Международная Объединенная Академия Наук

Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук

Сборник научных трудов

**по материалам
XIV международной научной конференции**

12 февраля 2018 г.

LJOURNAL.RU

Санкт-Петербург 2018

УДК 501
ББК 30

Н34

Научный тенденции: Вопросы точных и технических наук.
Сборник научных трудов, по материалам XIV международной научно-практической конференции 12 февраля 2018 г. Изд. ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2018. – 92с.

SPLN 001-000001-0251-TT
DOI 10.18411/spc-16-02-2018
IDSP 000001: spc-16-02-2018

В сборнике научных трудов собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на XIII международную научно-практическую конференцию
Научный диалог: Вопросы точных и технических наук

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

Все материалы, размещенные в сборнике, 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) и наукометрическую базу SPINDEX

Электронная версия сборника доступна на сайте ЦНК МНИФ «Общественная наука». Сайт центра: conf.sciencepublic.ru

УДК 501
ББК 30

SPLN 001-000001-0251-TT

<http://conf.sciencepublic.ru>

Содержание

РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА	5
Акимбеков Е.Т. Термоустойчивые свойства CaCO_3	5
РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ	7
Жихарев Ю.Н., Конова Т.А., Гуреева Н.В. Вольтамперометрическое определение иона марганца в водной среде.....	7
Рзаев Б.З., Караев А.М., Рзаева А.Б. Получение наночастиц оксида сурьмы(III)	9
Mahnur Jafarli Sorption from aqueous solutions of non-ferrous metal ions with dowex M 4195 ionite.....	11
РАЗДЕЛ III. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	12
Ефимова А.Г., Богданова В.А., Свидовская А.В. Визуализация геометрических объектов при помощи математического конструктора	12
Осипов Г.С. Исследование влияния функций пересечения множеств в задаче нечеткой диагностики	14
РАЗДЕЛ IV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	20
Абразумов В.В., Глебов И.В., Ермоченков М.Г., Котенко В.Д., Синюков Н.В. Тепловая защита для лесопожарных машин	20
Аравенков А.А., Пасынков Ю.А. Применение анализатора гармоник на основе широтно-импульсной модуляции в задаче оценки качества электрической энергии в системах электроснабжения общего пользования.....	25
Афанасьева Д.В., Маркова Е.А., Русинова Н.Г., Щенникова Т.В. Оптимизация работы вентиляционной установки на базе кинотеатра синема 5.....	27
Барабанщиков П.О. Автоматизация процесса сборки двигателя ГТД.....	32
Бисенгалиев Р.А., Менкеева С.С. Устройство для поиска случайно утерянных предметов	33
Васильев С.В., Охлопкова А.А. Исследование физико-механических свойств композитов на основе политетрафторэтилена и базальтового волокна	35
Алонцева А.И., Городештян М.С. Взаимосвязь ценностных ориентаций с профессиональной мотивацией представителей политической деятельности	36

Гурин Е.В., Рагозина М.А. Анализ методов и перспективы беспроводной передачи электроэнергии	42
Кузнецова Т.А., Рагозина М.А. Технология контактной сварки изделий	45
Кузнецова Т.А., Федоров В.А. Проблемы организации высокотехнологичного сварочного производства.....	47
Мазников И.А., Федоров В.А., Рагозина М.А. Плазменная сварка как инновационный метод соