Используя имеющиеся источники информации для учебно-курсового комбината ООО «УКК «Лабинский» в работе составлен реестр профессиональных опасностей по структурным подразделениям. Составленный реестр позволил заполнить блок «идентификация опасных событий» при формировании в дальнейшем в учебном комбинате реестра рисков. Для оценки рисков предложен подход, который опробирован для рабочего места дефектоскописта.

Сделан вывод о том, что составленный реестр рисков позволяет определять общий риск на любом рабочем месте учебного комбината. Для обеспечения непрерывности процесса менеджмента риска в учебном комбинате, необходимо проводить регулярный мониторинг всех видов риска и пересмотр записей в реестре риска.

Ключевые слова: риски, система управления охраной труда, охрана труда, реестр рисков, специальная оценка условий труда, условия труда.

Идентификация опасностей, оценка рисков и управление ими является одной из важнейших функций системы управления охраной труда [1-4], которая позволяет упорядочить и систематизировать мероприятия и действия, направленные на снижение риска от воздействия опасности с целью улучшения результативности в области охраны труда (ОТ) [5,6].

Важнейшим этапом составления реестра рисков в учебно-курсовом комбинате ООО «УКК «Лабинский» (в дальнейшем учебный комбинат) является идентификация опасностей, то есть составление реестра опасностей [7].

Источниками для формирования реестра опасностей могут быть:

- карты специальной оценки условий труда (СОУТ);
- инструкции по ОТ;
- руководства по эксплуатации оборудования;
- наблюдения сотрудников;
- статистическая информация о травматизме в организации;
- результаты государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- результаты производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

Следует отметить, что в результате проведения СОУТ в учебном комбинате были идентифицированы такие вредные и опасные производственные факторы, как:

- световая среда;
- ионизирующее излучение;
- напряженность трудового процесса.

Условия труда (УТ) на всех рабочих местах организации признаны допустимыми (класс 2), а значит, фактические уровни воздействия вредных факторов соответствует гигиеническим нормативам.

Следует отметить, что допустимый класс УТ не исключает возможное негативное воздействие вредных факторов на работников, однако, риск такого воздействия будет минимальным.

В результате исследования источников информации об опасностях в учебном комбинате был составлен следующий перечень источников возникновения профессиональных опасностей:

1. Опасности, связанные с профессиональной деятельностью работника:

- а) наличие предметов труда, имеющих недостаточную механическую прочность;
- б) наличие предметов, имеющих острые кромки, колющие части, заусенцы, шероховатости и т.д.;
- в) наличие емкостей с вредными, опасными, агрессивными веществами;
- г) наличие электрических цепей с опасным напряжением;
- д) наличие взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ и т.д.;
- е) нарушение нормативных требований к рабочему месту;
- ж) наличие психоэмоциональных перегрузок, обусловленных конфликтным началом в паре «руководитель-подчиненный»;
- з) наличие возможности контакта с животными, насекомыми (при работе на выезде);

2. Опасности, связанные с производственной деятельностью организации:

- а) наличие (деятельность) поставщиков, посетителей;
- б) наличие скользких, неровных полов и лестниц;
- в) наличие транспорта;

3. Опасности, связанные с работником, выполняющим данную работу:

- а) недостаточная подготовка работников (образование, профессиональная подготовка, квалификация, стаж, опыт и т.д.).
- б) недостаточный уровень внимания, самодисциплины, неадекватность поведения, нарушение требований нормативно-правовых, технических

и локальных актов, касающихся ОТ, в том числе требований пожарной, электрической, химической, биологической, радиационной, термической безопасности и т.д.

- в) существенно отличные от предусмотренных техническими характеристиками оборудования антропометрические данные (рост, вес), несоответствующие состояние здоровья (телесное, духовное, социальное), возраст, пол работника, образ жизни, наличие вредных привычек и т.д. [8,9,10].

Выявленный перечень можно свести в таблицу 1, распределяя источники возникновения опасностей по подразделениям, в которых они могут возникать.

Таблица 1.

Источники возникновения опасностей в учебном комбинате

Администрация и образовательное подразделение	
1.	Наличие психоэмоциональных перегрузок, обусловленных конфликтным началом в паре «руководитель-подчиненный»
2.	Наличие (деятельность) поставщиков, посетителей
3.	Наличие скользких, неровных полов и лестниц
4.	Наличие транспорта
5.	Недостаточный уровень внимания, самодисциплины; неадекватность поведения; нарушение требований нормативных правовых, технических и локальных актов, касающихся охраны труда, в том числе требований пожарной, электрической, химической, биологической, радиационной, термической безопасности и т.д.
6.	Существенно отличные от предусмотренных техническими характеристиками оборудования антропометрические данные (рост, вес), несоответствующие состояние здоровья (телесное, духовное, социальное), возраст, пол работника, образ жизни. Наличие вредных привычек и т.д.
7.	Наличие напряженности трудового процесса
8.	Наличие искусственного освещения
Лаборатория	
1.	Наличие психоэмоциональных перегрузок, обусловленных конфликтным началом в паре «руководитель-подчиненный»
2.	Наличие (деятельность) поставщиков, посетителей
3.	Наличие скользких, неровных полов и лестниц
4.	Наличие транспорта
5.	Недостаточный уровень внимания, самодисциплины; неадекватность поведения; нарушение требований нормативных правовых, технических и локальных актов, касающихся охраны труда, в том числе требований пожарной, электрической, химической, биологической, радиационной, термической безопасности и т.д.
6.	Существенно отличные от предусмотренных техническими характеристиками оборудования антропометрические данные (рост, вес), несоответствующие состояние здоровья (телесное, духовное, социальное), возраст, пол работника, образ жизни. Наличие вредных привычек и т.д.
7.	Наличие предметов труда, имеющих недостаточную механическую прочность
8.	Наличие предметов, имеющих острые кромки, колющие части, заусенцы, шероховатости
9.	Наличие емкостей с вредными, опасными, агрессивными веществами
10.	Наличие электрических цепей с опасным напряжением
11.	Наличие взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ и т.д.
12.	Нарушение нормативных требований к рабочему месту
13.	Наличие возможности контакта с животными, насекомыми (при работе на выезде)
14.	Недостаточные образование, профессиональная подготовка, квалификация, стаж, опыт и т.д.
15.	Наличие искусственного освещения
16.	Наличие оборудования, способного генерировать ионизирующее излучение

Из таблицы 1 видно, что наибольшее количество источников опасности находится в лаборатории.

На основе анализа источников информации формируется исходная база возможных опасностей. После ее корректировки составляется перечень (реестр) идентифицированных опасностей. Перечень (реестр) необходимо регулярно и своевременно актуализировать. Составленный перечень источников опасностей позволяет заполнить блок «идентификация опасных событий» при формировании в дальнейшем в

учебном комбинате реестра рисков, типовая форма которого приведена в ГОСТ Р 51901.22-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения. Упрощенная форма реестра риска, используемая в малых организациях приведена в Р 50.1.084-2012.

Следует отметить, что структура и состав реестра рисков зависят от особенностей организации. Для учебного комбината разработан реестр, расширенный в части идентификации опасных событий, и в то же время, сокращенный в части анализа и обработки риска. Заполненный блок «идентификация опасных событий» приведен в таблице № 1.

В связи с отсутствием статистических данных о рисках в учебном комбинате для его оценки использованы методы анализа, которые используют опыт персонала для ранжирования рисков.

Оценка рисков производится в следующей последовательности:

1. Идентификация опасностей и их проявления.
2. Каждой идентифицированной опасности ставится в соответствие возможный ущерб и соответствующий ему весовой коэффициент (таблица 2).

Таблица 2.

Трехуровневая шкала тяжести ущерба

Тяжесть ущерба	Весовой коэффициент	Вербальное описание ущерба
Малый	5	Пострадавшему работнику не требуется оказания медицинской помощи; в худшем случае 3-дневное отсутствие на работе
Средний	10	Пострадавшего работника доставляют в организацию здравоохранения или требуется ее посещение; отсутствие на работе до 30 дней; развитие хронического заболевания
Большой	15	Несчастный случай вызывает серьезное (неизлечимое) повреждение здоровья; требуется лечение в стационаре; отсутствие на работе более 30 дней; стойкая утрата трудоспособности или смерть

3. Определяются качественные значения вероятностей наступления ущерба и исхода, не связанного с наступлением ущерба, и соответствующие им весовые коэффициенты с использованием вербального описания вероятностей (частот) (таблица 3).

Таблица 3.

Трехуровневая шкала вероятностей (частот)

Вероятность	Весовой коэффициент	Вербальное описание вероятностей (частот) проявления опасностей и наступления ущерба
Низкая	1	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, не должны возникнуть за все время профессиональной деятельности работника
Средняя	3	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, возникают лишь в определенные периоды профессиональной деятельности работника
Высокая	7	Опасность или ее проявления, которые могут вызвать определенный ущерб, возникают постоянно в течение всей профессиональной деятельности работника

4. Путем перемножения численных значений вероятностей (частот) наступления ущерба на соответствующие весовые коэффициенты ущерба определяются риски по каждой из идентифицированных опасностей.

5. По шкале оценки значимости рисков оценивается значимость рисков по каждой из идентифицированных опасностей (таблица 4).

Таблица 4.

Пример трехуровневой шкалы оценки значимости рисков

Интервал значений риска	$0 < R \leq 5$	$5 < R \leq 10$	$10 < R \leq 15$
Значимость риска	Низкий	Умеренный	Высокий

Значения, рассчитанные в соответствии с пунктами 1-5, заносятся в реестр рисков. На основе полученных данных можно рассчитать риск на каждом рабочем месте учебного комбината. Следует отметить, что одна и та же опасность может проявляться на разных рабочих местах одновременно.

6. Путем сложения рисков для каждой идентифицированной опасности на рабочем месте определяется общий риск.

7. По шкале оценки значимости рисков оценивается значимость риска на рабочем месте (таблица 4).

Используя предложенный подход можно определить риск на рабочем месте дефектоскописта. К данному рабочему месту будут относиться все идентифицированные опасности за исключением опасностей, связанных с управлением транспортным средством. Должность дефектоскописта в учебном комбинате подразумевает как работу с документами в офисе, так и работу на выезде.

Последовательно выполняя шаги 1-5, получим

$$R = 7/58 * 10 + 3/58 * 5 + 3/58 * 10 + 3/58 * 15 + 3/58 * 5 + 7/58 * 5 + 1/58 * 10 + 3/58 * 15 + 3/58 * 15 + 3/58 * 15 + 7/58 * 5 + 1/58 * 10 + 1/58 * 10 + 1/58 * 10 + 3/58 * 10 + 3/58 * 5 + 3/58 * 5 + 3/58 * 0 = 8,017$$

Таким образом, общий риск на данном рабочем месте составит 8,017. В соответствии со шкалой оценки значимости рисков уровень риска на рабочем месте дефектоскописта умеренный. Составленный реестр рисков позволяет определять общий риск на любом рабочем месте учебного комбината.

Для обеспечения непрерывности процесса менеджмента риска в учебном комбинате, необходимо проводить регулярный мониторинг всех видов риска и пересмотр записей в реестре риска.

1. Ригер Т.В. Система управления охраной труда вуза/ Ригер Т.В., Демин В.И., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Дальневосточная Весна-2014: сборник статей 12-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. Под редакцией И.П. Степановой И.П., Никифоровой Г.Е. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – с. 120-123.
2. Демин В.И. Опыт разработки системы управления охраной труда в вузе/Демин В.И., Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А. МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – с. 31 - 33.
3. Ригер Т.В. Разработка системы управления охраной труда на малых предприятиях пищевого профиля/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Истошина Н.Ю.// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 2016. № 1. - с. 113-117.
4. Ригер Т.В. Опыт внедрения системы управления охраной труда на различных предприятиях/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Власенко Н.В.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 10. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/545>.
5. Ксандопуло С.Ю. Проблемы малого бизнеса в области охраны труда на пищевых предприятиях Краснодарского края/ Ксандопуло С.Ю., Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2015. № 4. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/385>.
6. Берсекова В.И. О состоянии охраны труда в организациях строительной отрасли/ Берсекова В.И., Рыжкова А.А., Ригер Т.В., Демин В.И.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2017. № 1. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1328>.
7. Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Козак Д.А. Идентификация опасностей производственного процесса на предприятиях строительной отрасли// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2016. № 5. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/953>.
8. Демин В.И., Ригер Т.В., Ломоносова Д.В. О результатах анализа производственного травматизма на предприятиях строительной отрасли// Тенденции науки и образования в современном мире. 2017. № 27-1. - с. 31-34.
9. Демин В.И. Состояние производственного травматизма на малых предприятиях/ Демин В.И., Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В.//В сборнике Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А. МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – с. 22 - 25.
10. Ригер Т.В. Методика оценки профессионального риска методом использования коэффициента безопасности труда/ Ригер Т.В., Сапрыкина Н.В., Демин В.И., Норман Л.В.// Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2016. № 5. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/960>.

Ермолаева Н.В., Ревенко Д.Е., Бриж В.В., Ермолаев С.Г.
Установка для демонстрации ультразвуковой акустической левитации

*Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ
(Россия, Волгодонск)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-50

idsp: 000001:lj-30-11-2017-50

Аннотация

Демонстрация школьникам различных физических экспериментов является эффективным направлением профориентационной деятельности. В связи с этим создание нового демонстрационного физического лабораторного оборудования является актуальным и востребованным. В данной работе спроектирована и изготовлена установка для демонстрации ультразвуковой акустической левитации.

Ключевые слова: профориентационная работа, акустическая левитация, физический лабораторный практикум.

Введение

Важным направлением деятельности образовательной организации является проведение массовых мероприятий профориентационной направленности для школьников и их родителей. Эффективными приемами взаимодействия со школьниками, стимулирующими интерес и познавательную активность детей, является демонстрация физических опытов и привлечение школьников к проведению лабораторных занятий на базе учебного лабораторного оборудования кафедры физики. Такая работа проводится на кафедре физики ВИТИ НИЯУ МИФИ уже несколько лет.

В настоящее время для демонстрации физических экспериментов используется такое оборудование, как катушка Тесла, маятник Максвелла, волчок Томпсона, солнечная батарея, плазмозаряд. Кроме того, силами студентов под руководством преподавателей кафедры создается новое демонстрационное лабораторное оборудование. В частности, создан действующий прототип устройства на основе смартфона, модуля типа Arduino UNO и ряда датчиков для измерения температуры и влажности воздуха, а также концентрации различных газов в воздухе. Нами предложено использование данного устройства в физическом лабораторном практикуме для студентов [1]. Кроме того, это устройство вызывает большой интерес у школьников, посещающих с экскурсиями кафедру физики.

Целью данной работы является проектирование и изготовление лабораторного учебного оборудования для демонстрации акустической левитации.

Аппаратные средства и алгоритм работы устройства

Ультразвуковая акустическая левитация - бесконтактное манипулирование объектами с использованием стоячих акустических волн. Способ звуковой левитации основан на использовании звуковых волн для уравнивания силы тяжести [2]. Устройство ультразвуковой акустической левитации состоит из двух основных частей: преобразователя - вибрирующей поверхности, которая производит звуковые волны и отражателя - пластины, от которой отражается звуковая волна. Блок-схема установки представлена на рис.1.

От блока питания на устройство поступает рабочее напряжение 12 В. Генератор электрического сигнала подает электрический прямоугольный импульс на электроакустический преобразователь ультразвуковой установки. Ультразвуковая колебательная система формирует ультразвуковую волну с частотой от 40 кГц и выше. Электроакустический преобразователь преобразует электрический сигнал в звуковую волну. Ультразвуковой концентратор используется для увеличения интенсивности ультразвука. Отражатель из оргстекла служит для формирования стоячей волны в области 3 в результате отражения.

Внешний вид аппаратной части установки представлен на рис.2.

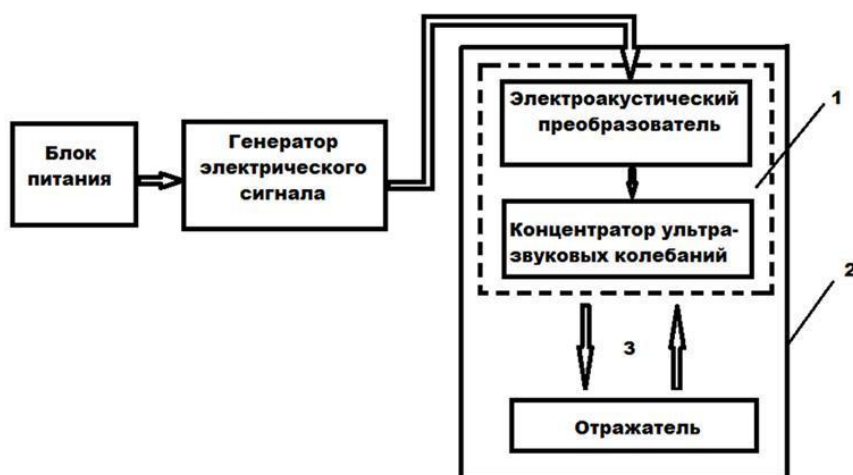


Рисунок 1- Блок - схема проектируемой установки: 1 – ультразвуковая колебательная система; 2 – корпус ультразвуковой установки; 3 – область формирования стоячей волны.

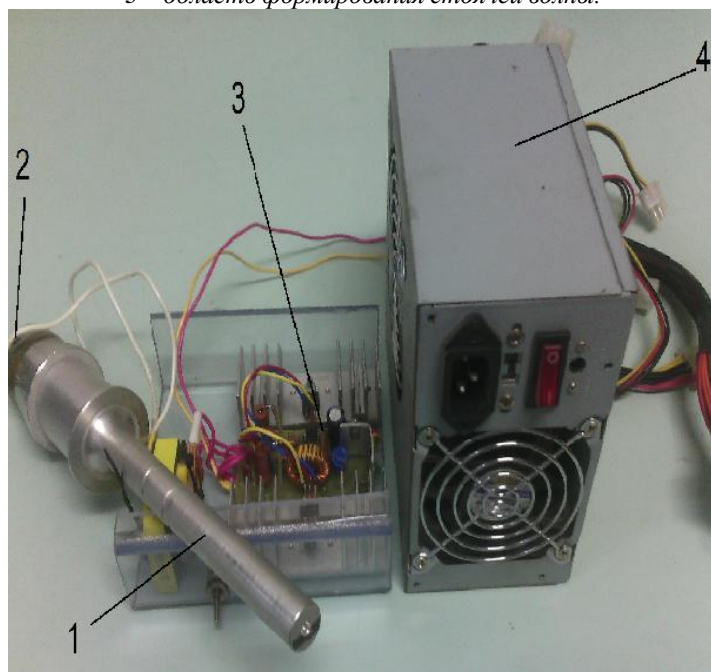


Рисунок 2 – Аппаратная часть установки для демонстрации ультразвуковой акустической левитации: 1- ультразвуковой концентратор; 2- пьезоэлектрический преобразователь; 3- генератор электрического сигнала; 4 – блок питания.

Ультразвуковая колебательная система 1 закреплена на штативе, что дает возможность регулировать расстояние между электроакустическим преобразователем и отражателем. Отражатель устанавливается по отношению к преобразователю таким образом, чтобы в расстояние между ними укладывалось целое число длин волн, и области низкого и высокого давления были параллельны оси гравитации. В этом случае звуковая волна создает постоянное давление на левитирующий объект снизу и уравнивает силу тяжести.

В качестве источника ультразвука в установке используются пьезоэлектрический преобразователь, представляющий собой пьезоэлектрические кольца, с помощью болта и гайки прикрепленные к ультразвуковому концентратору. При подаче на пьезопластину электрического напряжения она изменяет свою толщину вследствие так называемого обратного пьезоэлектрического эффекта. Если напряжение знакопеременно, то пластина колеблется в такт этим изменениям, создавая в окружающей среде упругие колебания. При этом пластина работает как излучатель.

Для демонстрации акустической левитации используется набор пенопластовых шариков разного диаметра (от 0,5 см до 1,5 см).

Использование левитации – высокотехнологическое направление. Знакомство школьников с новыми перспективными технологиями является актуальным, поскольку способствует формированию научно-исследовательских компетенций.

Заключение

Эффективным методом профориентации, стимулирующим профессиональное самоопределение и профессиональный выбор школьников в пользу технических специальностей, является проведение лабораторных занятий по физике со школьниками и демонстрация им физических экспериментов. Проектирование и изготовление лабораторных установок для демонстрации физических экспериментов во время массовых мероприятий профориентационной направленности является актуальным и востребованным.

В настоящей работе спроектировано и изготовлено лабораторное учебное оборудование для демонстрации акустической левитации.

1. Ермолаева Н.В., Ратушный В.И. и др. Применение смартфона в физическом лабораторном практикуме. // сб. тез. докладов XIV Междунар. учеб.-метод. конф. «Современный физический практикум». М., Издательский дом МФО, 2016 г., С. 148-149.
2. Уразаев В. Техническая левитация обзор методов. [Электронный ресурс]// URL: <http://www.metodolog.ru/01346/01346.html> (дата обращения 25.08.2017)

Кожанов В.Н., Петелин А.А. Новиков И.В.

Исследование показателей вибрации двигателя Д-240 при отключении части его цилиндров

*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»
(Россия, Челябинск)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-51

idsp: 000001:lj-30-11-2017-51

Аннотация

Проведены экспериментальные исследования по влиянию отключения части цилиндров двигателя Д-240 на показатели его вибрации. Исследования вибрации проводились на режиме холостого хода при частоте вращения коленчатого вала двигателя от 1000 до 2200 мин-1 с шагом 200 мин-1: без отключения; только с отключением подачи топлива во второй и третий цилиндры двигателя; с отключением подачи топлива и клапанов второго и третьего цилиндров двигателя. В настоящей статье приведены результаты и анализ исследований изменения показателей виброскоростидвигателя при отключении части работающих цилиндров.

Ключевые слова: вибрация, двигатель, отключение части цилиндров, мощность колебательного процесса.

Все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать травмирующие и вредные факторы. При этом любое новое позитивное действие или результат неизбежно сопровождается возникновением новых негативных факторов [1].

В настоящее время перечень реально действующих негативных факторов значителен и насчитывает более 100 видов. К наиболее распространенным и обладающим достаточно высокими концентрациями или энергетическими уровнями относятся шум и вибрация.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает центральную нервную систему (ЦНС), вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

При действии на организм вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуловегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40 % [2].

Однако вибрация негативно влияет не только на организм человека, но и на узлы автотракторной техники.

Повышенный уровень вибрации вызывает дополнительную нагрузку на детали, сокращение их ресурса, а в некоторых случаях и разрушение. Периодически действующая сила может привести к усталостному разрушению, так как происходит многократная нагрузка на детали.

В последние годы заметно возрос интерес к вопросам вибрации и шума двигателей. Общее усовершенствование с.-х. техники и автомобилей и новые повышенные требования к улучшению условий труда обслуживающего персонала выдвигают проблему борьбы с вибрацией и шумом на первый план. От решения этой проблемы во многом зависят возможности дальнейшего повышения быстроходности двигателей, их форсирования за счет интенсификации рабочего процесса и снижения массы (веса).

К сожалению, данный вопрос сложен и недостаточно изучен.

Ранее, подобные исследования проводил В.Е. Тольский (д.т.н; профессор, старший эксперт ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ») в своей работе «Экспериментальное исследование вибрации автомобилей при работе ДВС»; М. И. Фесин (к.т.н.) изучал вопрос снижения шума в своей работе «Разработка мероприятий по уменьшению шума ДВС на легковом автомобиле».

Одной из частей изучаемого вопроса является исследование показателей вибрации ДВС при отключении части его цилиндров.

При оценке целесообразности регулирования мощности двигателя отключением части цилиндров ограничиваются обычно исследованием влияния изменения числа его работающих цилиндров на показатели, характеризующие совершенство рабочего процесса: расход топлива, токсичность отработавших газов [3,4]. Такая оценка, однако, недостаточна, так как в ней не учтено неблагоприятное воздействие возрастающей неравномерности крутящего момента, усиливающей вибрацию двигателя.

Исследования вибрации проводились на режиме холостого хода при частоте вращения коленчатого вала двигателя от 1000 до 2200 мин⁻¹ с шагом 200 мин⁻¹: без отключения; только с отключением подачи топлива во второй и третий цилиндры двигателя; с отключением подачи топлива и клапанов второго и третьего цилиндров двигателя.

Исследования вибрации двигателя Д-240 проводились с помощью прибора ОКТАВА-110А-ЭКО и датчика вибропреобразователя АР-2037.

Датчик АР-2037 устанавливался, как показано на рисунке 1 [5].

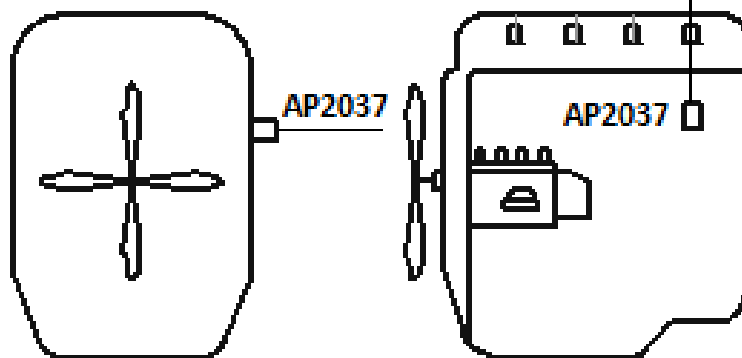


Рисунок 1 - Схема установки датчика вибропреобразователя на двигателе

На рисунках 2, 3 приведены результаты измерения виброскорости, характеризующую мощность колебательного процесса, в вертикальном и горизонтальном направлении по логарифмической шкале на режиме холостого хода работы двигателя при различных частотах вращения коленчатого вала.

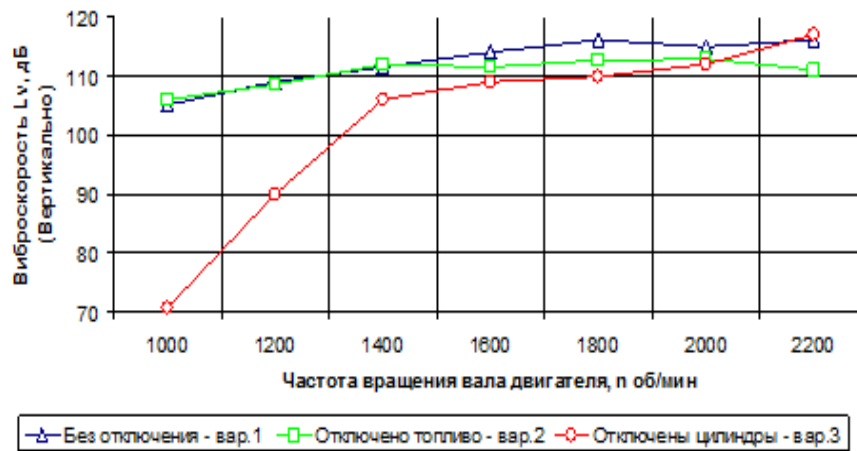


Рисунок 2 - Зависимость виброскорости от частоты вращения коленчатого вала

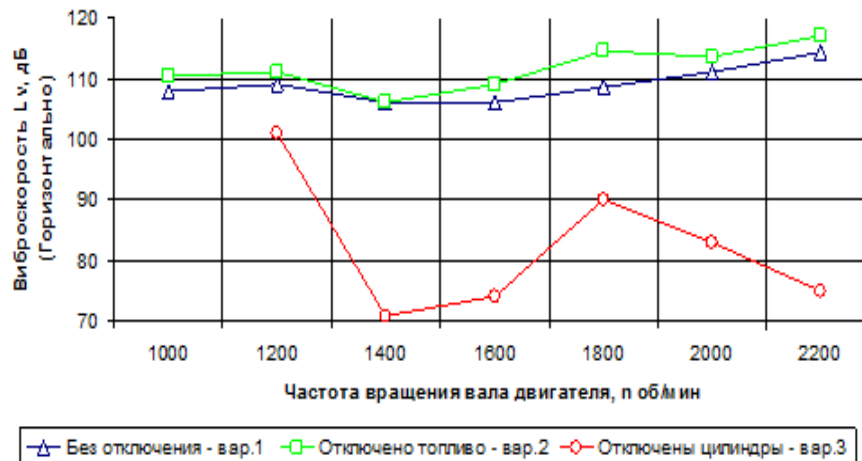


Рисунок 3 - Зависимость виброскорости от частоты вращения коленчатого вала

Как видно из приведенных данных, при увеличении частоты вращения коленчатого вала, уровень виброскорости в вертикальном направлении возрастает, по варианту 1 со 105 до 116 дБ и варианту 2 со 106 до 111 дБ, а при отключении подачи топлива и клапанов 2, 3 цилиндров, уровень виброскорости возрастает с 70,6 до 117 дБ. При отключении только подачи топлива во 2 и 3 цилиндры уровень, виброскорости мало отличается от варианта 1 (без отключения), зато при отключении топлива и клапанов 2, 3 цилиндров уровень виброскорости существенно отличается, при частотах вращения коленчатого вала от 1000 до 1400 мин⁻¹, и незначительно при частотах от 1400 до 2200 мин⁻¹.

В горизонтальном направлении возрастает, по варианту 1 со 108 до 114,2 дБ и варианту 2 со 110,5 до 117,1 дБ, а отключение подачи топлива и клапанов 2, 3 цилиндров уровень виброскорости уменьшается со 101 до 75 дБ. При отключении только подачи топлива во 2 и 3 цилиндры уровень виброскорости практически не отличается от варианта 1 без отключения, зато при отключении топлива и клапанов 2, 3 цилиндров, уровень виброскорости существенно отличается, при частотах вращения коленчатого вала от 1000 до 1400 мин⁻¹, уровень виброскорости резко уменьшается, затем возрастает на частотах от 1400 до 1800 мин⁻¹ и снова уменьшается при частотах от 1800 до 2200 мин⁻¹.

В четырехцилиндровом рядном двигателе низкочастотные колебания вызываются главным образом следующими факторами:

1) дисбалансом вращающихся деталей и неодинаковым весом поступательно движущихся масс;

2) неравномерностью крутящего момента двигателя.

Таким образом, низкочастотные колебания зависят от общей конструктивной схемы двигателя и точности его изготовления и сборки [6].

Если объект подвержен вибрации от периодических сил, то стремятся прежде всего уменьшить их в самом источнике. Для этого повышают точность балансировки вращающихся деталей, точность обработки и чистоту поверхности сопрягающихся деталей, применяют взаимно уравновешивающие механизмы, уменьшают значения действующей на вибрирующую деталь силы и частоты вращения, увеличивают продолжительность рабочего цикла.

Так как вибрационное возбуждение в источнике полностью устранить не удастся, то возникает необходимость виброзащиты самого объекта. Ее осуществляют следующими методами:

- присоединяют к объекту упругое подвешенное тело — динамический гаситель, воспринимающий вибрацию основного объекта (динамическое гашение вибрации);
- применяют демпфирование, достигаемое как за счет внутреннего поглощения энергии в материале и конструкции (нанесение слоя упруговязких материалов или применение двухслойных материалов типа сталь — алюминий), так и присоединением специальных демпферов (динамическое поглощение);
- между источником возбуждения колебаний и объектом устанавливают упругие элементы — пружины, резинометаллические виброизоляторы, прокладки из резины и т. п. (виброизоляция) [7].

1. Михайлов Л. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов, 2-е изд. "Издательский дом "Питер"". 2012 г. С. 461.
2. KNOWED.RU - Учебные материалы. Режим доступа: <http://www.knowed.ru/>
3. Анализ характеристик холостого хода дизеля Д-240 при отключении части цилиндров / С. Ю. Федосеев [и др.] // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2011. – № 58. – С. 166-169.
4. Петелин, А. А. Анализ нагрузочных характеристик дизеля Д-240 при отключении части цилиндров / А. А. Петелин, С. Ю. Федосеев // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2011. – № 58. – С. 148-151.
5. ГОСТ Р 52914-2008 Двигатели тракторные и комбайновые. Виброакустические показатели и методы испытаний. 2008. С. 18.
6. Автотранспортный портал. Режим доступа: <http://www.nport.ru/>
7. Зотов Б. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 311300, 311500, 311900/ В.И. Курдюмов.- 2-издание, переработанное и дополненное. - М.: Колос, 2003. 432 с.

Кондаков А.С.

Восстановление момента трения в полимерном подшипнике скольжения по температурным данным

*Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-52

idsp: 000001:lj-30-11-2017-52

Аннотация

Приводится расчётный метод восстановления момента силы трения в полимерном подшипнике скольжения по температурным замерам и его сравнение с экспериментальными значениями при стендовом испытании.

Ключевые слова: полимерный подшипник скольжения, узел трения, температура, момент трения, обратная задача, эксперимент.

Одним из основных этапов создания подшипников из полимерных материалов, работоспособных в экстремальных условиях, является проведение стендовых и эксплуатационных испытаний. В условиях эксплуатации и при проведении стендовых испытаний не всегда удается получить данные о потерях на трение в подшипниках скольжения, что существенно затрудняет определение основных параметров (например, момента трения), необходимых для прогнозирования их работоспособности и оценки технического состояния. Существующие методы непосредственного замера момента трения предусматривают использование специальных упругих элементов, размещение которых даже в стендовых установках крайне затруднено. С точки зрения доступности, наиболее выгодным являются температурные измерения.

Замеры температуры в том или ином объеме традиционно проводятся практически при любых стендовых испытаниях узлов трения машин и механизмов. Поэтому восстановление потерь на трение по значениям температур, измеряемым в различных точках одного из элементов сопряжения - один из наиболее логических путей повышения информативности испытаний, повышения достоверности технического контроля и диагностики состояния опор скольжения.

В работе [1, 2] предложен метод тепловой диагностики трения, позволяющий восстанавливать момент трения по замерам температуры на основе решения обратной задачи теплопроводности. Метод основан на том факте, что практически вся энергия, затрачиваемая на трение, переходит в теплоту [3, 4]. Особенностью обратных задач является их некорректность, которая заключается в неустойчивости решения к малым погрешностям в исходных данных, что требует привлечения специальных регуляризирующих методов решения.

В данной работе рассматривается наиболее распространённый в машинах и механизмах узел трения – полимерный подшипник скольжения сухого трения. Подшипник скольжения как объект исследования удобен для отработки методики восстановления момента трения, поскольку наряду с простотой геометрической формы для него характерны многие особенности контактного взаимодействия узлов трения.

Рассмотрим схему подшипника скольжения из полимерного антифрикционного материала, представленную на рис. 1. Скольжение происходит по поверхности соприкосновения элементов 1 и 2 с углом контакта $2\varphi_0$. Неподвижная втулка жёстко соединена с обоймой подшипника. Вал вращается с достаточно высокой скоростью, что позволяет тепловой поток на поверхности вала принять равномерно распределённым по окружности.

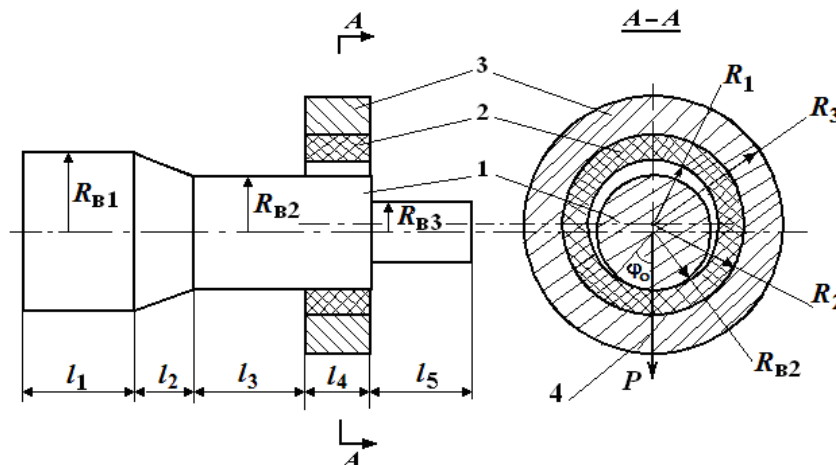


Рис.1. Схема подшипника скольжения: 1 – вал, 2 – полимерная втулка, 3 – обойма, 4 – ось нагружения подшипника, P – нагрузка поджатия

В результате трения в зоне контакта вала с полимерной втулкой происходит тепловыделение с интенсивностью $Q(t)$. Угол зоны контакта будем считать известным и неизменным в течение времени испытаний. Примем следующие основные допущения: распределение температуры в подшипнике симметрично относительно оси нагружения и однородно по длине; теплообмен с торцов подшипника пренебрежимо мал. Имея в виду существенные различия (до двух порядков) теплопроводностей металлического вала и полимерной втулки будем полагать, что температурное поле в поперечном сечении вала однородным.

Рассмотрим пространственную цилиндрическую систему координат (r, φ, z) , где ось координаты Oz совпадает с осью вала. Используя принятые допущения, представим втулку и обойму подшипника плоскими, а вал – как стержень (одномерный элемент). Тогда распределение температуры во втулке с обоймой удовлетворяет двумерному уравнению теплопроводности с разрывными при $r = R_2$ коэффициентами объёмной теплоёмкости C , и теплопроводности λ :

$$C(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right), \quad (1)$$

$$R_1 < r < R_3, \quad 0 < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m,$$

связанному с одномерным уравнением теплопроводности для определения распределения температуры по длине вала

$$C_B(U) S(z) \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[S(z) \lambda_B(U) \frac{\partial U}{\partial z} \right] - P(z) \alpha_B (U - T_{cp}) +$$

$$+ \Theta(z) \left[Q(t) + 2R_{B2} \int_0^{\varphi_0} \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_{B2}} d\varphi \right], \quad 0 < z < L, \quad 0 < t \leq t_m, \quad (2)$$

где $T(r, \varphi, t)$, $U(z, t)$ – температуры подшипника и вала, t_m – время испытания, α_B – коэффициент теплообмена, T_{cp} – температура окружающей среды, L – длина вала, $S(z)$ и $P(z)$ – функции площади и периметра сечений вала по длине, $\Theta(z)$ равна 1 в точках контакта вала со втулкой и равна 0 в противном случае.

На свободных поверхностях сопряжения задаются обычные условия конвективного теплообмена с окружающей средой. При известной функции интенсивности тепловыделения $Q(t)$ прямая задача определения нестационарного температурного поля в валу и подшипнике решается методом конечных разностей.

Теперь сформулируем обратную задачу по восстановлению момента трения скольжения в подшипнике. Пусть в полимерной втулке вблизи зоны трения при $r = R_1 < R < R_2$, $\varphi = 0$ в течение времени испытаний проведены замеры температуры $T^e(t)$.

Обратная задача определения момента трения ставится следующим образом. Восстановить функцию $Q(t)$ и момент силы трения $M(t)$, связанные формулой $M(t) = Q(t)R_1/V$, из условия минимума функционала

$$J[Q(t)] = \int_0^{t_m} [T(R, 0, t) - T^e(t)]^2 dt \quad (3)$$

на решениях уравнений (1) и (2) с соответствующими граничными условиями. (V – скорость вращения вала). Функционал (3) характеризует меру отклонения расчётных температур $T(R, 0, t)$ от заданных температур $T^e(t)$.

Такие обратные задачи определения причинной характеристики (тепловыделения) по следственным показателям (температуре) неустойчивы к малым погрешностям в замерах температуры. Поэтому для решения обратной задачи использовался метод итерационной регуляризации на основе градиентных методов минимизации функционала невязки [5]. Градиент функционала (3) определялся, используя сопряженную краевую задачу. Решение модельных задач показали, что разработанный алгоритм позволяет определять функцию тепловыделения $Q(t)$ с погрешностью сопоставимой с погрешностью задания температурной информации.

Для проверки эффективности разработанного метода проведена экспериментальная проверка восстановления момента силы трения, изменяющегося во времени, по замерам температуры. Эксперименты проводились по схеме “вал-втулка” на испытательной машине СМТ-1, оснащённой торсионным датчиком трения, при постоянной скорости вращения вала $V = 0,39$ м/с в диапазоне нагрузок $P = 500 \div 1500$ Н. Испытывалась втулка, изготовленная из наполненного фторопласта Ф4К20. Размеры подшипника: $R1 = 13$, $R2 = 16$, $R3 = 31$ мм. Размеры вала: $I1 = 22$, $I2 = 9$, $I3 = 43$, $I4 = d = 20$, $I5 = 26$, $RB1 = 15$, $RB2 = 12,5$, $RB3 = 5,5$ мм. Полуугол контакта $\varphi_0 = 25^\circ$. Вал и обойма подшипника изготовлены из металлических материалов. Теплофизические характеристики материалов втулки, обоймы и вала были взяты из справочных источников.

На рис.2 представлены результаты восстановления момента трения по показаниям термопары при $R = 14$ мм. Расчётные значения момента трения с удовлетворительной точностью (10-15 %) согласуются со значениями, полученными датчиком трения. Экспериментальная проверка показала возможность практического использования предлагаемого метода для восстановления момента трения в реальных сопряжениях.

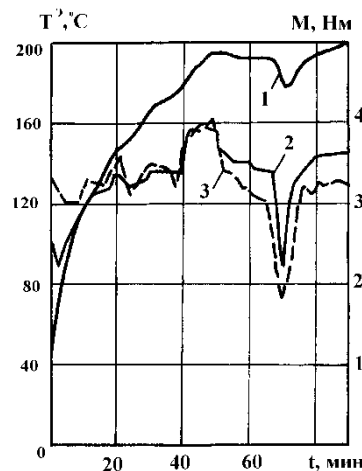


Рис.2. Сравнение экспериментальных и расчётных значений момента трения: 1 – измеренная температура; 2, 3 – измеренные и рассчитанные моменты трения соответственно

Полезность разработанного метода заключается в повышении информативности температурных измерений при эксплуатационных испытаниях узлов трения.

1. Bogatin O., Chersky I., Starostin N. Simulation and Identification of Nonstationary Heat Transfer in Nonuniform Friction Contact // Trans. ASME. Journal of Tribology. - 1993. - Vol. 115. №2. - P. 299-306.
2. Старостин Н.П., Тихонов А.Г., Мороз В.А., Кондаков А.С. Расчет триботехнических параметров в опорах скольжения. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН – 1999. – 274 с.
3. Кузнецов В.Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов: Избранные труды. - М.: Наука, 1977. – 310 с.
4. Костецкий Б.И., Линник Ю.И. Энергетический баланс при внешнем трении металлов // ДАН СССР. - 1968. - Т.183, №5. - С. 42-46.
5. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. – Москва: Машиностроение. – 1988. – 280 с.

Кондаков А.С.**Тепловая диагностика трения в шаровой опоре с полимерным антифрикционным вкладышем***Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)**doi: 10.18411/lj-30-11-2017-53**idsp: 000001:lj-30-11-2017-53***Аннотация**

Приводится расчётный метод восстановления функции интенсивности тепловыделения в шаровой опоре по температурным данным. Исследуется устойчивость метода к погрешностям в температурных измерениях. Приводится результат практической апробации метода для шаровой опоры автомобиля ВАЗ-2106 - «Жигули».

Ключевые слова: шаровая опора, мощность трения, интенсивности тепловыделения, температура, обратная задача, итерационная регуляризация, эксперимент.

Abstract

A calculation method for reconstructing the function of the intensity of heat release in a ball bearing from the temperature data is given. The stability of the method to the errors in temperature measurements is investigated. The result of the practical approbation of the method for the spherical support of the car VAZ-2106 - Zhiguli is given.

Keywords: spherical support, frictional power, heat dissipation, temperature, inverse problem, iterative regularization, experiment.

Предлагаемый метод тепловой диагностики узлов трения основан на следующем факте, что практически вся механическая энергия, затрачиваемая на трение, трансформируется в тепловую энергию [1, 2]. Существующие методы непосредственного замера мощности трения предусматривают использование упругих элементов, установка которых, даже в условиях стендовых испытаний узлов трения, крайне затруднительно. Это приводит к необходимости определять механическую энергию, затраченную на трение, по замерам других величин. С точки зрения доступности измерений, наиболее выгодным является температурная информация, не требующая для измерения сложного и громоздкого оборудования.

Регистрация температуры в окрестности зоны трения, построение математической тепловой модели, адекватной процессу теплообмена в сопряжении, и решение соответствующей граничной обратной задачи позволяет восстановить теплоту, выделившуюся в результате трения [3, 4]. Для решения трёхмерной граничной обратной задачи необходимо задавать замеры температуры на некоторой поверхности внутри одного из элементов сопряжения, что практически невыполнимо из-за возможного нарушения целостности материала и искажения температурного поля. Такое положение приводит к необходимости использования упрощённых математических тепловых моделей, которые достаточно адекватно описывают реальное температурное поле в сопряжении и значительно сокращают количество точек замера температуры, необходимых для восстановления функции тепловыделения при трении.

Чтоб показать принципиальную возможность проведения тепловой диагностики трения, рассмотрим одну из наиболее распространённых в технике узлов трения – шаровую опору с антифрикционным полимерным вкладышем. Шаровые опоры широко применяются в различных подвижных технических средствах в том числе автотранспортных. Для решения приведённой ниже обратной задачи теплообмена используется метод итерационной регуляризации на основе градиентных методов минимизации функционала [5].

Рассмотрим шаровую опору, расчётная схема которой приведена на рис.1. Металлический шаровой палец 1 совершает колебания с малой амплитудой и высокой частотой по поверхности вкладыша 2 из антифрикционного полимерного материала. Вкладыш жёстко соединён с металлическим корпусом 3.

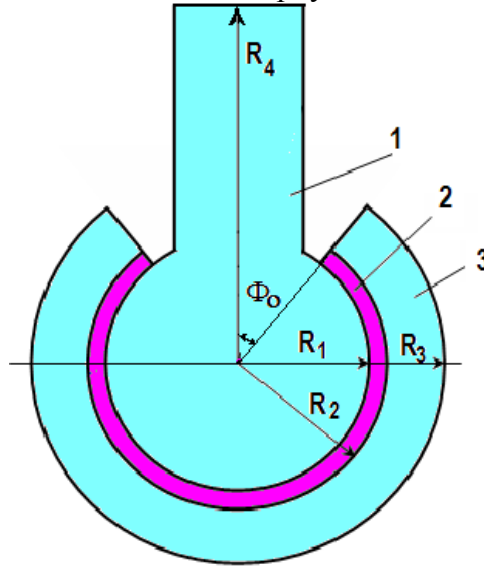


Рис.1. Схема шаровой опоры: 1 – палец; 2 – антифрикционный вкладыш; 3 – корпус

При допущении симметрии температурного поля шаровой опоры относительно оси нагружения, нестационарное температурное поле в шаровой опоре описывается двухмерным уравнением теплопроводности в сферической системе координат с сосредоточенным источником тепла на поверхности трения

$$C_i(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_i(T) r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\lambda_i(T) \sin \varphi \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right) + \frac{\delta(r - R_1) \Theta(\varphi) Q(\varphi, t)}{4\pi R_1^2 \sin^2(\varphi/2)}; \quad i = 1, 2, 3; \quad 0 < t \leq t_m; \quad 0 \leq \varphi \leq \pi, \quad (1)$$

в котором индекс $i=1$ относится к материалу шарового пальца, $i=2$ - к полимерному композиционному материалу вкладыша, $i=3$ - к материалу корпуса. $Q(\varphi, t)$ - функция интенсивности тепловыделения в зоне трения шарового пальца и вкладыша;

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & x = 0; \\ 0, & x \neq 0, \end{cases} \quad \Theta(\varphi) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \varphi < \Phi_0; \\ 1, & \Phi_0 \leq \varphi \leq \pi. \end{cases}$$

Уравнение (1) дополняется начальным распределением температуры и граничным условием конвективного теплообмена на наружной границе расчётной области.

Обратная задача восстановления функции интенсивности тепловыделения $Q(\varphi, t)$ по температурным данным $f(\varphi, t)$, в точках расположенных во вкладыше по окружности при $r = R$, $R_1 < R < R_2$; $\Phi_0 \leq \varphi \leq \pi$ заключается в минимизации функционала невязки

$$J[Q(\varphi, t)] = \frac{1}{2} \int_0^{t_m} \int_{\Phi_0}^{\pi} [T(R, \varphi, t) - f(\varphi, t)]^2 d\varphi dt \quad (2)$$

на решениях уравнения (1) с заданными начальными и граничными условиями.

Решение поставленной обратной задачи проводится методом итерационной регуляризации на основе метода сопряжённых градиентов минимизации функционала невязки [5]. Градиент функционала (2) определяется решением сопряжённой краевой задачи.

Краевые задачи решались численно методом конечных разностей. В качестве объекта при выполнении расчётных вычислений была взята шаровая опора верхней передней подвески автомобиля ВАЗ-2106 - «Жигули» со следующими геометрическими размерами: $R_1=18,5$ мм, $R_2=20$ мм, $R_3=25$ мм, $R_4=45$ мм, $\Phi_0=\pi/4,5$.

С целью выявления практической пригодности метода тепловой диагностики трения в шаровой опоре был проведён вычислительный эксперимент по восстановлению заданной модельной функции $Q(\varphi, t)$, график которой приведён на рис.2(а). Решением прямой задачи были сохранены значения температур в точках вкладыша при $r = R$, $R_1 < R < R_2$; $\Phi_0 \leq \varphi \leq \pi$, которые в последствии принимались как температурные данные для решения обратной задачи восстановления функции $Q(\varphi, t)$. Результат этого восстановления с точными температурными данными приведён на графике на рис.2(б). Видно, что точность восстановления достаточно высока за исключением окрестности конечной точки временного интервала, в которой градиент функционала невязки обнуляется и искомая функция не восстанавливается.

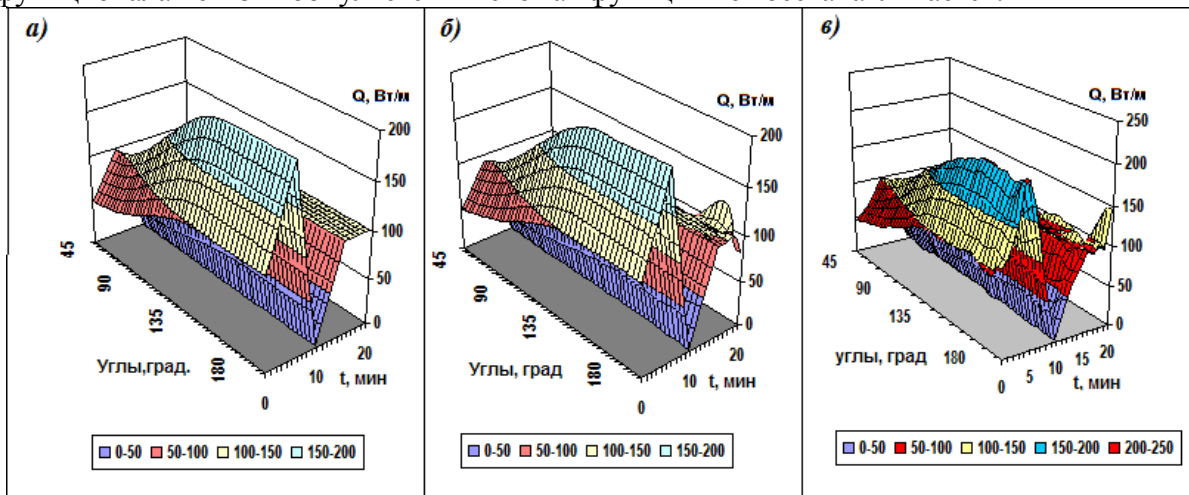


Рис.2. Восстановление функции интенсивности тепловыделения в шаровой опоре: а) - модельная функция; б) - восстановленная функция по точным температурным данным; в) – восстановленная функция по возмущённым температурным данным.

Наибольший интерес представляет собой чувствительность предложенного метода восстановления интенсивности тепловыделения к погрешностям температурных данных, т.е. устойчивость алгоритма к возмущениям входных данных. Возмущения входных данных имитировались обычным образом

$$\bar{f}(\varphi, t) = f(\varphi, t) + 2\Delta(\sigma(t) - 0.5), \quad 0 \leq t \leq t_m,$$

где $\sigma(t)$ – нормально распределённая на отрезке $[0, 1]$ случайная функция, Δ - уровень погрешности. На рис.2(в) приведён результаты расчёта восстановления при $\Delta=2$, т.е. вносится максимально 2 градуса Цельсия погрешности в температурных данных. Сравнения этих расчётных значений с точными модельными показывают достаточную устойчивость метода к погрешностям входных данных, приемлемую для практических целей.

Практическая апробация метода была проведена в эксперименте по восстановлению функции интенсивности тепловыделения в шаровой опоре верхней передней подвески автомобиля ВАЗ-2106 - «Жигули» во время её выезда по городу в ноябре месяце с температурой воздуха около -20 градусов Цельсия. Для этого заранее в

антифрикционным полимерном вкладыше испытываемой шаровой опоры для регистрации температуры были закреплены шесть хромель-алюмелевых термопар равномерно по окружности на расстоянии 1 мм от зоны трения вкладыша с пальцем.

Для восстановления искомой функции интенсивности тепловыделения в шаровой опоре необходимо задавать температурные данные во всех точках дуги окружности внутри вкладыша, чего невозможно осуществить практически. В связи с этим использовали метод интерполирования температурных данных с установленных шести термопар. Результаты расчётов приведены на рис.3.

Во время контрольного заезда температурные датчики реагировали на изменение скорости автомобиля, на качество дорожного покрытия и на вынужденные остановки на светофорах. Там, где нагрузка на подвеску автомобиля возрастала, при движении по дорогам с неровным дорожным покрытием или при движении с высокой скоростью, регистрировалось повышение температуры в окрестности зоны трения в шаровой опоре. При движении по ровной дорожной поверхности или при остановках, например, на светофорах, регистрировалось понижение температуры в шаровой опоре. Все эти изменения в температурных данных реагировали соответственным образом на величину интенсивности тепловыделения.

Проведённые теоретические и экспериментальные исследования показывают практическую пригодность изложенной методики для определения затрат на трение в реальных узлах.

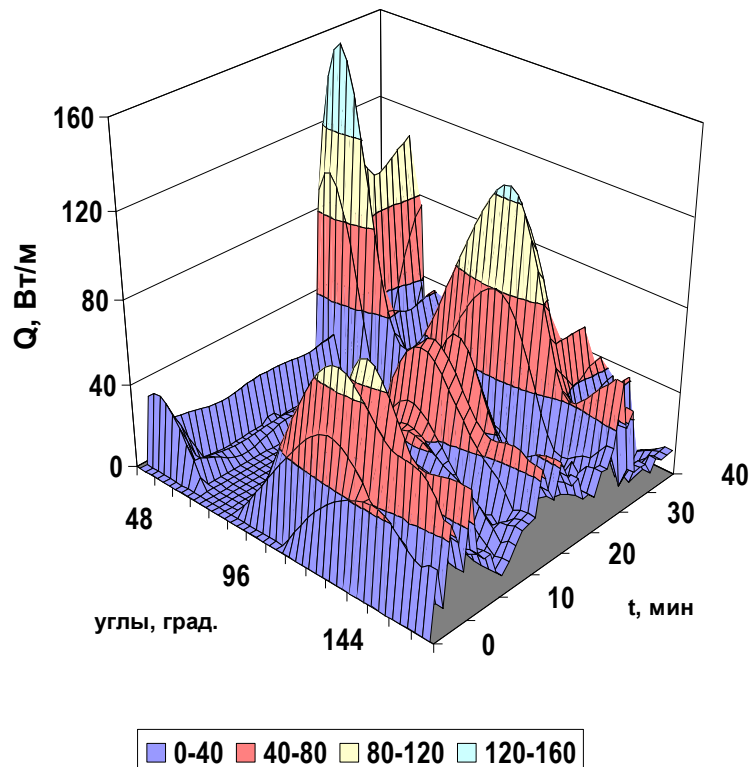


Рис.3. Восстановленная функции интенсивности тепловыделения в шаровой опоре автомобиля

1. Кузнецов В.Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов: Избранные труды. - М.: Наука, 1977. – 310 с.
2. Костецкий Б.И., Линник Ю.И. Энергетический баланс при внешнем трении металлов // ДАН СССР. - 1968. - Т.183, №5. - С. 42-46.
3. Bogatin O., Chersky I., Starostin N. Simulation and Identification of Nonstationary Heat Transfer in Nonuniform Friction Contact // Trans. ASME. Journal of Tribology. - 1993. - Vol. 115. №2. - P. 299-306.
4. Старостин Н.П., Тихонов А.Г., Мороз В.А., Кондаков А.С. Расчет триботехнических параметров в опорах скольжения. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН – 1999. – 274 с.
5. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. – Москва: Машиностроение. – 1988. – 280 с.

Кондаков А.С.**Тепловая диагностика трения в системе полимерных подшипников на общем валу по температурным данным***Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)**doi: 10.18411/lj-30-11-2017-54**idsp: 000001:lj-30-11-2017-54***Аннотация**

Предложен метод тепловой диагностики трения, позволяющий определить мощности трения в системе полимерных подшипников на общем валу с переменным поперечным сечением на основе решения граничной обратной задачи теплообмена. Эффективность метода подтверждается проведением вычислительных экспериментов с возмущёнными температурными данными.

Ключевые слова: узел трения, система полимерных подшипников, температура, мощность трения, обратная задача, регуляризация, вычислительный эксперимент.

1. Введение. Предлагаемый метод тепловой диагностики узлов трения основан на следующих фактах. Во-первых, практически вся механическая энергия, затрачиваемая на трение, трансформируется в тепловую [1]. Во-вторых, существующие методы непосредственного замера мощности трения предусматривают использование упругих элементов, установка которых, даже в условиях стендовых испытаний узлов трения, крайне затруднительно. По этой причине, в условиях эксплуатации и при проведении стендовых испытаний не всегда удается получить данные о потерях на трение, что существенно затрудняет определение основных триботехнических параметров, необходимых для прогнозирования работоспособности и оценки технического состояния узлов трения. Это приводит к необходимости определять работу, затраченную на трение, по замерам других величин, достаточно хорошо коррелирующих с искомым. С точки зрения доступности измерений, наиболее выгодным является температурная информация, не требующая для измерения сложного и громоздкого оборудования. Температура более доступна для непосредственного измерения, включая самые неблагоприятные случаи.

Регистрация температуры в окрестности зоны трения, построение математической тепловой модели, адекватной процессу теплообмена в сопряжении, и решение соответствующей граничной обратной задачи позволяет восстановить теплоту, выделившуюся в результате трения. И, если известна часть энергии трения, которая трансформируется в теплоту, появляется принципиальная возможность количественной оценки работы, затраченной на трение [2]. Поэтому необходимо решать обратную задачу определения функции тепловыделения по замерам температуры внутри одного из элементов трибосистемы с учетом пространственного распределения температуры в нём. Для решения трехмерной граничной обратной задачи необходимо задавать замеры температуры на некоторой поверхности внутри одного из элементов сопряжения, что практически невыполнимо из-за возможного нарушения целостности материала и искажения температурного поля. Такое положение приводит к необходимости использования таких математических тепловых моделей, которые достаточно адекватно описывают реальное температурное поле в сопряжении и значительно сокращают количество точек замера температуры, необходимых для восстановления функции тепловыделения и соответственно мощности трения.

Для решения приведённой ниже обратной задачи теплообмена используется метод итерационной регуляризации на основе градиентных методов минимизации функционала невязки рассчитанных температур от заданных [3].

Рассмотрим систему полимерных подшипников скольжения (рис.1), для которых характерны многие особенности контактного взаимодействия цилиндрических сопряжений. Скольжение происходит по поверхности контакта полимерных втулок с

металлическим валом. Углы контакта φ_{0k} известны и неизменны в течение всего времени испытаний t_m . Примем следующие основные допущения: нагрузки равномерно распределены по длине подшипников; теплообмен с торцов подшипников и корпусов пренебрежимо мал; распределение температуры по длине подшипников однородно; скорость вращения вала достаточно высока, что позволяет принять тепловой поток на границе равномерно распределенным по окружности вала и температурное поле в поперечном сечении вала однородным.

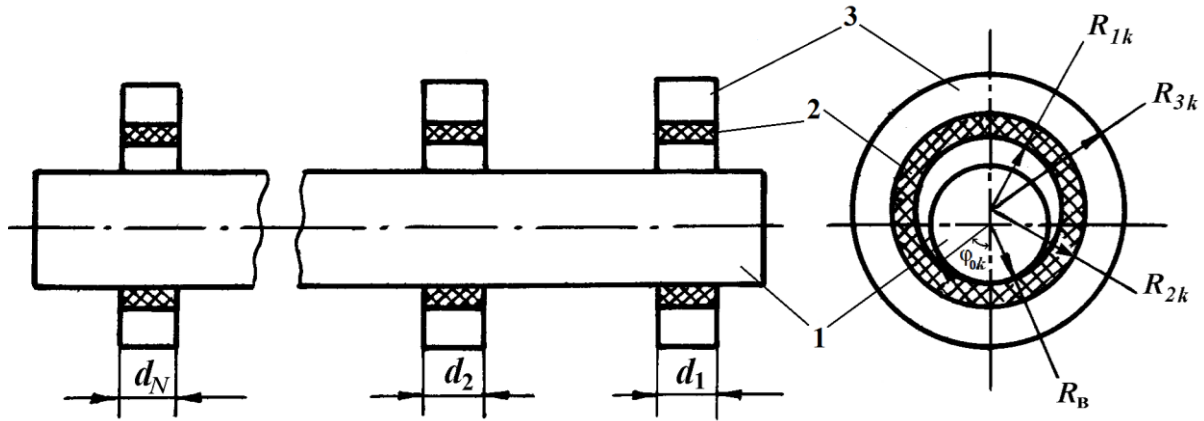


Рис. 1. Схема системы подшипников на общем валу. 1 – вал, 2 – полимерная втулка, 3 – корпус

Тогда нестационарные температурные поля для вала, в общем случае с переменным поперечным сечением, представляется одномерным уравнением, а для элементов подшипников - двумерными уравнениями в цилиндрических координатах (r, φ) . При принятых допущениях напишем упрощенную квазитрёхмерную математическую тепловую модель для системы подшипников [4]. В зонах контакта A_k вала с подшипниками ($|\varphi| \leq \varphi_{0k}, k = 1, 2, \dots, N$) происходит тепловыделение с мощностью $Q_k(t)$. Уравнение теплопроводности для вала записывается в виде:

$$S(z)C_B(U) \frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[S(z)\lambda_B(U) \frac{\partial U}{\partial z} \right] - P(z)[1 - \Theta_k(z)]\alpha_B(U - T_{cp}) + \Theta_k(z) \cdot \sum_{k=1}^N \left[\frac{Q_k(t)}{d_k} + 2R_{1k} \int_0^{\varphi_{0k}} \lambda_k(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial r} \Big|_{r=R_{1k}} d\varphi \right], \quad (1)$$

$$U = U(z, t), \quad 0 < z < L, \quad 0 < t \leq t_m,$$

где $S(z)$, $P(z)$ - функции площади и периметра поперечного сечения вала; t_m - время испытания; α_B - коэффициент теплообмена вала с окружающей средой; T_{cp} - температура окружающей среды; L - длина вала; $\Theta_k(z)$ - характеристическая функция множества точек A_k контакта k -го подшипника с валом: $\Theta_k(z)$ равно 1 при z принадлежащем A_k равно 0 в противном случае.

Уравнение теплопроводности для каждого подшипника имеет вид:

$$C_k(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\lambda_k(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\lambda_k(T_k) \frac{\partial T_k}{\partial \varphi} \right), \quad (2)$$

$$0 < t \leq t_m, \quad R_{1k} < r < R_{3k}, \quad 0 < \varphi < \pi, \quad k = \overline{1, N}.$$

В силу высокой теплопроводности вала и малой длины контакта распределение температуры по длине втулок можно принять однородным и равным осредненному значению температуры вала в контактирующей зоне

$$T_k(R_{1k}, \varphi, t) = \frac{1}{d_k} \int_{A_k} U(z, t) dz, \quad |\varphi| \leq \varphi_{0k}, \quad k = \overline{1, N}. \quad (3)$$

Из уравнения (1) видно, что на вал в точках его контакта с втулками действуют источники тепла, равные разности возникающих при трении мощностей тепловыделения $Q_k(t)$, $k=1, 2, \dots, N$ и долей мощностей, отводимых во втулки. Распределение температуры в вале по длине контакта с втулками будет неоднородным.

Уравнения (1) и (2) дополняется начальными распределениями температур, граничными условиями третьего рода на свободных от контакта с валом поверхностях подшипников и граничными условиями первого рода на концах вала.

Теперь сформулируем задачу восстановления мощностей тепловыделений $Q_k(t)$, $k=1, 2, \dots, N$ по замеру температуры в одной или в нескольких точках каждой втулки на известном расстоянии от поверхности трения.

Пусть во втулках на фиксированных радиусах R_k заданы замеры температуры $f_k(\varphi_{kj}, t)$ по окружности в точках с угловыми координатами φ_{kj} , $j = 1, 2, \dots, M_k$.

Обратная задача восстановления функций мощностей тепловыделений $Q_k(t)$ по температурным данным $f_k(\varphi_{kj}, t)$ сводится к минимизации функционала невязки

$$J[Q_1, Q_2, \dots, Q_N] = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{M_k} \int_0^{t_m} [T(R_k, \varphi_{kj}, t) - f_k(\varphi_{kj}, t)]^2 dt, \quad (5)$$

характеризующего меру отклонения рассчитанных температур от заданных.

Компоненты градиентов функционала (5) для каждого подшипника определяются решением соответствующей сопряжённой задачи. Все начально краевые дифференциальные задачи решаются численно методом конечных разностей.

Были проведены вычислительные эксперименты для проверки эффективности разработанного метода решения обратной задачи. Для чего задавались модельные функции мощностей тепловыделения и решались прямые задачи. Результаты вычисленных температур в фиксированных точках запоминались и использовались как температурные данные для решения обратной задачи определения мощностей тепловыделений $Q_k(t)$ как искомым. В дальнейшем эти задаваемые мощности и температурные данные будем называть модельными. Для лучшего контроля работоспособности алгоритма вычислительной программы была принята симметричная относительно среднего подшипника схема, для которой на крайних подшипниках задавались одинаковые функции мощностей тепловыделений.

Модельные задачи решались для системы из трёх подшипников на общем валу с радиусом 0,0145 м и длиной 0,46 м с симметрией относительно среднего подшипника. Геометрические размеры втулок и корпусов брались одинаковыми и взяты следующими:

$$R_{1k} = 0,015; \quad R_{2k} = 0,018; \quad R_{3k} = 0,036 \text{ м}, \quad k = 1, 2, 3.$$

Расстояния между подшипниками равны 0,1 м. Длины подшипников одинаковы: $d_k = 0,02 \text{ м}$, $k = 1, 2, 3$. Полууголы контактов втулок с валом тоже одинаковы: $\varphi_{0k} = 14^\circ$, $k = 1, 2, 3$. На концах вала заданы одинаковые условия первого рода, что должно обеспечивать симметричность температурных полей относительно середины системы при задании одинаковых функций тепловыделения на крайних подшипниках скольжения.

Материалом для вала и корпусов подшипников служит сталь, а для втулок – наполненный фторопласт. Зависимости теплофизических свойств от температуры для наполненного фторопласта имеют вид:

$$\lambda_k = 0,07(T - 100)/150 + 0,35 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right),$$

$$C_k = [6 \cdot 10^{-3}(T - 30) + 3] \cdot 10^6 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \right), \quad k = 1,2,3.$$

Для стали:

$$\lambda_{\text{в}} = 30,5(T - 100)/150 + 55,5 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right),$$

$$C_{\text{в}} = [1,2 \cdot 10^{-3}(T - 30) + 3,7] \cdot 10^6 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \right).$$

На рис.2(а) приведены результаты расчёта восстановления мощностей теплообразования с точно заданными температурными данными. С построенных графиков функций видно, что восстановления искомых мощностей достаточно приближённо точны с наибольшими отклонениями в точках излома модельных функций. Надо заметить, что незначительные погрешности восстановленных функций от точных модельных можно объяснить приближённостью принятой тепловой модели.

Наибольший интерес представляет собой чувствительность предложенного метода к погрешностям температурных данных, т.е. устойчивость алгоритма к возмущениям входных данных. Возмущения входных температурных данных имитировались выражениями

$$\overline{f_k}(\varphi_{kj}, t) = f_k(\varphi_{kj}, t) + 2\Delta(\sigma(t) - 0.5), \quad k = 1,2,3; \quad 0 \leq t \leq t_m,$$

где $\sigma(t)$ – нормально распределенная на отрезке $[0, 1]$ случайная функция; Δ - уровень погрешности. Теперь при решении обратной задачи вместе точных температурных данных использовались возмущённые.

На рис.2(б, в) приведены результаты расчёта восстановления при различных значениях погрешности. Приведённые графики на рисунках показывают удовлетворительную устойчивость метода к погрешностям температурных данных, уровень которых выше чем погрешности традиционных измерительных приборов.

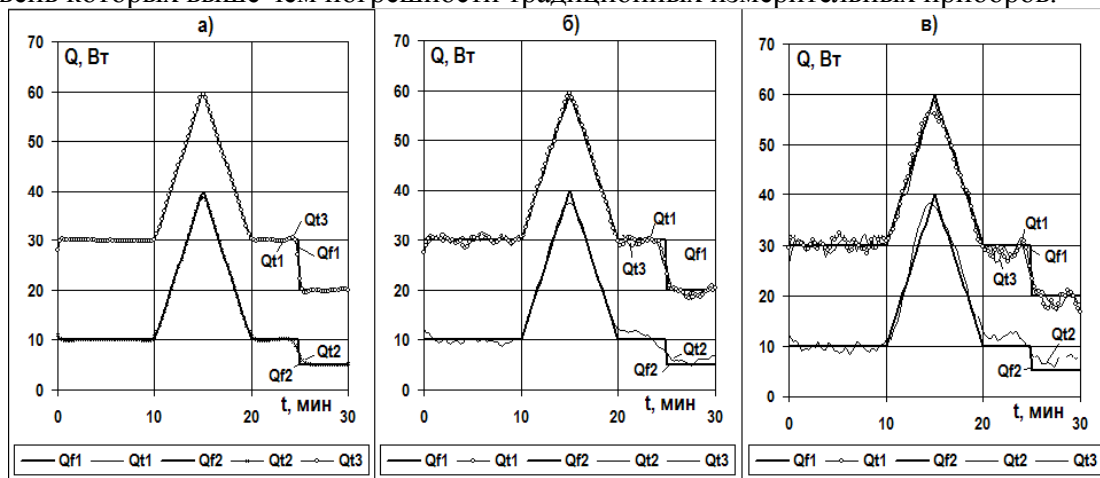


Рис.2. Восстановление мощностей тепловыделения в системе трех подшипников на общем валу: а) – с точными температурными данными; б) и в) – с возмущенными температурными данными соответственно с уровнями возмущения равными 1 и 3 градуса Цельсия. Qf1-Qf3 (Qf1=Qf3) – модельные мощности, Qt1-Qt3 – восстановленные мощности.

Проведённые вычислительные эксперименты показывают практическую пригодность предложенной методики для определения мощностей трения в реальных узлах трения с системой подшипников на одном валу.

1. Костецкий Б.И., Линник Ю.И. Энергетический баланс при внешнем трении металлов // ДАН СССР. - 1968. - Т. 183. - № 5. - С. 42-46.
2. Старостин Н.П., Тихонов А.Г., Мороз В.А., Кондаков А.С. Расчет триботехнических параметров в опорах скольжения. – Якутск. – 1999. – 274 с.
3. Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Румянцев С.В. Экстремальные методы решения некорректных задач. - Москва: Наука, 1988. - 288 с.
4. Старостин Н.П., Кондаков А.С. Нелинейная математическая модель теплового режима в системе подшипников скольжения на общем валу // Труды II Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата. Часть IV. Полимерные композиционные материалы и изделия для эксплуатации в условиях холодного климата. – Якутск, 2004. – С. 164- 175.

**Котов А.Д., Михайловская А.В., Ситкина М.Н., Борисов А.А.
Сверхпластичность сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr
с разным содержанием Zn и Mg**

*НИТУ «МИСИС»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-55

idsp: 000001:lj-30-11-2017-55

Аннотация

В настоящей работе были исследованы сплавы на основе системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr, которые послетермо деформационной обработки имеют структуру естественного композита с бимодальным распределением частиц по размерам. Показано, что для формирования микрозеренной структуры и проявления сверхпластичности помимо бимодального распределения частиц по размерам также обязательно наличие сильнолегированного твердого раствора, так как в случае его малой легированности в сплавах исследуемой системы затруднена рекристаллизация во время нагрева, а также при начальной стадии сверхпластической деформации. Увеличение содержания как Zn, так и Mg в алюминиевом твердом растворе способствует формированию более мелкого зерна, снижению напряжения течения, увеличению показателя скоростной чувствительности m и росту значений относительного удлинения.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, сверхпластичность, мелкозернистая структура, напряжение течения, относительное удлинение

Введение

Высокопрочные сплавы на основе системы Al – Zn – Mg – Cu являются перспективными с точки зрения механических свойств при комнатной температуре, однако наиболее известные промышленные сплавы данной системы проявляют сверхпластичность только при довольно низких скоростях деформации 10^{-4} с $^{-1}$ [1,2]. В настоящее время в работах по сверхпластичности термически упрочняемых алюминиевых сплавов в основном реализованы способы получения микрозеренной структуры, основанные на легировании сплавов элементами, образующими в структуре дисперсные частицы (Sc, Zr, Mn, Cr), сдерживающие рост зерен [3–5], или измельчении зерна путем применения интенсивной деформации [6–8]. По составу исследуемые сплавы (по Zn, Mg, Cu) в основном соответствуют применяемым в промышленности сплавам, имеющим высокие прочностные характеристики. При этом влияние легированности твердого раствора указанными элементами на размер зерна и показатели сверхпластичности освещено слабо.

В данной работе исследовали влияние растворимых в алюминиевом твердом растворе элементов (цинка и магния) на зеренную структуру и показатели сверхпластичности Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr.

Материалы и методика проведения эксперимента

В работе исследовали термически упрочняемые алюминиевые сплавы на основе системы Al-Zn-Mg-Cu. с одинаковой объемной долей эвтектической фазы Al₃Ni и дисперсных частиц Al₃Zr. В сплавах варьировали содержание Zn и Mg при постоянном содержании остальных компонентов (таблица 1). При этом, Zn и Mg находятся в твердом растворе при температуре сверхпластической деформации во всех сплавах.

Таблица 1.

Химический состав исследуемых сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr.

Сплав	Zn	Mg	Cu	Ni	Zr	Al
0Zn0Mg	0	0	0,8	3	0,3	Осн.
2Zn2Mg	2	2				
2Zn5Mg	2	5				
4Zn4Mg	4	4				
8Zn2Mg	8	2				

Плавку слитков осуществляли в лабораторной электрической печи сопротивления в графитошамотных тиглях. Слитки размерами 100×40×20 мм получали литьем в медную водоохлаждаемую изложницу. Прокатку проводили при комнатной температуре и при 420±20°С на двухвалковом прокатном стане ДУО250. Степень обжатия при горячей прокатке составляла 83%, при холодной – 70%.

Термическую обработку сплавов проводили в муфельной электрической печи сопротивления Nabertherm с точностью поддержания температуры ±2°С. Отжиг листов после холодной прокатки, имитирующий нагрев до температуры сверхпластической деформации (СПД), проводили при температуре 0.97Тпл (480 - 590°С в зависимости от состава сплава) в течение 20 мин в воздушной атмосфере.

Микрошлифы готовили методами механической шлифовки и полировки с использованием шлифовально-полировального станка StruersLaboPol-5. При необходимости применяли электролитическую полировку в хлорно-спиртовом электролите, травление или анодное окисление. Исследование микроструктуры сплавов проводили при помощи светового микроскопа (СМ)200MMAT фирмы “CarlZeiss” и электронного сканирующего микроскопа (СЭМ) “TESCAN Vega 3 LMN” с энергодисперсионным детектором X-Max 80. Количественный анализ параметров микроструктуры проводили методом случайных секущих с использованием прикладной программы “Sizer” и при помощи специального программного модуля “AxioVision” фирмы “Carl-Zeiss”.

Показатели сверхпластичности определяли при помощи испытаний на одноосное растяжение с постоянной скоростью деформации 1×10^{-3} - 1×10^{-1} с⁻¹ при температуре 0.97Тпл (460 - 590 °С в зависимости от состава сплава) скоростей деформации на испытательной машине WalterBayLFM-100.

Результаты эксперимента и обсуждение

Типичная микроструктура исследованных сплавов в литом состоянии представлена на рис. 1а. В процессе двухступенчатого гомогенизационного отжига помимо растворения неравновесных фаз также происходит фрагментация и сфероидизация эвтектических частиц Al₃Ni (Рис. 1б). В холоднокатаном состоянии (Рис. 1в) структура большинства сплавов состоит из равномерно распределенных в матрице алюминиевого твердого раствора частиц фазы Al₃Ni. Структура всех сплавов после нагрева и выдержки при температуре сверхпластической деформации либо совсем не рекристаллизуется (сплав 0Zn0Mg, рис. 2а), либо рекристаллизуется только частично (рис. 2в), благодаря наличию дисперсных частиц Al₃Zr. Стоит отметить, что рекристаллизация полностью не проходит даже после 100% сверхпластической деформации (рис. 2б,г).

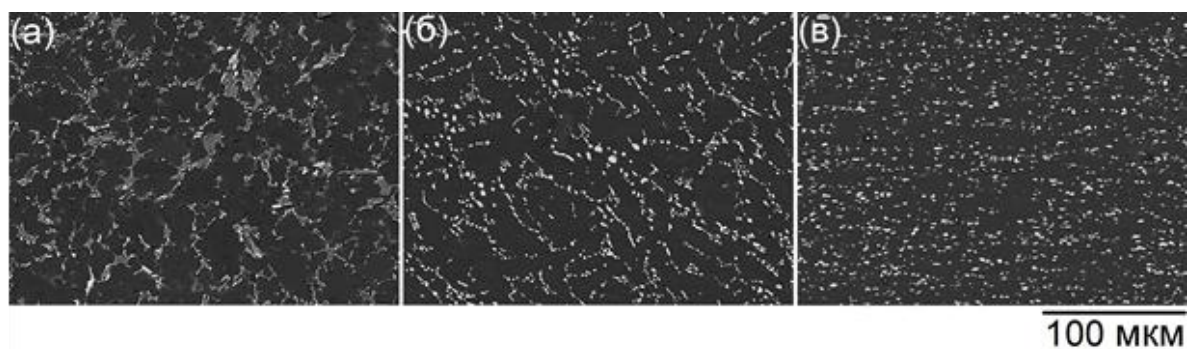


Рисунок 1 – Типичные микроструктуры исследованных сплавов в литом (а), в гомогенизированном (б) и в холоднокатаном (в) состояниях

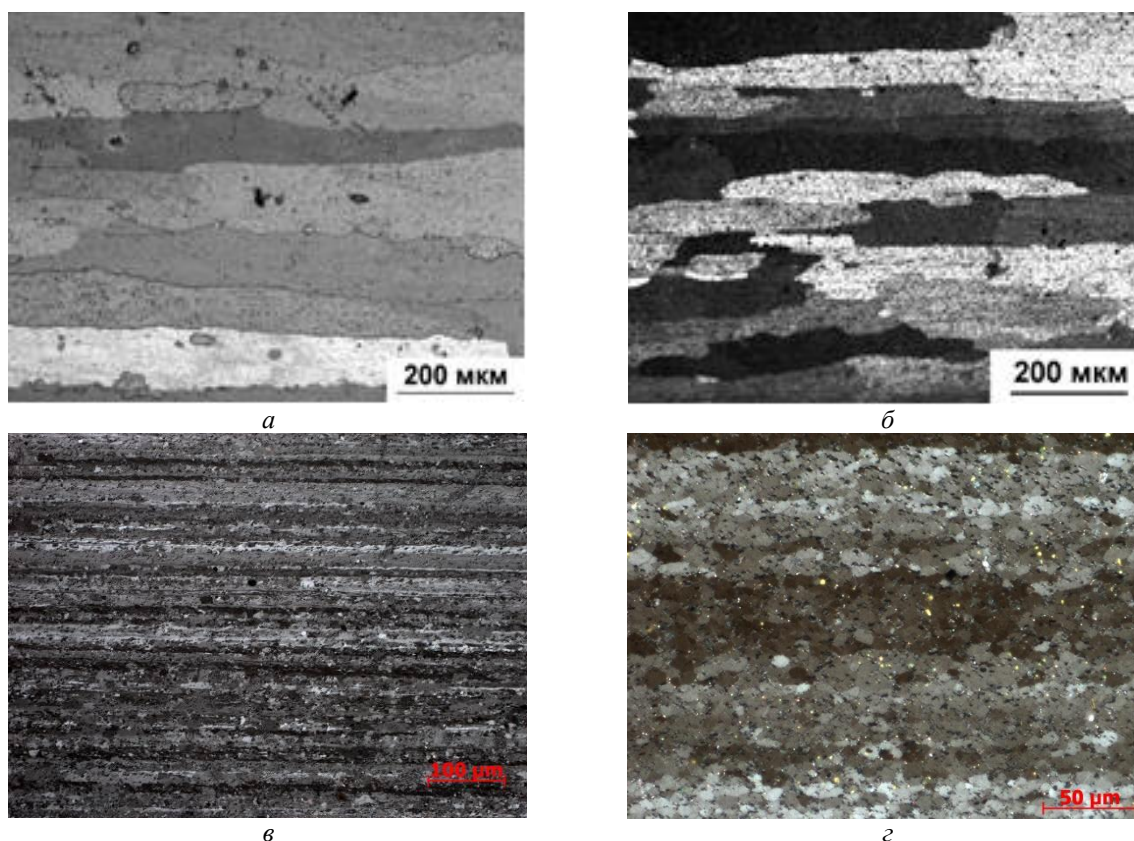


Рисунок 2 – Микроструктуры сплавов 0Zn0Mg (а,б) и 2Zn2Mg(в,г) перед началом (отжиг 0,97Тпл, 20 мин.) (а,в) и после 100% сверхпластической деформации (б,г)

На рис. 3 представлены зависимости напряжения течения и показателя скоростной чувствительности от скорости деформации при одинаковой гомологической температуре 0,97Тпл (рис. 3) после 100% СПД. Стоит отметить отсутствие сверхпластичности у сплава 0Zn0Mg – слабо выраженное изменение напряжения течения при изменении скорости деформации во всем диапазоне исследованных скоростей, показатель m не превышает значение 0,2. При дальнейшем увеличении легированности твердого раствора цинком и магнием наблюдается рост показателя скоростной чувствительности. Максимум показателя m ($\approx 0,45-0,5$) соответствуют сплавам с сильнолегированным Zn и Mg твердым раствором: сплавы 2Zn5Mg, 4Zn4Mg и 8Zn2Mg. При этом, стоит отметить, что даже при содержании в сплаве 2%Zn и 2%Mg значения показателя m все же составляют 0,35 (рис. 3б), а оптимальная скорость деформации составила $5 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. При увеличении содержания Zn и Mg максимум значений показателя m соответствует скорости $1 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ и выше.

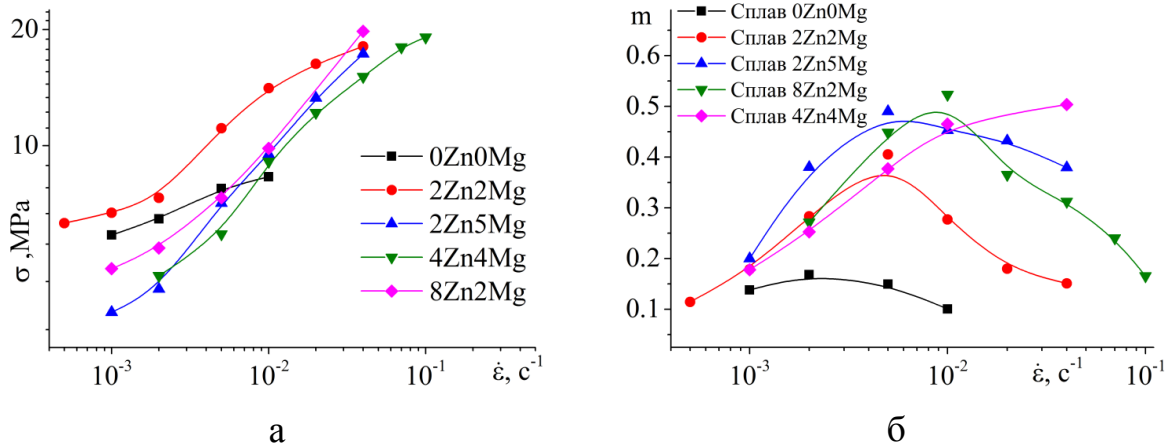


Рисунок 3 – Зависимость напряжения течения и показателя скорости чувствительности от скорости деформации сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu – Ni – Zr с разной концентрацией Zn и Mg

Результаты испытаний сплавов с постоянной скоростью деформации при скорости 1×10^{-2} с⁻¹ и одинаковой гомологической температуре 0,97Тпл подтверждают результаты расчета показателя m (рис. 4). Как видно из анализа зависимости относительного удлинения от скорости деформации, сплав 0Zn0Mg демонстрирует очень низкие удлинения (<120%) во всем исследованном интервале скоростей. При увеличении содержания в твердом растворе Zn и Mg происходит рост значений относительного удлинения. При этом, максимумы удлинений соответствуют сплавам с наибольшим содержанием Zn и Mg, т.е. с наиболее легированным твердым раствором. При увеличении легированности твердого раствора также наблюдается и снижение напряжения течения на кривых деформации (рис. 4б).

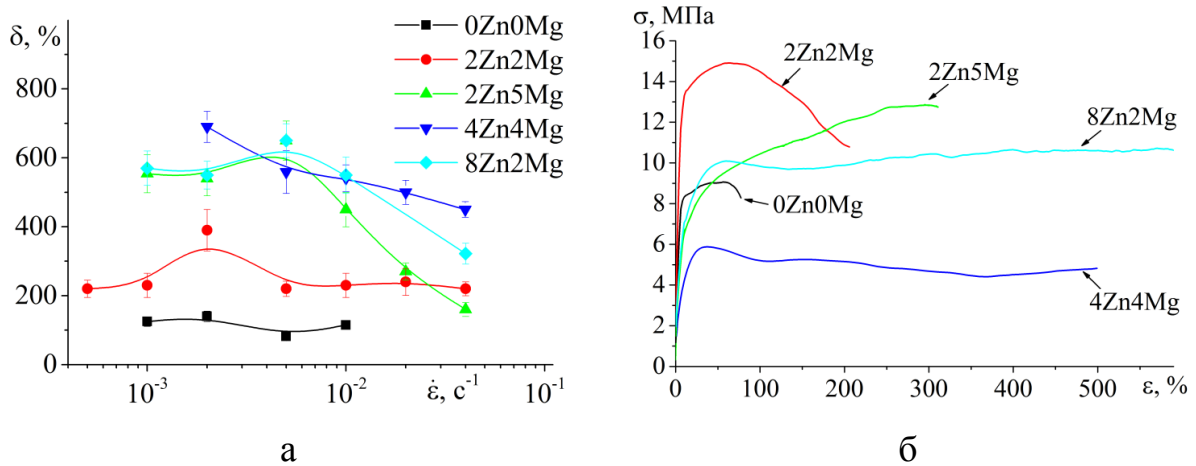


Рисунок 4 – Зависимость относительного удлинения листов сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu – Ni – Zr от скорости деформации при температуре 0,97Тпл (а) и кривые растяжения сплавов при скорости деформации 1×10^{-2} с⁻¹ и температуре 0,97Тпл (б).

Для более наглядного представления о зависимостях относительного удлинения и напряжения течения от состава твердого раствора, были построены проекции поверхностей, показывающие зависимость относительного удлинения и напряжения течения от содержания в сплавах Zn и Mg (рис. 5). Для построения данных зависимостей были определены значения удлинения и напряжения течения для более широкого интервала составов по Zn и Mg при скорости деформации 1×10^{-2} с⁻¹ и температуре 0.97Тпл. Как видно из рис. 5а, значения относительного удлинения возрастают при увеличении содержания Zn и Mg до их предельной растворимости в твердом растворе алюминия.

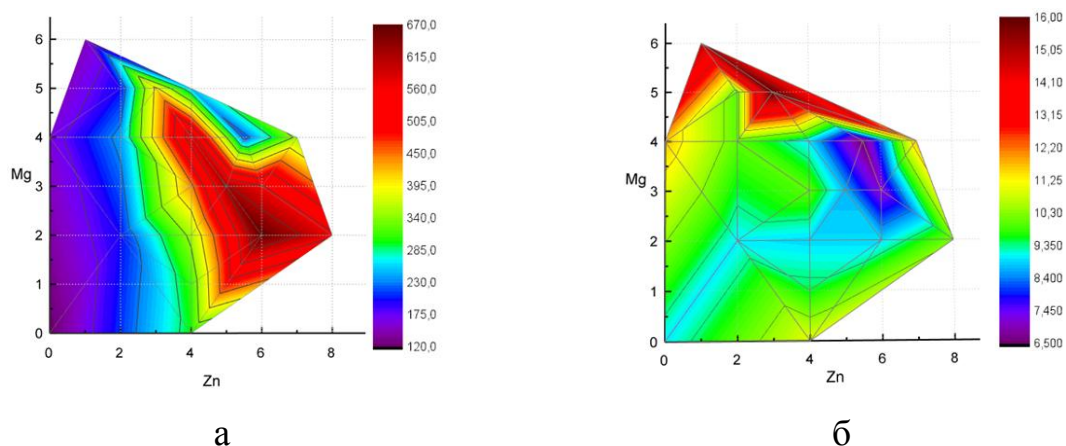


Рисунок 5 – Зависимость относительного удлинения (а) и напряжения течения (б) сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu – Ni – Zr от концентрации Zn и Mg при сверхпластической деформации при температуре $0,97T_{пл}$ и скорости 1×10^{-2} с⁻¹

Из результатов анализа размеров рекристаллизованных зерен (таблица 2) видно, что с увеличением содержания в сплавах Zn и Mg происходит уменьшение среднего размера зерна. При этом, размер зерна во время первых 100% сверхпластической деформации у сплава 2Zn2Mg уменьшается с 7,3 до 4,5 мкм, у сплавов 2Zn5Mg и 4Zn4Mg практически не меняется, у сплава 8Zn2Mg увеличивается с 3,5 до 4,4 мкм.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что увеличение содержания Zn и Mg в твердом растворе алюминия приводит к измельчению зеренной структуры, а следовательно, и к возрастанию показателей сверхпластичности сплавов исследованной системы. Соответственно, степень легированности твердого раствора оказывает сильное влияние на формирование микроструктуры, а следовательно и на показатели сверхпластичности сплавов. Как правило, роль твердого раствора рассматривают только с позиции механических свойств, а за формирование структуры в основном отвечают термическая и механическая обработка. Однако, у алюминиевых сплавов энергия дефекта упаковки достаточно высокая (125 мДж/м²), и следовательно, важно учитывать роль твердого раствора, степени его легированности на формирование микроструктуры. В малолегированных алюминиевых сплавах процессы полигонизации протекают быстро и стимул к рекристаллизации оказывается слишком незначительным. При добавлении таких металлов как цинк и магний, происходит торможение процессов полигонизации, что позволяет проявляться в некоторой мере деформационному упрочнению даже при высоких температурах, в том числе во время сверхпластической деформации. Природу данного явления можно объяснить либо снижением энергии дефекта упаковки [9,10], либо образованием атмосфер атомов легирующих элементов на дислокациях, которые тормозят их неконсервативное движение.

Таблица 2.
Размер рекристаллизованных зерен исследованных листов сплавов системы Al–Zn–Mg–Cu–Ni–Zr до начала и после 100% сверхпластической деформации

Сплав	Размер зерна, мкм	
	До СПД (отжиг $0,97T_{пл}$, 20 мин)	После 100% СПД
0Zn0Mg	22,0±2,3	50,0±5,2
2Zn2Mg	7,3±0,5	5,5±0,3
2Zn5Mg	4,2±0,3	4,9±0,2
4Zn4Mg	3,1±0,2	2,8±0,2
8Zn2Mg	3,5±0,3	4,4±0,4

Таким образом, сильнолегированный твердый раствор позволяет получить более мелкое зерно, а благодаря наличию в сплаве дисперсных частиц Al₃Zr, замедляется перестройка дислокационной структуры и осуществляется сдерживание миграции границ зёрен во время сверхпластической деформации, сдерживается рекристаллизация во время нагрева до температуры СПД. В процессе деформации малый размер зерна удаётся

получить только в сплавах с сильнолегированным твёрдым раствором и чем больше степень легированности, тем большая плотность дислокаций сохраняется для формирования мелкого зерна во время СПД.

Заключение

Выявлено, что в сплавах системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Zr при отсутствии легирующих элементов (Zn и Mg) в твердом растворе и наличии крупных эвтектических Al₃Ni и дисперсных частиц Al₃Zr, затруднена рекристаллизация как во время нагрева, так и во время сверхпластической деформации, т.е. не формируется мелкозернистая структура и, как следствие, отсутствует сверхпластичность. Увеличение содержания указанных легирующих элементов в алюминиевом твердом растворе до их предела растворимости в сплавах с бимодальным распределением частиц - крупных эвтектических и дисперсоидов, обеспечивает существенное улучшение показателей сверхпластичности благодаря формированию стабильной при температуре деформации ультрамелкозернистой структуры.

*Работа выполнена при поддержке при поддержке гранта президента
№ МК-2301.2017.8.*

1. Ceschini L., Afrikantov A. Superplastic forming (SPF) of materials and SPF combined with diffusion bonding: technological and design aspects // *Metal. Sci. Technol.* 1992. V. 10. P. 41–55.
2. Портной В.К., Никифоров А.О., Константинов И.Л., Куманин А.В. Сверхпластичность сплава В95 // *Технология легких сплавов.* 1984. № 1. С. 5–8.
3. Lee S., Utsunomiya A., Akamatsu H., Neishi K., Furukawa M., Horita Z., Langdon T.G. Influence of scandium and zirconium on grain stability and superplastic ductilities in ultrafine-grained Al-Mg alloys // *Acta mater.* 2002. V. 50. P. 553–564.
4. Portnoy V.K., Rylov D.S., Levchenko V.S., Mikhaylovskaya A.V. The influence of chromium on the structure and superplasticity of Al-Mg-Mn alloys // *J. Alloys and Compounds.* 2013. V. 581. P. 313–317.
5. Kumar A., Mukhopadhyay A.K., Prasad K.S. Superplastic behaviour of Al-Zn-Mg-Cu-Zr alloy AA7010 containing Sc // *Mat. Sci. and Eng. A.* 2010. V. 527. P. 854–857.
6. Kopylov V.I. Investigations and Applications of Severe Plastic Deformation / Ed. by T.C. Lowe and R.Z. Valiev / Kluwer Academic Publisher. 2000. P. 23–27.
7. Cepeda-Jiménez C.M., García-Infanta J.M., Ruano O.A., Carreño F. Achieving microstructures prone to superplastic deformation in an Al-Zn-Mg-Cu alloy by equal channel angular pressing // *J. Alloys and Compounds.* 2013. V. 546. P. 253–259.
8. Sakai T., Miura H., Goloborodko A., Sitdikov O. Continuous dynamic recrystallization during the transient severe deformation of aluminum alloy 7475 // *Acta Mater.* 2009. V. 57. P. 153–162.
9. Gardner K. Recrystallization during deformation. *Metal Science*, 1979, № 3–4, pp. 216–222.
10. Schulthess T.C., Turchi P.E., Gonis A., Nieh T.G. Systematic study of stacking fault energies of random Al-based alloys. *Acta Mater.* 1998, V. 46, № 6, pp. 2215–2221.

Мингалеева Г.Р., Карпов И.А., Ермолаев Д.В.

Технологическая схема термической переработки природных битумов и отходов нефтепереработки

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-56

idsp: 000001:lj-30-11-2017-56

Аннотация

В данной работе представлена технологическая схема термической переработки природных битумов и отходов нефтепереработки, включающая газогенератор с кипящим слоем инертного материала, блоки очистки от серосодержащих компонентов и выделения углекислого газа, производства электрической и тепловой энергии. Проведена оценка эффективности данной схемы.

Ключевые слова: природные битумы, нефтяные остатки, термическая переработка, газификация

Стратегия развития нефтегазохимического комплекса Российской Федерации предполагает более широкое вовлечение в топливно-энергетический баланс природных битумов, которые характеризуются высокой вязкостью, и отходов нефтепереработки – нефтяных остатков и нефтяных коксов.

Природные битумы являются в настоящее время ценным сырьем для различных отраслей промышленности, однако их энергетическое использование затруднено из-за отсутствия типовых установок для термической переработки. Аналогичные проблемы возникают и при попытках применения в качестве топлива тяжелых нефтяных остатков. В целях увеличения глубины переработки нефти тяжелые нефтяные остатки могут быть переработаны в легкие нефтепродукты, побочным продуктом в этом случае является кокс.

Применение природных битумов, тяжелых нефтяных остатков и мелкодисперсного нефтяного кокса в качестве топлива возможно путем их термохимической переработки (газификации) с получением в качестве целевого продукта газа, который может служить альтернативой природному газу в энергетических установках или синтез-газу в химической промышленности. Нефтяной кокс, как топливо, обладает низкой сернистостью (0,5–1,5 %) и зольностью до 0,8 %, что существенно ниже, чем для угля. Это позволит существенно улучшить экологические показатели нефтеперерабатывающего предприятия как за счет снижения доли тяжелых нефтяных остатков, так и за счет уменьшения вредных выбросов в окружающую среду.

По данным Nigman consulting GmbH [1] в настоящее время лидерами по мощности используемых установок газификации нефти и сопутствующих продуктов является Саудовская Аравия (7200 МВт), Италия (3480 МВт) и Китай (3010 МВт). Однако, в России, по сравнению с зарубежными странами, разработка газификационных установок находится на начальном этапе становления. При этом наличие огромных запасов природных на территории России может дать толчок к развитию данного направления в энергетике. Особое внимание при этом следует уделить компоновке оборудования схем газификации битума, поскольку в каждом конкретном случае она будет отличаться. И здесь положительную роль может сыграть применение парогазовых установок (ПГУ), представляющих собой сочетание паротурбинной (ПТУ) и газотурбинной установок (ГТУ), объединяемых общим технологически циклом. Для выбора той или иной парогазовой установки необходимо правильно выбрать компоновку оборудования, поскольку для различных задач требуемые технологические параметры будут отличаться. В этой связи основное внимание следует уделить не только требуемой мощности, но также и параметрам оборудования, входящего в ПГУ. В данной работе представлена технологическая схема термической переработки природных битумов и отходов нефтепереработки, включающая газогенератор с кипящим слоем инертного материала, блоки очистки от серосодержащих компонентов и выделения углекислого газа, производства электрической и тепловой энергии (Рисунок).

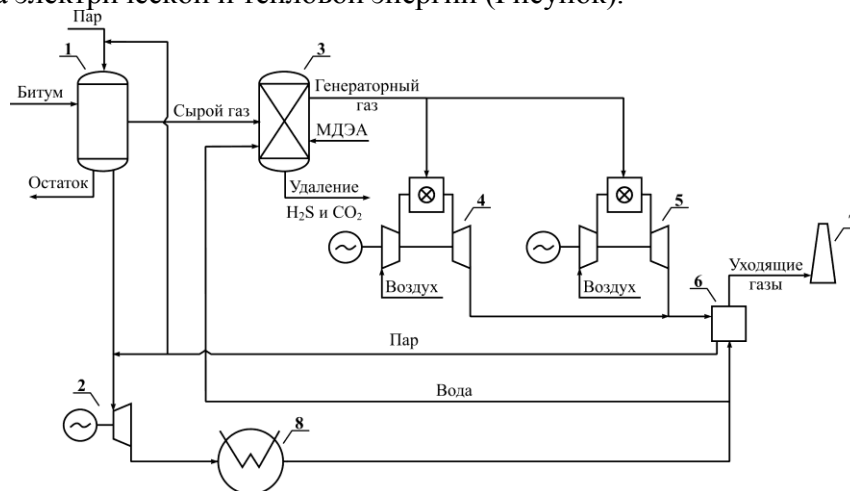


Рисунок Схема газификации битума с двумя ГТУ: 1 - газогенератор; 2 – паровая турбина; 3 - скрубберы; 4,5 – газотурбинная установка (ГТУ); 6 – котел-утилизатор; 7 - дымовая труба; 8 – конденсатор

Природные битумы или нефтяные остатки при распылении и подогреве паром подаются в газогенератор 1, где образуется газ, содержащий оксид и диоксид углерода, водород, углеводородные газы и серосодержащие компоненты, который после многоступенчатой очистки в скрубберах 3 подается в ГТУ для сжигания и выработки электроэнергии.

Предлагается использовать газогенератор с псевдооживленным (кипящим слоем). Кипящий слой создается при помощи классифицированного инертного материала, в качестве которого может использоваться песок или золошлаковые отходы. Природные битумы или тяжелые нефтяные остатки при поступлении в газогенератор разогреваются паром и распыляются на слой инертного материала, по поверхности которого растекаются в виде тонкой пленки. Взаимодействие с окислителем – водяным паром – осуществляется на поверхности пленки, затем продукты газификации отводятся из реактора. Продукты сгорания из газовой турбины, после отбора теплоты в котле-утилизаторе 6 удаляются через трубу 7. Полученный пар используется для выработки электроэнергии в паровой турбине 2 и частично в качестве окислителя в газогенераторе. Отработанный пар после турбины направляется в конденсатор 8, где охлаждается, а затем снова подается в котел-утилизатор 6. Часть пара, производимого в котле-утилизаторе, может направляться на производство тепловой энергии. Проведена оценка эффективности данной схемы при установке ГТЭ-1,5 МВт, КПД по выработке электроэнергии составил 25%.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование парогазовых установок в технологических схемах газификации может дать не только положительный экономический эффект и улучшить экологическую обстановку, а также позволит разработать основы проектирования ПГУ с технологиями газификации.

1. World gasification map / Higman consulting GMBH – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gasification.higman.de/index.htm>

Омиржанова Ж.Т., Картбаева К.Т.
Анализ деформаций земной поверхности на Алматинском
геодинамическом полигоне

*Международная образовательная корпорация
(Казахстан, Алматы)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-57

idsp: 000001:lj-30-11-2017-57

Аннотация

Одним из способов наблюдения за движениями земной поверхности является геодезический метод исследования. В статье выполнен анализ результатов геодезических измерений выполненных на Алматинском геодинамическом полигоне и определены параметры деформаций. Максимальное сдвиг по выбранной сети составляет 0,8 мм, дилатация 0.14 мм, что указывает на наличие медленного сдвижения в пределах Алматинского геодинамического полигона.

Ключевые слова: Алматинский геодинамический полигон, параметры деформаций.

Для исследования текущих движений земной поверхности, предвестников сильных землетрясений большую роль играют геодезические методы. Для этого созданы прогностические геодинамических полигоны. Они позволяют с высокой точностью и необходимой частотой проводить повторные наблюдения, выполнить количественную обработку и анализ накопленных данных, позволяют вести мониторинг за современными движениями земной коры.

Высокую сейсмичность Приалматинского района доказывают известные нам 4 крупнейших землетрясения (Беловодское силой 9,5 баллов в 1885 году, Верненское с

силой 7,3 балла в 1887 году, Чиликское силой 8 баллов в 1899 году, Кеминское силой 10 баллов в 1911 году) произошедшие до этого.

Алматинский геодинамический полигон создан в 1967-1971 годах. Район расположен в зоне 5 глубинных разломов и относится к Алматинскому сейсмоактивному району с 9-балльной магнитудой.

На Алматинском геодинамическом полигоне проведены около 52 циклов высокоточного нивелирования I и II классов начиная с 1971 года. Нивелирная сеть состоит из 5 профилей проложенных на участке 200 км². Линейные измерения выполнены с 1974 года светодальномерами и радиодальномерами. Измерялись длины 35 сторон в сети триангуляции 1 класса с числом 172 программ. Измерения длин линий выполнялись двумя и четырьмя программами, в зависимости от расстояний. Каждая программа состоит из двух серий, каждая серия – из десяти приемов. Высокоточные GNSS измерения выполняются с 2004 года. В сеть GNSS входят 17 пункты этой сети. Точность GNSS измерений при 5-15 км расстояния составляет $1-2 \cdot 10^{-7}$ м. При GNSS измерениях пункт SELE взять как базисный пункт. Он относится к международной спутниковой сети. Плановые координаты получены в системе WGS-84. Далее выполнено преобразование координат в плоскую прямоугольную систему (X, Y) [1].

В работе [2] также приведены результаты анализсовременных движений на этом геодинамическом полигоне, в том числе вертикальные смещения пунктов ГДП.

Так как наблюдаемые изменения отдельных элементов плановой сети на ГДП являются следствием взаимных смещений пунктов геодезических построений, то наиболее очевидным путем определения деформаций является сравнение координат одноименных пунктов, вычисленных по измерениям разных циклов. При этом обработка каждого отдельного цикла измерений выполняется по обычной схеме уравнения линейно – угловых или триангуляционных сетей. В результате получают две реализации сети, соответствующие обработанным циклам. По полученным разностям координат строят так называемые векторы смещений пунктов, которые должны отражать происшедшие деформации. При данном методе обработка измерений в повторных циклах ведется без исходных пунктов. Приближенные координаты пунктов вычисляются относительно любой пары точек в произвольной системе координат. Вектор плановых смещений пунктов приведена на рисунке 1.

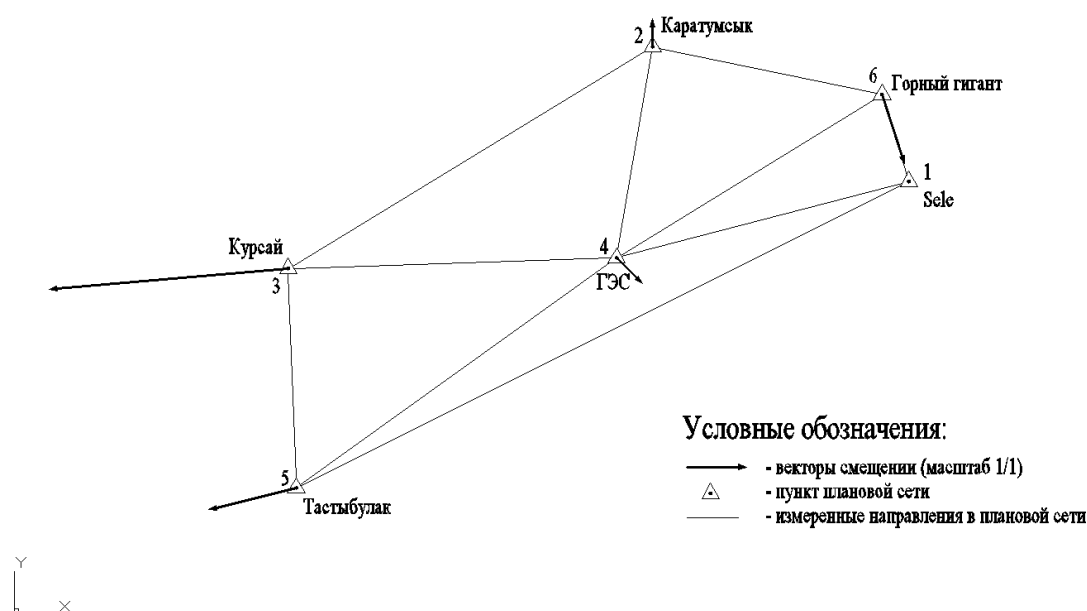


Рисунок 1. Вектор плановых смещений пунктов

Далее выполняется трансформирование, процедура совмещения двух реализаций плановой сети под условием минимума суммы квадратов разностей координат некоторого числа одноименных пунктов. Каждая из реализаций сети рассматривается в виде жесткого

каркаса, которые должны быть совмещены путем наложения без какого – либо изменения их конфигурации, но с возможным изменением линейного масштаба. Под реализацией сети понимается сеть, измеренная в определенном цикле. После образуют разности исходных и трансформированных координат для твердых пунктов и находят среднюю квадратическую величину этой разности. По разностям получают векторы смещений пунктов. По полученным векторам смещений определяются компоненты деформаций, необходимые для геофизической интерпретации тектонических процессов.

Компоненты деформаций представляют собой элементы кусочно – линейной аппроксимации исследуемой территории, разбитой на элементарные треугольники, составленные из пунктов геодезической сети.

На основе теории отображения поверхностей разработан обобщенный метод конечных элементов определения инвариантных характеристик горизонтальной деформации земной поверхности. Деформация (движение земной поверхности в определенном интервале времени) представлена как отображение поверхности с заданными на ней фиксированными точками на ту же деформированную зависимость:

$$X = F_1(X, Y) = X + U(X, Y), \quad (1)$$

$$Y = F_2(X, Y) = Y + V(X, Y),$$

где X, Y и X', Y' координаты точек до и после деформации, то есть координаты точек в 1 и во 2 циклах.

В итоге определяются следующие параметры деформаций: сдвиг γ_m и его компоненты γ_1 и γ_2 , дилатация Δ , вращение ω , максимальное и минимальное растяжение или сжатие E_1 и E_2 , азимут $E_1 - \alpha$.

Далее по известным формулам определения параметров деформации вычислены параметры деформаций (табл. 1), где α - определяет направление оси, по которой будет откладываться E_1 . Это и будет осью максимального растяжения. В случае, когда дилатация отрицательна и по абсолютной превосходит γ_1 , это будет ось минимального сжатия. α откладывается от направления на север по ходу часовой стрелки или против него в зависимости от + или - α .

Рассматриваемые параметры деформаций определяются в пределах треугольников, образуемых пунктами, расположенными в юго и юго-восточной части геодинамического полигона за 2013-2014гг. Так как именно в этой части полигона поведение пунктов более неустойчивое [3].

Таблица 1.

Вычисление параметров деформаций

№ вершин	γ_1	γ_2	γ_m	Δ	ω	E_1	E_2	α
1-11-8	+0,04	-0,13	0,14	-0,06	0,06	0,04	-0,1	126
1-12-11	-0,16	-0,06	0,17	0,14	-0,02	0,16	-0,01	10
1-8-9	-0,13	-0,79	0,8	0,02	0,39	0,41	-0,39	40
1-10-9	+0,05	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05	0	84
1-10-12	-0,11	0,07	0,13	-0,11	0,02	0,01	-0,12	16
1-10-11	+0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	-0,005	58
8	0,18	0,21	0,28	0,05	0,12	0,1	0,16	65

Графические представление максимального и минимального растяжения или сжатия E_1 и E_2 (рис.2), дилатация (рис.3), карта сдвига γ_m (рис.4) в плановой сети между циклами 1 и 2 наглядно показывают, что в пределах треугольника образуемого пунктами 1-8-6 сдвиг γ_m имеет значение 0,13мм, дилатация $\Delta = -0,11$, тем самым показывает сжатие в данной местности. По показаниям γ_m неустойчивое положение наблюдается к западу пункта 10 к пункту 8.

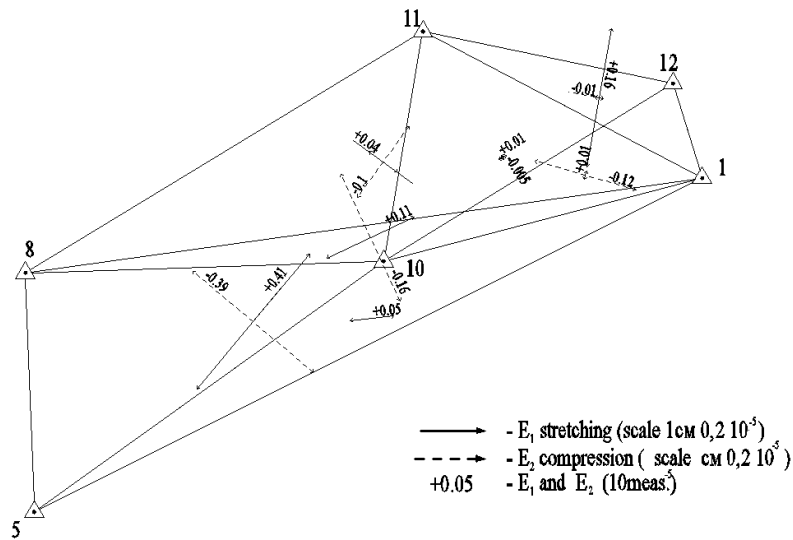


Рисунок 2. Максимальное и минимальное растяжение или сжатие E_1 и E_2 в плановой сети между циклами 1 и 2

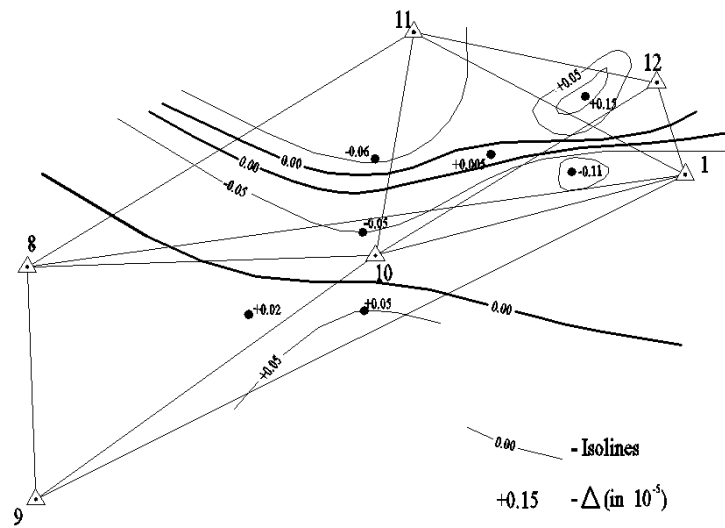


Рисунок 3. Дилатация в плановой сети между циклами 1 и 2.

[||Вернуться||2D карта]

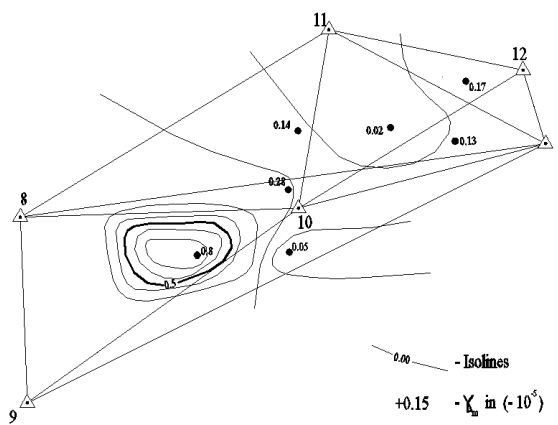


Рисунок 4. Карта сдвига углоплановой сети между циклами 1 и 2.



Таким образом, в результате обработки данных GPS измерений и светодальномерных измерений определены горизонтальные смещения земной поверхности на участке анализа. Вычисленные значения сжатия, дилатации также показывает что, территории полигона соответствует представлениям современной геофизики. Общее поле деформации в Средне Азиатском регионе определяется надвигом индостанской тектонической плиты на евроазиатскую. Сжатие со среднегодовой скоростью 1-2 мм/год является допустимым явлением. Проведенные результаты обработки геодезических измерений, указывает на сейсмоактивность исследуемого района, тем самым подчеркивает необходимость непрерывного геодезического мониторинга.

1. Научно-технический отчет по изучению современных движений земной коры геодезическими методами на геодинамическом полигоне. Объект Алматинский. Алматы, 2014.
2. Омиржанова Ж.Т., Айменов А.Т., Кайратұлы О. Мониторинг современных движений земной поверхности на Алматинском геодинамическом полигоне. Вестник КазГАСА. №3.
3. Omirzhanova Zh.T., Kartbayeva K.T., Aimenov A.T., Jazbayev A.T. Geodetic measurements of Modern Movements of the Earth Surface on Almaty geodynamic Polygon. 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Conference Proceedings. Volume 17. Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. Issue 22. Geodesy and Mine Surveying. 29 June-5 July, 2017. Albena. Bulgaria p.337-346

Семенченко М.В.

Диффузионное насыщение стальной проволоки в условиях электроконтактного нагрева в режиме термоциклирования

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет
(Республика Беларусь, Новополоцк)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-58

idsp: 000001:lj-30-11-2017-58

Аннотация

Отмечена перспективность создания проволочного материала определенного химического состава для формирования защитных покрытий. Предложен способ диффузионного насыщения стальной проволоки в условиях электроконтактного нагрева в режиме термоциклирования.

Ключевые слова: термоциклирование, электроконтактный нагрев, диффузионное насыщение, проволока

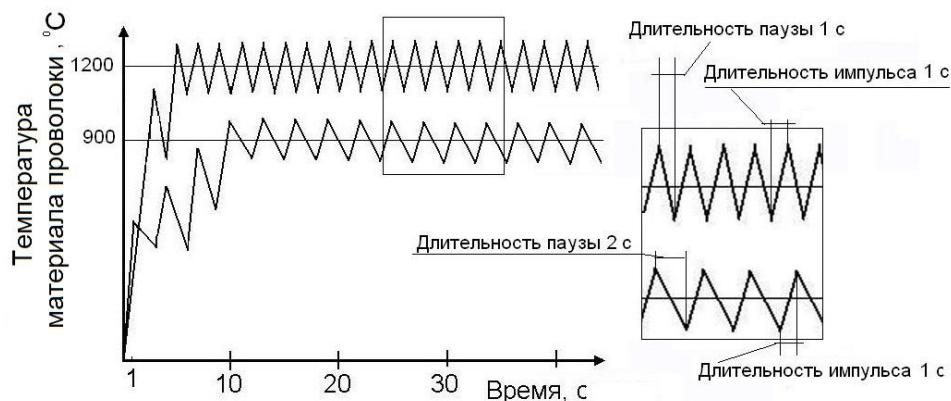
Порошковая и легированная проволока широко используются для формирования защитных покрытий. В зависимости от условий эксплуатации защищаемой поверхности предпочтение отдается материалу конкретной марки, имеющей определенный химический состав. Не все предприятия способны закупить широкую номенклатуру легированных материалов, а потому диффузионное насыщение стальной проволоки для достижения оптимального химического состава представляется перспективным направлением.

Традиционное насыщение в печах трудоемко и энергозатратно [1]. Альтернативным способом является диффузионное насыщение стальной проволоки в условиях электроконтактного нагрева в режиме термоциклирования [2].

Ток пропускается по проволоке с длительностью импульса 0–10 секунд и длительностью паузы 1–3 секунд, время обработки каждого микрообъема проволоки составляет 2-4 минуты [2,3]. Проволока подается в зону обработки непрерывно с заданной постоянной скоростью. Температура материала в процессе обработки меняется по заранее заданному закону.

Предлагаемый способ позволяет интенсифицировать процесс диффузионного насыщения стальной проволоки. С его помощью можно получить проволочный материал требуемого химического состава любой протяженности за ограниченное время. Режим

обработки подбирается индивидуально, в зависимости от химического состава основы, ее размеров и вида насыщающего элемента.



Изменение температуры проволоки в процессе обработки

1. Борисенко, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г.Ворошнин и др. – М., Металлургия, 1981, 424 с.
2. Способ диффузионного насыщения стальных образцов, преимущественно проволоки: С23С8 00 / В.М. Константинов, М.В. Семенченко, В.Г. Дашкевич, А.С. Губанов; заявитель УО «Полоц. гос. ун-т» –№ а 20080742 от 05.06.2008
3. Семенченко, М.В. Особенности диффузионного легирования стальной проволоки с применением циклического электроконтактного нагрева / М.В. Семенченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки : научно-теоретический журнал. – Новополоцк : ПГУ, 2010. - № 2. – С. 159-164

Сиротина К.М., Новикова Т.К.

Анализ причин и меры предупреждения производственного травматизма в нефтяной отрасли

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-59

idsp: 000001:lj-30-11-2017-59

Трудовая деятельность каждого человека связана с различными техническими средствами, механизмами, технологическим оборудованием и т.д. Внедрение достижений научно-технического прогресса во все сферы трудовой деятельности, создание систем автоматического контроля, способных регулировать технологические и иные процессы производства, с одной стороны, облегчает повседневную жизнь современного человека, а с другой стороны, представляет определенную опасность при неправильном использовании.

На сегодняшний день одной из отраслей, где травматизм представляет собой значительную проблему, является нефтяная.

Анализ причин производственного травматизма в нефтегазовой промышленности позволяет получить объективную информацию об условиях труда работающих, состоянии техники безопасности на объектах, эффективности осуществляемых мероприятий по безопасности. [1]

По данным Ростехнадзора наблюдается высокий уровень травматизма на производстве. С 2011 года количество травмированных возросло почти в 2 раза. Но в 2013 году произошел резкий спад производственного травматизма на предприятиях нефтяной отрасли (рисунок 1).[2]

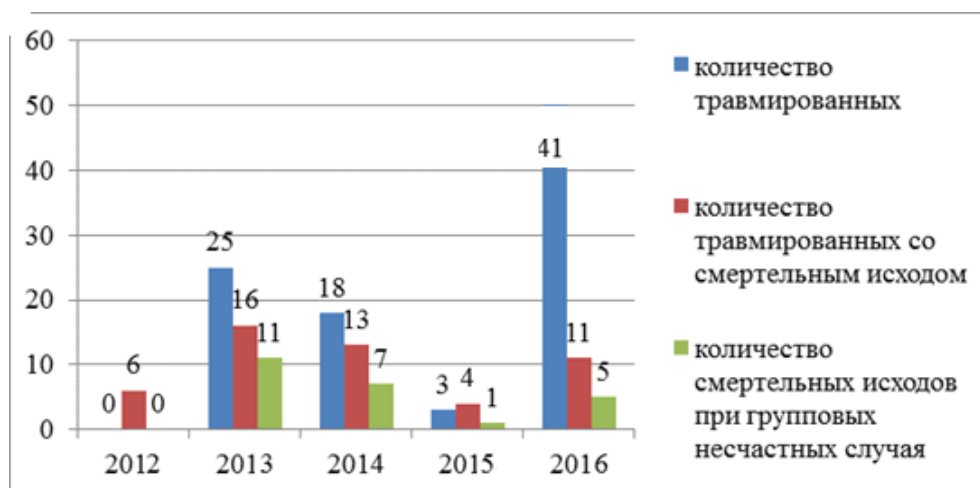


Рисунок 1 – Динамика количества пострадавших и смертельного травматизма на объектах нефтяной промышленности.

Анализ несчастных случаев на производстве позволил выявить основные причины травматизма:

- личные – 50,1 %.

К этим причинам можно отнести физическое и нервно-психическое состояние работающего, нарушение работником трудовой дисциплины, монотонностью труда, стрессовыми ситуациями и т.д.

- технические – 18,1 %.

Эти причины не зависят от уровня организации предприятия. Несчастные случаи происходят из-за конструктивных недостатков оборудования, несовершенство ограждений, предохранительных устройств, средств сигнализации и блокировок.

- организационные – 7,8 %.

Эти причины целиком зависят от уровня организации предприятия. Например, недостатки в содержании территории, в организации рабочих мест, нарушение технологического регламента, нарушение норм транспортировки и хранения и т.д.

Как видно из полученных данных, несчастные случаи на производстве в основном происходят из-за неправильных действий работников. Ошибочные действия вызываются различными причинами, наиболее общими из которых являются: утомленность и усталость, отсутствие или недостаточность знаний и навыков, несоответствие индивидуально-психологических качеств требованиям трудовой деятельности, неправильное устройство оборудования, аварийное изменение обстановки, неудовлетворительная санитарно-гигиеническая среда и др.

Для снижения производственного травматизма необходимо принимать меры по его предупреждению.

В первую очередь, следует своевременно и квалифицированно проводить инструктажи по технике безопасности.

Также следует максимально механизировать и автоматизировать технологические процессы для того, чтобы ликвидировать ручные операции и устранить рабочих от технологического оборудования.

Технологическое оборудование должно всегда находиться в исправном состоянии. За их состоянием должен быть обеспечен постоянный контроль.

Движущиеся и вращающиеся детали машин и агрегатов, а также места возможного соприкосновения с горячими поверхностями, едкими жидкостями и другими веществами подлежат обязательному ограждению. Такое ограждение производится кожухами, сетками, решетками, щитами и т. д.

Все электрооборудование в цехах обязательно заземляется, причем состояние заземления периодически контролируется и в случае выявления его нарушения исправляется.

Рабочие должны бесперебойно снабжаться исправными индивидуальными защитными средствами и спецодеждой.

1. Фомин С.Л. Анализ травматизма в нефтегазовой отрасли // Научный журнал «Нефтяное хозяйство». 2003. Режим доступа: <http://naukarus.com/analiz-travmatizma-v-neftegazovoy-otrasli-v-poryadke-obsuzhdeniya>
2. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/

Сопина Н.А., Сопин Д.А.

Применение информационно-коммуникационных технологий на предприятиях сферы услуг

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
(Россия, Белгород)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-60

idsp: 000001:lj-30-11-2017-60

Аннотация

Информационные технологии охватывают области поиска, сбора, хранения, передачи и восприятия информации. Они могут решать задачи по эффективной разработке информационного процесса с целью снижения затрат материальных ресурсов, энергии, труда и времени во всех сферах жизни современного общества и каждого человека отдельно.

Ключевые слова: информационные, коммуникационные технологии, видеочат, блог, подкаста, сфера услуг, реклама.

Информационные технологии – это методы и процессы сбора, обработки, хранения, предоставления и распространения информации, а также способы осуществления таких методов и процессов.

Информационные и коммуникационные технологии прочно вошли в нашу жизнь. Современные устройства и программы помогают предприятиям более полно информировать клиентов об услугах, например, с помощью интерактивного сайта и получать необходимую консультацию. А с помощью блогов, в которых описывается процесс оказания услуги, можно заинтересовать потенциального клиента, ответив на его вопросы. В этом случае информация о работе предприятия будет распространяться уже гораздо дальше виртуального пространства, поскольку клиенты возможно будут советовать успешную фирму своим родственникам, друзьями и знакомым.

Некоторые предприятия сферы услуг могут также использовать видеочаты в общении с потребителями. Они могут применяться в качестве основного способа связи с клиентом на расстоянии, помимо электронной почты и телефонных звонков, которые будут лишь дополнять визуальный контакт. Сейчас можно бесплатно работать с такими программами видеочата, как Skype, Oovoo, MSN Messenger и др., в скором времени данная возможность будет встроена в веб-страницы без потери качества видео- и аудиопотока. Визуальное общение через смартфон или планшет – это уже реальность и выход для тех, кто находится вдали от офиса или дома, хотя скорость передачи информации из Интернета через сотовые сети еще недостаточно высока, что не позволяет общаться через видеочат непринужденно. В целом визуальный контакт с клиентом будет помогать сервисным менеджерам выявлять его потребности и даже предупреждать возникновение новых с тем, чтобы максимально быстро и качественно их удовлетворить.

Сервисным менеджерам удобно сначала наладить контакт с потенциальным клиентом через социальные сети или сайт фирмы, а уже потом использовать в коммуникациях видеочат. Если неполадки в сети служат препятствием в дальнейшем общении, то удобно общаться по телефону или посредством коротких сообщений.

Электронная почта эффективна, если менеджеру требуется выслать какие-либо рекламные или иные материалы клиенту перед тем, как он посетит предприятие сферы услуг. Даже если клиент уже воспользовался услугами предприятия, то свежие рекламные материалы о работе фирмы могут привлечь снова его внимание.

Часто потребитель не хочет быть узнанными в сети Интернет и единственным способом общения с ним остаются текстовые сообщения или текстовый онлайн-чат. Исследователи отмечают, что большинство клиентов остаются довольными после общения с консультантом фирмы через подобный чат, так как там можно задать любой короткий вопрос и получить на него соответствующее разъяснение. Стремление к анонимности может быть связано еще с тем, что некоторые потребители не хотят афишировать собственные проблемы, например, трудности в бизнесе, вопросы юридического характера, проблемы со здоровьем и др. В любом случае текстовый чат предоставляет необходимую анонимность и позволяет при этом получить консультацию.

Другими видами технологических новинок, которые могут быть применены предприятиями сферы услуг для взаимовыгодного контакта с клиентами, могут выступить видеоигры, подкасты и блоги. Некоторые инициативные предприниматели в России уже давно заметили, что известные мировые бренды публикуют свою фирменную символику на реквизите для кинофильмов, а поскольку их смотрит большое количество людей, информация подсознательно воспринимается ими, что ведет в конечном итоге к увеличению объемов продаж. Этот способ имеет свои преимущества перед другими способами продвижения услуг, так как он краток и ненавязчив, по сравнению с остальными. Единственным препятствием для небольшого предприятия сферы услуг является высокая стоимость публикации рекламы в кино.

В последнее время данный вид рекламы проник и в видеоигры. Предприятие, которое публикует фирменную символику в видеоиграх можно охарактеризовать как компанию, которая планирует свой бизнес на долгосрочную перспективу. Она рассчитывает на молодых потребителей, которые впоследствии, возможно, станут постоянными клиентами.

Помимо видеоигр, на рынке сейчас представлены игры, имеющие целью ввести играющего в иную реальность, и если в этой реальности играющий встретит знакомое название предприятия сферы услуг, то, возможно, он воспользуется его услугами в ближайшее время. Можно создать в видеоигре обстановку, которая будет описывать жизненную ситуацию, связанную с оказанием какой-либо бытовой или платной услуги с тем, чтобы заинтересовать потребителя. Многие игры сейчас имеют некоторое медитативное свойство, они расслабляют играющего, и в этом состоянии он легче воспринимает информацию. Поэтому ведущие маркетологи и менеджеры стремятся использовать эту особенность для продвижения своих услуг.

Подкаста как одна из новых форм подачи информации потребителям предприятий имеет много общего с радио передачами и практически ничем от них не отличается, кроме того, подкасты передаются по сети Интернет, их можно загрузить и прослушать. Многие подкасты бесплатны, их записывают профессиональные ведущие, которые приглашают поучаствовать в записи различных специалистов, и поэтому услышанная информация часто имеет эксклюзивный характер, т. е. в средствах массовой информации ее получить не удастся. Так происходит потому, что специалисты часто делятся собственным опытом, рассказывают различные истории из своей рабочей практики и, таким образом, завоевывают доверие слушателя. Подкасты имеют более узкую аудиторию, по сравнению с радио или телевидением, они более неформальны, т. к. подобную передачу может записывать любой Интернет-пользователь, имеющий микрофон и наушники.

В сети можно найти подкасты с советами по релаксации, воспитанию ребенка, управлению финансами и др. Возможно создание тематического подкаста, посвященного оказанию какого-либо вида или нескольких видов услуг, где можно было бы услышать рекомендации профессионалов. Менеджеры могут использовать различные случаи из жизни своих клиентов как способ заинтересовать новых клиентов получить

определенную услугу. Исследователи отмечают, что прослушивание подкаста является даже более непринужденным способом получения информации, чем чтение книги или статьи. В любом случае данный вид подачи материала не оставляет никого равнодушным [3].

И, рассмотрим блоги как еще один из способов продвижения услуг на рынок. Исполнители услуг могут вести блоги, в которых будет представлено описание их работы, даны ссылки на ресурсы, имеющие к ней отношение, другая полезная информация для клиента. Ссылки могут вести на специализированный сайт, посвященный проблемам сферы услуг, либо сайт ассоциации предприятий, где потребители будут находить полезные статьи, подсказки. Следовательно, время работников предприятий сферы услуг будет расходоваться более эффективно, они смогут заниматься оказанием услуг, в то время как потенциальные клиенты будут интересоваться их работой на электронных ресурсах и делать свой выбор в пользу более профессиональных и опытных специалистов [3].

Несмотря на все преимущества использования инфокоммуникационных технологий, существуют и ограничения, основным из которых является отсутствие доступа сети Интернет у многих людей, особенно пожилых, которые не интересуются новинками, но при этом пользуются услугами предприятий сферы услуг, расположенных неподалеку. В библиотеках, кафе, на почте можно найти компьютеры с доступом в сеть Интернет, но компьютер в целом нельзя назвать интуитивно понятным устройством, особенно для людей в возрасте. Еще сложнее воспринимаются такими людьми видеоигры, они не находят в них ничего полезного. С другой стороны, влияние видеоигр на психику человека еще недостаточно изучено.

Таким образом, понятие информационно-коммуникационных технологий состоит из двух независимых процессов: информационных технологий и коммуникаций. Два данных процесса являются базовыми в процессе повышения эффективности систем управления организацией. Главная цель информационных технологий – гарантировать эффективное применение информационных ресурсов для поддержки принятия решений, для обеспечения конкурентоспособности отделов компании с учетом мнения постоянных и потенциальных клиентов, при создании стратегических планов развития компании. Именно поэтому применение информационно-коммуникационных технологий является актуальной и важной задачей предприятий сферы услуг.

1. Столяренко, А. В. Применение информационно-коммуникационных технологий в деятельности предприятий туристской сферы [Электронный ресурс] / А. В. Столяренко, А. А. Данильченко // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 1. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77660> (дата обращения: 29.09.2017).
2. Столяренко, А. В. Информационно-коммуникационная среда туристско-рекреационного предприятия Крыма [Электронный ресурс] / А. В. Столяренко, Д. Э. Мухин // Таврический научный обозреватель. – 2017. – № 1 (18). – URL: <https://cyberleninka.ru>

Старостин Н.П., Аммосова О.А.

Решение осесимметричной задачи теплопроводности при разработке технологии электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб при низких температурах

*ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-61

idsp: 000001:lj-30-11-2017-61

Аннотация

Теоретически исследуется тепловой процесс электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб для газопроводов при температурах воздуха ниже нормативных на основе решения осесимметричной задачи теплопроводности. Используемая

математическая модель учитывает теплоту фазового перехода в интервале температур. Вычислительными экспериментами показана возможность управления тепловым процессом сварки в условиях низких температурах окружающего воздуха и обеспечения в зоне термического влияния такого же изменения температурного поля, что и при допустимых температурах воздуха.

Ключевые слова: полиэтиленовые трубы, газопровод, электромужфтовая сварка, математическая модель, фазовый переход, предварительный подогрев.

Полиэтиленовые трубы все чаще применяются при строительстве газопроводов, ввиду меньшей стоимости, срока строительства трубопровода, трудоёмкости строительно-монтажных работ, а также большего срока эксплуатации по сравнению с металлическими аналогами [1, 2]. С увеличением протяженности газопроводов из полиэтиленовых труб крайне важным становится решение проблемы их оперативного ремонта при аварийных ситуациях в зимний период в северных регионах. Сварочные работы при монтаже и ремонте газопроводов из полиэтиленовых труб рекомендуется проводить при температуре окружающего воздуха (ОВ) не ниже минус 15 °С. При более низких температурах воздуха сварочные работы рекомендуется проводить в легких отапливаемых конструкциях с поддержанием температуры из допустимого диапазона. Между тем, такая сварка обусловлена большими энергетическими, непроизводительными затратами и длительной подготовкой, что неприемлемо в аварийных ситуациях.

Актуальной проблемой является разработка оперативной сварки полиэтиленовых труб соединительными деталями с закладными нагревателями (электромужфтовой сварки) в зимних условиях без строительства отапливаемых укрытий. Привлечение средств математического моделирования позволит наиболее полно изучить тепловой процесс при электромужфтовой сварке, как на стадии оплавления, так и на стадии охлаждения сварного соединения и найти эффективные способы управления тепловым процессом для разработки технологии сварки при температурах ниже нормативных.

Сварку полиэтиленовых труб с помощью деталей с закладным нагревательным элементом (ЗНЭ) при температурах воздуха ниже нормативных можно провести, обеспечив в области сварного соединения регламентируемую температуру. Для этого предлагается проведение предварительного подогрева области сварки с помощью нагревательной спирали самой муфты. После предварительного подогрева для достижения более однородного температурного поля муфта и труба выдерживаются в течение расчетного времени – технологическая пауза. Для поддержания необходимого темпа охлаждения соединения муфта и участки свариваемых труб укрываются теплоизоляционным материалом. Продолжительности предварительного подогрева, выравнивания температуры, толщины теплоизоляции, мощности источника тепла при подогреве определяются методами математического моделирования.

Определение динамики температурного поля при электромужфтовой сварке при допущении об однородности распределения температуры по угловой координате представляет осесимметричную задачу. Расчетная схема трубы с муфтой представлена на рис. 1. Обозначим Ω_1 подобласть стенки муфты и трубы из полиэтилена, Ω_2 – подобласть нагревательного элемента. В силу симметрии рассматривается одна из половин соединения муфты с отрезком трубы. Расчет температурного поля проводится в расчетной области $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$.

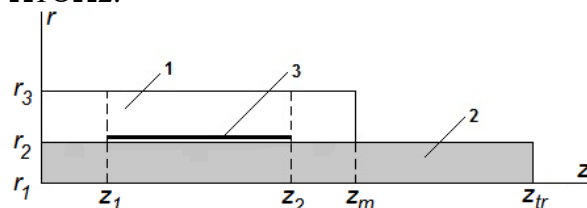


Рис. 1. Расчетная схема: 1 – стенка муфты; 2 – стенка трубы; 3 – нагревательный элемент

Распределение температуры при сварке полимерных материалов с помощью деталей с закладным нагревателем можно описать уравнением теплопроводности:

$$C_i \rho_i \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda_i \operatorname{grad} T) + \gamma Q(t), \quad x \in \Omega, \quad 0 < t \leq t_m, \quad (a)$$

где C – удельная теплоемкость, ρ – плотность и λ – коэффициент теплопроводности, для твердой фазы с индексом 1, для жидкой – с индексом 2, Q – плотность источника теплоты; Ω – пространственная область; $\gamma=1$ в подобласти расположения нагревательного элемента; $\gamma=0$ – в противном случае, плотность теплового источника: $Q(t) = U^2 / (R \cdot (1 + \beta(T(r_m, z, t) - 20)) V_s)$, R – сопротивление спирали при температуре 20 °С; β – температурный коэффициент сопротивления; V_s – объем источника тепла.

Так как в полимерных материалах фазовый переход происходит в интервале температур, то для адекватного описания теплового процесса в математической модели необходимо учитывать промежуточную фазу между твердым и жидким веществом, в которой вещество находится как в твердом, так и в жидком состоянии [3]. В этом случае температурное поле описывается уравнением (1) с эффективным коэффициентом теплоемкости:

$$\tilde{C}(T) = \begin{cases} C_1, & T \leq T_s \\ C_1 - \frac{q(T)}{\Delta}, & T_s < T < T_L, \quad \Delta = \frac{(T_L - T_s)}{(t_2 - t_1)} \\ C_2, & T \geq T_L \end{cases} \quad (b)$$

где Δ – скорость нагрева, варьируемая в дифференциальном сканирующем калориметре (ДСК), $q(T)$ – зависимость теплового потока от температуры, отнесенная к единице массы вещества, регистрируемая ДСК. T_s , T_L , – температуры солидуса и ликвидуса, t_1 , t_2 – моменты времени достижения температуры солидуса и ликвидуса.

В начальный момент времени распределение температуры однородное. На левой границе рассматриваемой области выполняется условие симметрии, на правой – условие первого рода. На свободных поверхностях выполняются условия теплообмена с окружающей средой с температурой T_0 .

Для решения задачи использовалась программа свободного доступа Dolfin/FEniCS [5]. Геометрия и триангуляция расчетной области строилась с использованием программы GMSH [6]. Для численного определения температурного поля в расчетной области рассмотрим вариационную постановку задачи, полученную с учетом осевой симметрии и перехода к цилиндрическим координатам, используя формулу интегрирования по частям и неявную разностную схему для аппроксимации по времени, получим следующую постановку задачи:

Используя формулу интегрирования по частям и неявную разностную схему для аппроксимации по времени, получим следующую постановку задачи:

$$2\pi \int_{\Omega} \left(C \rho V r \frac{T}{\tau} + r \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \frac{\partial V}{\partial r} + r \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \frac{\partial V}{\partial z} \right) dr dz - 2\pi \int_{\Gamma} \alpha (T - T_{окр}) V r ds = 2\pi \int_{\Omega} \left(\gamma Q r v + r V C \rho \frac{\tilde{T}}{\tau} \right) dr dz$$

Моделирование температурных полей при электромужфтовой сварке проводилось для ПЭ100 трубы SDR 11 63×5,8 при температуре окружающего воздуха 20 и минус 40 °С. Расчеты проводились при следующих данных: $r_1=0,0257$ – внутренний радиус трубы; $r_2=0,0315$; $r_3=0,0395$ – внешние радиусы трубы и муфты, м. Продолжительности нагрева и охлаждения для стандартной сварки составляют 70 секунд и 6 мин соответственно.

На рис. 2. приведено распределение температуры при проведении предварительного подогрева и использования теплоизоляции при температуре воздуха -

40 °С. Расчетным путем определено напряжение при предварительном подогреве равное $U_{PH} = 8$ В. Предлагаемая толщина теплоизоляции составляет 2 см. Исследование динамики температурных полей показало увеличение оплавленной зоны после проведения предварительного подогрева, выравнивания и сварки при низких температурах, которая сопоставима с зоной, полученной при допустимых температурах ОВ.

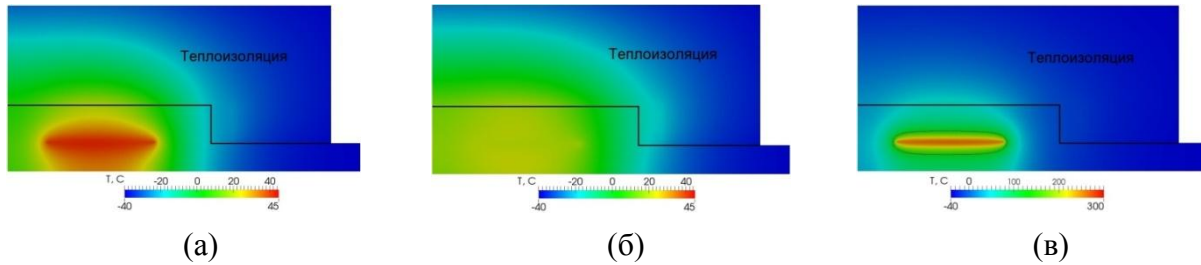


Рис. 2. Распределение температуры в сечении муфты и трубы с теплоизоляцией при температуре ОВ минус 40 °С: а) после предварительного подогрева в течение 17 минут; б) после выравнивания в течение 3 минут; в) после предварительного подогрева, выравнивания и нагрева в течение 70 с

Для получения качественного сварного соединения важную роль играет размер зоны термического влияния (ЗТВ), в которой происходят структурные изменения свариваемого материала. Обычно считается, что ЗТВ при сварке ПЭ ограничена изотермой 80 °С, при которой начинается фазовый переход с выделением теплоты, характеризующей структурные изменения. Были определены ЗТВ в различные моменты охлаждения сварного соединения при допустимой температуре воздуха 0 °С (стандартная сварка) и температуре ниже нормативного -40 °С (рис. 3). При охлаждении соединения под слоем теплоизоляции с толщиной, определяемой расчетом, динамика температурного поля близка к допустимой.

Вычислительными экспериментами установлено, что варьируя технологическими параметрами электромуфтовой сварки полиэтиленовых труб (подаваемое в нагревательный элемент напряжение для подогрева, продолжительность подогрева и выравнивания температур, толщина теплоизоляции при охлаждении) можно обеспечить динамику температурного поля при низких температурах близкую характерным для сварки при допустимых температурах воздуха.

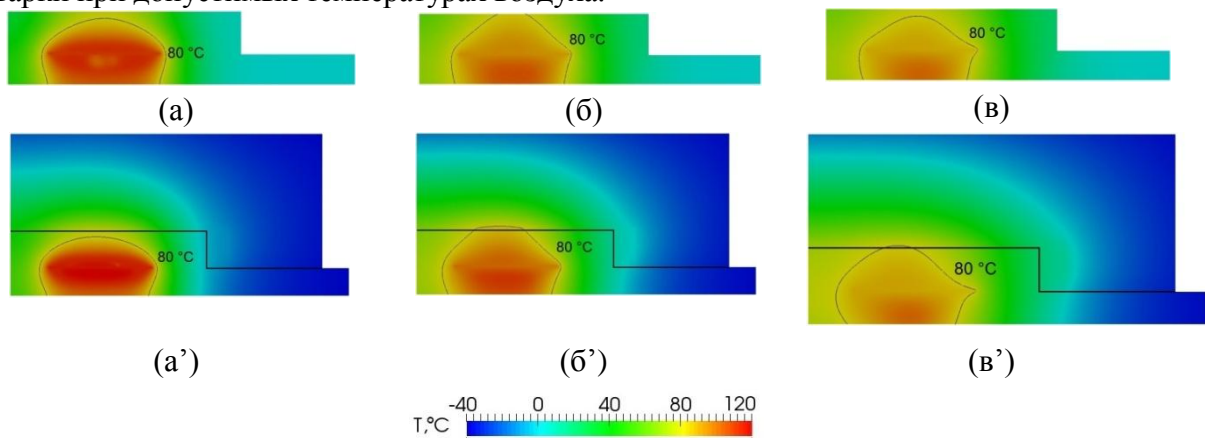


Рис. 3. Распределения температур в сечении муфты и трубы во время охлаждения при температурах ОВ 0 °С (а, б, в) и минус 40 °С (а', б', в'): а, а') – охлаждение 1 мин.; б, б') – охлаждение 3 мин.; в, в') – охлаждение 5 мин

* Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Главы Республики Саха (Якутия) для молодых ученых, специалистов и студентов.

1. Боровский Б.И., Кунский М.О. Оптимизация систем газоснабжения городских микрорайонов // Строительство и техногенная безопасность. 2014. № 50. С. 29–33.

2. Петришин А. К вопросу использования полиэтилена в трубопроводах // Наука сегодня: задачи и пути их решения: мат. межд. научно-практ. конф. – Тюмень: Изд. ООО "Маркер", 2017. С.31-32.
3. Старостин Н.П., Аммосова О.А. Моделирование теплового процесса сварки полиэтиленовых труб встык при низких температурах // Инженерно-физический журнал. 2016. Том 89. №3. С. 706-713.
4. Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Сплайны в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.
5. Библиотека FEniCS. <http://fenicsproject.org/>
6. Программа GMSH. <http://geuz.org/gmsh/>

Торопов В.П.

Проект устройства, отбирающего энергию у самого мощного природного аккумулятора – окружающего нас воздуха. Т.е. атмосферы Земли

(Россия, Крым, п.Октябрьское)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-62

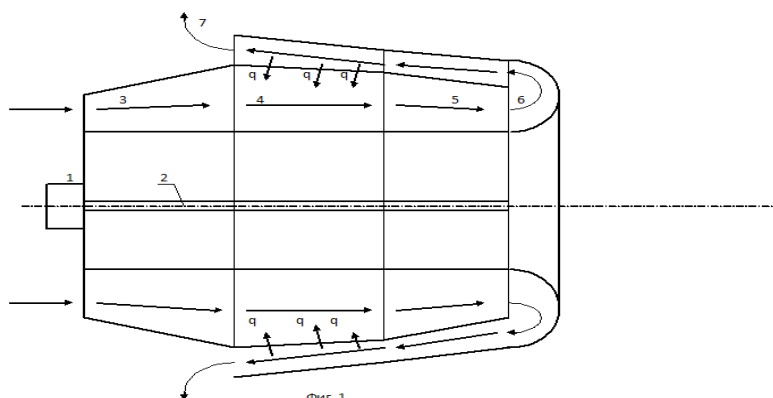
idsp: 000001:lj-30-11-2017-62

Наша атмосфера обладает огромным количеством энергии. Полная энергия находится по формуле: $E = \text{Суд} \times \Delta T \times m$, где E – полная энергия, дж; Суд – теплоёмкость воздуха = 1000 дж/кг град.; ΔT – разница температур средней и нулевой нашей атмосферы $300-0 = 300$ градусов Кельвина; m – масса нашей атмосферы, кг – очень большое число тонн. Всё это перемножается и получается очень большое число, практически равное бесконечности. А ещё существует закон сохранения энергии, открытый М.В. Ломоносовым: энергия не может из ничего возникнуть, а равно и никуда исчезнуть, она может только превратиться в другой вид. До сих пор считалось, от воздуха невозможно отнять энергию. Я же доказал, что возможно с помощью моего устройства. Оно по своей конструкции будет напоминать конструкцию газотурбинного двигателя с кое-какими изменениями. Меняются местами турбина и компрессор и вместо камеры сгорания установлен теплообменник.

Сади Карно, великий учёный прошлого, описал прямой цикл для теплового двигателя и обратный цикл для холодильных установок. Он брал теплоту от охлаждаемых тел. Не умаляю его работы, но я пошёл дальше его: разработал обратный цикл для теплового двигателя. Я же брал теплоту от потока воздуха после сжатия в компрессоре и поступающего через возвратную систему в теплообменник.

Сущность изобретения показана на схематическом чертеже Фиг.1.

1 – стартёр-генератор; 2 – вал устройства; 3 – турбина; 4 – теплообменник; 5 – компрессор; 6 – возвратная система; 7 - выход воздуха.



Устройство для преобразования воздушного потока работает следующим образом.

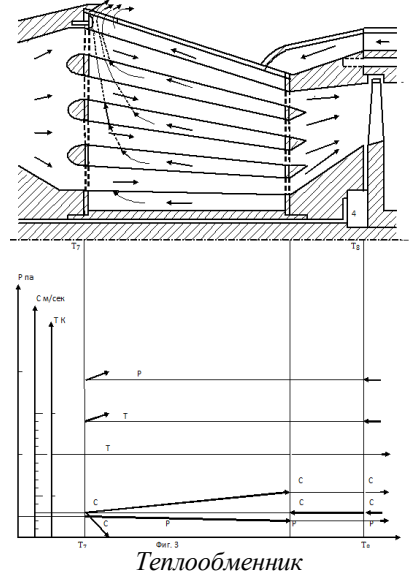
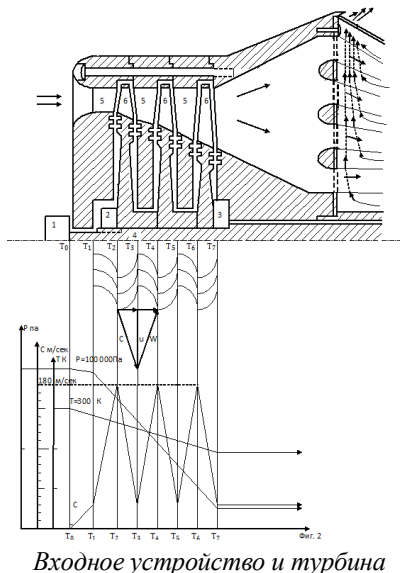
Вал устройства разгоняется стартер-генератором в режиме стартера до оборотов, на которых работа, производимая турбиной, не станет больше затрачиваемой компрессором, на величину передачи теплоты в теплообменнике. Далее происходит переключение стартер-генератора в режим генератора. Вал выходит на обороты малого

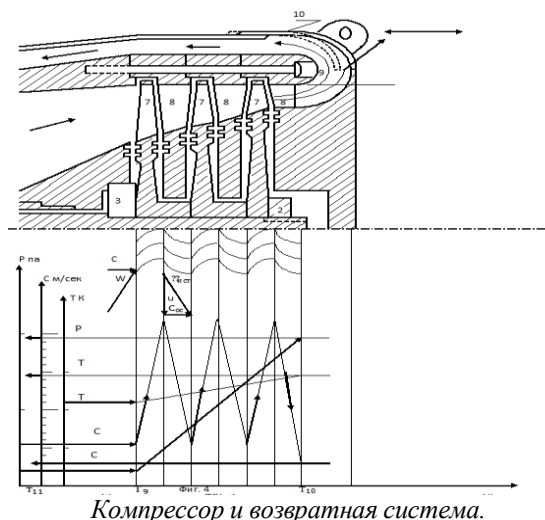
газа. Оборотами руководит автоматическое устройство, заведённое на датчик оборотов вала. Обороты задаются натяжением пружины. При изменении оборотов на уменьшение, заслонка перекрывает щель перепуска воздуха, обороты увеличиваются. И, наоборот, при отклонении оборотов на увеличение, заслонка передвигается на открытие щели. Обороты уменьшаются. При включении нагрузки, щель перепуска воздуха прикрывается, и устройство выходит на режим заданных рабочих оборотов.

При вращении вала, компрессор работает как вакуумный и создаёт на входе разрежённую область, куда из атмосферы начинает стекаться воздух, проходя воздухозаборник, турбину и теплообменник. Возникает поток воздуха, подчиняющийся всем законам термодинамики. Проходя турбину, воздух в сопловом аппарате разгоняется до определённой скорости, при этом будут изменяться его параметры по закону адиабаты: скорость увеличиваться, давление и температура уменьшаться. Далее при проходе рабочего колеса воздух будет ещё расширяться, при этом давление и температура ещё упадут. Относительная скорость потока воздуха возрастёт. Абсолютная скорость упадет до определённых значений (относительная скорость будет складываться с линейной скоростью лопаток турбины), вызвав ещё падение давления и температуры. Пройдя все ступени турбины, поток изменит свои параметры: давление и температура понизится, объём увеличится.

Далее, имея пониженные температуру и давление, воздух поступает в теплообменник, где за счет естественного теплообмена будет получать от встречного потока воздуха, вернувшегося из-за компрессора, имеющего после сжатия воздуха повышенные температуру и давление, теплоту самопроизвольно. Воздух при нагревании будет расширяться по закону изотермы, т.е. в сужающемся канале, а, следовательно, и увеличивать свою скорость, тем самым восстановив потерянную кинетическую энергию на рабочем колесе турбины, которая передастся валу устройства. Далее воздух поступит на вход компрессора, где он будет по закону адиабаты сжиматься до атмосферного давления. После сжатия, воздух, проходя возвратную систему и перепускную заслонку, возвращается в теплообменник для отдачи своей теплоты самопроизвольно потоку воздуха после турбины, имеющего пониженную температуру, по отношению к потоку воздуха, вернувшегося после его сжатия. Процесс будет протекать по закону изотермы в расширяющемся канале. Отдавший часть теплоты воздух при давлении, равном атмосферному, выходит наружу, т.е. покидает устройство. Процесс закончен. В этом процессе будет учитываться одна особенность. При работе компрессора, как сжимающего, работа будет на графике зависимости давления от объёма располагаться между линией зависимости и осью объёма. При работе как вакуумного, работа тоже будет располагаться там же, но знаки поменяются на противоположные. Поэтому и работа устройства будет вычисляться:

$$l_{\text{сум}} = l_{\text{турб}} + l_{\text{тепл}} - l_{\text{комп}} - l_{\text{тр}} , = l_{\text{тепл}} - l_{\text{тр}} , \text{ при } l_{\text{турб}} = l_{\text{комп}} , \text{ где } l - \text{ работа.}$$





Компрессор и возвратная система.

Фиг.2 – изображены в деталях входное устройство и классическая трёхступенчатая турбина, в которую входят лопатки направляющего аппарата 5 (сужающиеся каналы), лопатки рабочего колеса 6. Все процессы, протекающие в турбине, теплообменнике, диффузоре и осевом компрессоре рассчитаны согласно термодинамическим законам по отношению к воздушному потоку, возникшему при работе вакуумного компрессора. Стартёр-генератор при запуске работает в режиме стартёра. После выхода устройства на рабочие обороты стартёр-генератор переключается на режим генератора.

Фиг.3 – теплообменник, представляющий себя трубчатый противоточный воздуховоздушный радиатор. Мощность устройства будет зависеть от площади теплообмена в теплообменнике, разности температур потоков воздуха после турбины и после сжатия воздуха в компрессоре, способа теплообмена (попутными потоками, поперечным обдувом и противотоком).

Фиг.4 – вакуумный осевой компрессор (лопатки рабочего колеса 7 и лопатки спрямляющего аппарата 8) и возвратная система 9 с перепускной заслонкой 10 для автоматической регулировки оборотов (мощности), заведённой на датчик оборотов. При увеличении мощности будут падать обороты, но датчик установит заслонку в положение, более прикрывающее перепуск воздуха в атмосферу, теплообмен увеличится. Обороты снова станут заданными. Осевой компрессор представляет себе трёхступенчатый классический компрессор с рабочим колесом и спрямляющим аппаратом. Последняя ступень рассчитана с условием прироста кинетической энергии потока воздуха в теплообменнике. Несколько ниже изображены профили лопаток. Ещё ниже – графики зависимости параметров воздушного потока: P Па, C м/сек, T Кельвин, от прохождения той или иной части устройства.

1. Б.Н. Юдаев. Техническая термодинамика. Теплопередача. Москва «Высшая школа». 1988г. 479 стр.

Чернышова В.А., Салахова А.Ф., Ахмерова Г.М.

Способы продления срока службы подземных теплопроводов систем теплоснабжения

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-63

idsp: 000001:lj-30-11-2017-63

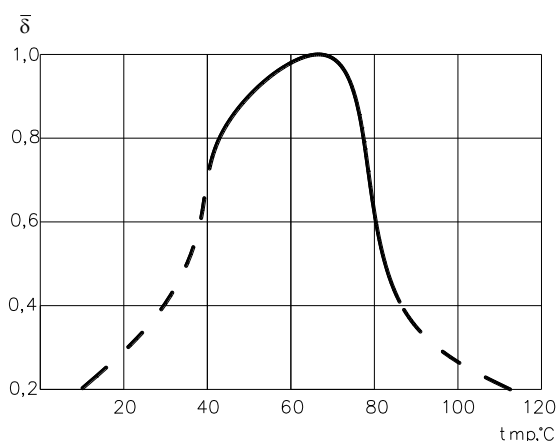
Аннотация

Срок службы подземных теплопроводов систем теплоснабжения может быть снижен по причинам использования устаревших технологий при строительстве

теплотрасс, низкого качества антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий трубопроводов, использования теплопроводов с тонкими стенками и ветхих тепловых сетей, устройства тепломагистралей в зоне грунтовых вод. Летом трубы разрушаются гораздо быстрее, чем зимой, когда по ним течёт горячая вода. В статье рассматривается возможность применения летнего температурного графика в подающем трубопроводе на уровне 100оС и метод «транспозиции» для увеличения надёжности и срока службы тепловых сетей.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, температурный график, метод «транспозиции»

На сегодня одной из главных причин преждевременного выхода из строя трубопроводов тепловых сетей является коррозия (в системах централизованного теплоснабжения коррозионные процессы протекают более интенсивно, чем в холодном водопроводе). Интенсивность коррозионных процессов зависит от температуры. Внутренняя коррозия усиливается в летний период, так как температура теплоносителя в подающем трубопроводе не превышает 70 оС. Максимальная скорость коррозии имеет место при температуре воды 60-70 оС [1]. При температуре 100-110оС коррозия практически отсутствует (см. рис.). Поэтому некоторые специалисты предлагают летом поддерживать температуру порядка 100 оС [2]. В Дании, например, в системах централизованного теплоснабжения и в зимний, и в летний период температура в подающем трубопроводе поддерживается на уровне 80 оС, температура обратной воды 40-50 оС и большинство систем имеют подключение без использования ЦТП [3].

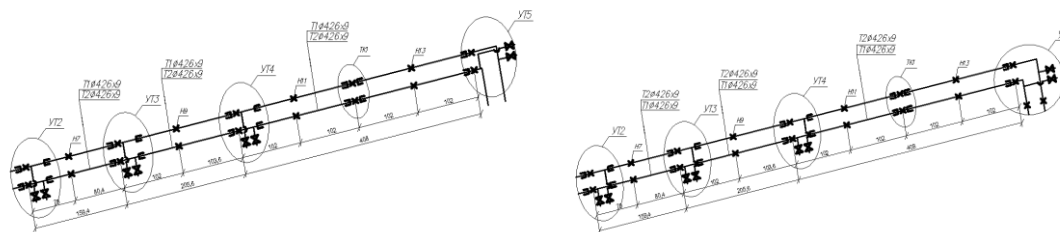


Зависимость относительной скорости коррозии трубопровода от температуры на его поверхности во влажной среде

Результаты исследований показали, что повышение температуры приводит к снижению интенсивности коррозии подающих трубопроводов, но увеличивает расход условного топлива за летний период; приводит к повышению температуры в каналах и камерах тепловых сетей [2].

Метод «транспозиции» для продления срока службы подземных теплопроводов, основан на том, что аварийность подающих теплопроводов во много раз выше, чем обратных. Это связано с тем, что концентрация кислорода в подпиточной воде по мере удаления от источника снижается и поэтому подающие трубопроводы корродируют быстрее обратных. Метод «транспозиции» может применяться тогда, когда во время гидравлических испытаний выявляются протяжённые участки тепловых сетей, поражённых значительной коррозией, а времени для перекладки таких участков уже нет. В данных случаях для обеспечения надёжного теплоснабжения потребителей от этого участка тепловой сети выполняется перекрещивание теплопроводов, т. е. «транспозиция», и обратный трубопровод становится подающим, а подающий — обратным. При этом также меняются врезки абонентских ответвлений. Таким образом, удастся обеспечить

надёжное теплоснабжение микрорайонов в течение 3—5 лет и за это время выполнить ремонт и перекладку тепловых сетей. В закрытых системах теплоснабжения диаметры подающего и обратного трубопроводов одинаковы, но при использовании метода «транспозиции» важно проверить компенсирующую способность бывшего обратного теплопровода.



Пример схемы тепловой сети до и после «транспозиции»

1. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения/ – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. –164с.
2. Л. И. Альбертинский, В. М. Липовских Пути увеличения срока службы тепловых сетей [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://leg.co.ua/arhiv/generaciya/puti-uvelicheniya-sroka-sluzhby-teplovyyh-setey.html>. Дата обращения: 21.11.17.
3. Ахмерова Г.М. Проблемы перехода от ЦТП на АИТП в Казани // Новости теплоснабжения. 2016. №5. С.37-39.
4. Внедрение ИТП как вариант решения проблемы изношенности системы теплоснабжения /Хасанов Г.М., Залялова А.Р., Ахмерова Г.М. // Тенденции развития науки и образования. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 июня 2017г. часть 1 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2017. С. 40-41.

Штельмах А.В.

Разработка интерактивных хоккейных ворот

Сибирский федеральный университет
(Россия, Красноярск)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-64

idsp: 000001:lj-30-11-2017-64

Аннотация

Количественная оценка мастерства человека - это сложная задача, требующая научного подхода. В профессиональном и любительском хоккее уровень подготовки игрока оценивается по различным параметрам: скорость, сила, владение теорией, мастерство дриблинга и точность бросков. В данной статье мы предлагаем устройство, позволяющее оценить точность броска хоккеиста.

Ключевые слова: Акустическая локация, задержка, псевдодальность, определение координат

Цель - разработка устройства позволяющего оценить точность броска хоккеиста в ворота.

Для решения данной задачи, мы предлагаем использования пассивной локации, так как объект сам является источником звуковых волн. Оценивая задержку первого фронта акустической волны с помощью микрофонов, мы с достаточной точностью можем оценить координаты попадания с помощью триангуляционного метода, который для трехмерного случая сводится к системе из 3-х уравнений следующего вида:

$$R_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2}$$

Число уравнений строго соответствует числу переменных. Но у нас расстояния от объекта до отдельных микрофонов неизвестны.

Измеряемой величиной является разность расстояний от объекта до микрофонов. При использовании четырех микрофонов область размещения объекта должна сводиться к одной или двум точкам (пересечение эллипса и гиперболоида).

Запись со всех микрофонов с заданной частотой преобразуется в цифровую форму, проверяется, не превышен ли заданный пороговый уровень мощности сигнала. Если пороговый уровень превышен одним из микрофонов, то этот момент времени считается стартовой точкой отсчета по времени. Затем ожидается превышение порогового уровня каждым из оставшихся микрофонов. При этом будут зафиксированы несколько значений таймера, соответствующие каждому из микрофонов. Эти значения представляют собой задержки между приходом звуковой волны до разных микрофонов.

Для исследования формы акустической волны при взаимодействии шайбы с поверхностью были взяты разнообразные материалы. Это сталь, стеклопластик, древесина.

Расстояния от микрофона для исследуемых материалов равно 60 см. Исследования проходили в одинаковых условиях для всех материалов, производилось соударения об исследуемый материал, на удалении 30 см. от каждого микрофона, и на расстояние 40 см. от второго и 20 см. от первого. При этом показатели окружающей среды были следующими: атмосферное давление - 744 мм рт. ст., температура в аудитория – 23°C.

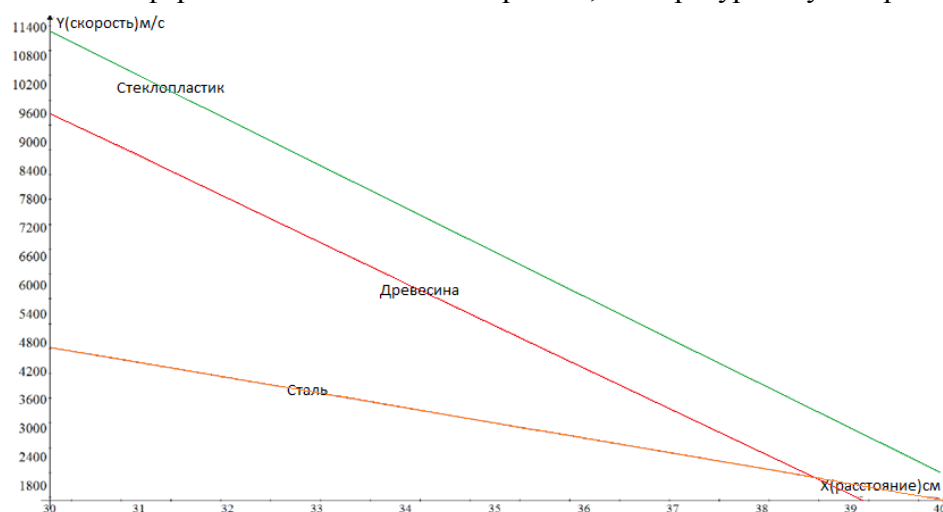


Рисунок 1 – График зависимости затухания акустической волны от расстояния в различных материалах

Как показали результаты экспериментов, у звуковой волны существует расстояние, на котором полученная скорость во много раз превышает скорость звука, Это связано с распространением звука внутри материала, для избегания грубых ошибок при отсутствии первичной фильтрации достаточно установить микрофоны на расстояние не менее 40 см.

Были проведены экспериментальные исследования оценки задержки сигнала с помощью четырех микрофонов на удалении 50 см друг от друга.

Источник звука находится возле 1 микрофона на расстояние 90 см, остальные микрофоны равно удалены от источника звука и расположены параллельно друг другу на расстоянии 50 см.

У первого микрофона время задержки 0.146, второго микрофона 0.154, третьего микрофона 0.162, четвертого микрофона 0.186 с

На рисунки 3 микрофоны установлены точно так же как и в прошлый раз, на расстояние 90 см, от источника звука и расположены параллельно друг другу на расстоянии 50 см. Источник звука же установлен между вторым и третьем микрофоном. У первого микрофона время задержки 0.169 с, второго микрофона 0.181 с, третьего микрофона 0.182 с, четвертого микрофона 0.170 с.

Согласно результатом проведенных экспериментальных исследований при использовании четырех микрофонов, можно с достаточной точностью оценить временную задержку сигналов. Материал стеклопластик является наиболее оптимальным в применении с точки зрения технических характеристик.

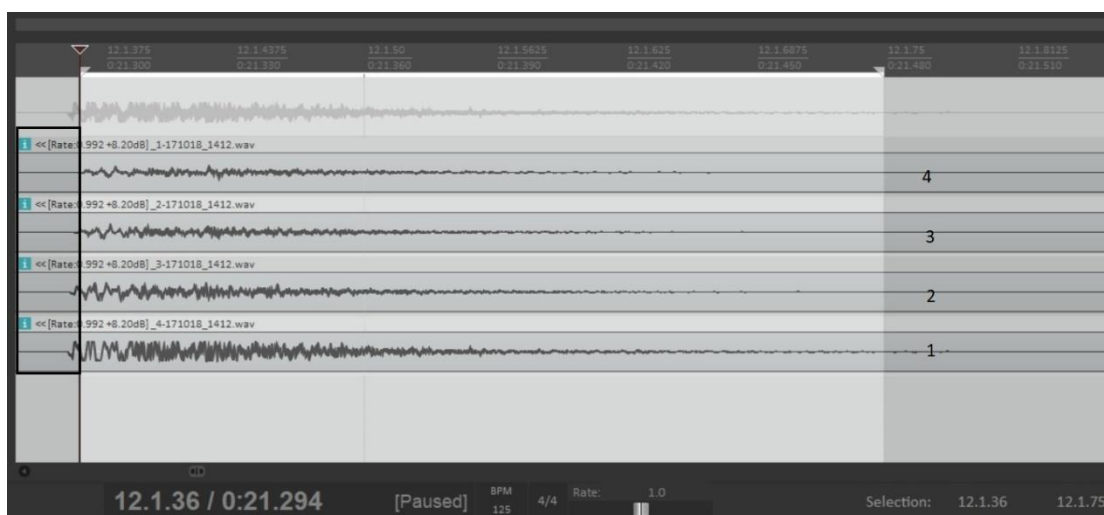


Рисунок 2 - Запись четырех микрофонов. Источник звука у первого микрофона.

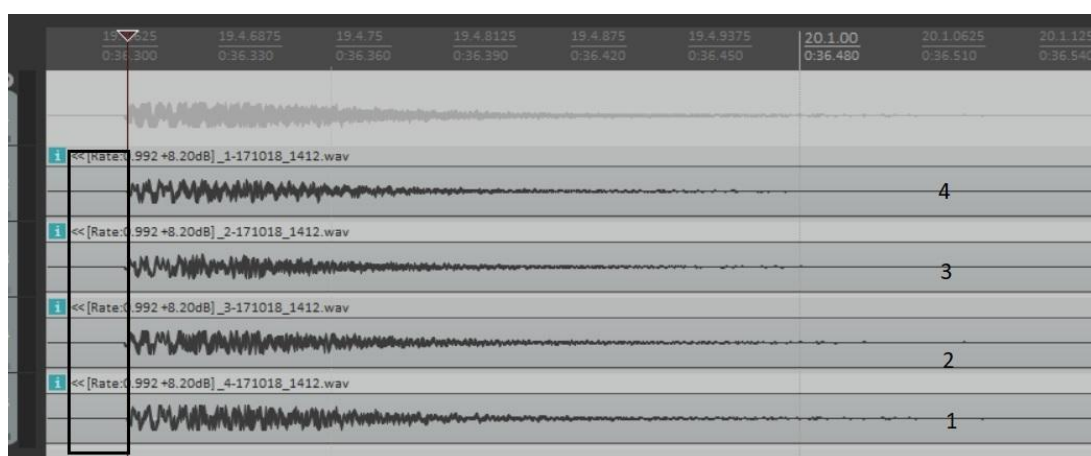


Рисунок 3 - Запись четырех микрофонов. Источник звука у второго и третьего микрофона.

Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта: «Разработка интерактивных хоккейных ворот»

1. Способ поиска шумоподобных сигналов с минимальной частотной манипуляцией - Патент RU 2486683 С1. МПК Н 04 L 7/10. – Опубл. 27.06.2013. – Бюл. №18. Приоритет 06.04.2012.
2. Уровень внутрисистемных помех в широкополосной навигационной системе с двухкомпонентными сигналами - Успехи современной радиоэлектроники; Изд.: «Радиотехника», 2016 г. – № 11. – С.59-62.
3. Noise immunity of a quasi-optimal correlation receiver of noiselike signals with minimum frequency-shift keying - Journal of Communications Technology and Electronics, vol. 58 (12), 2013 - pp. 1194-1199.

LJOURNAL.RU

Научный журнал

**Тенденции науки и образования в современном мире
№32, 11.2017**

В номере собраны материалы
XXXII международной научной конференции
«Тенденции развития науки и образования»
30 ноября 2017 г.
Часть 4



SPLN 001-000001-0216-LJ

Подписано в печать 09.12.2017. Тираж 400 экз.
Формат.60x84/16. Объем уч.-изд. л. 4,38
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович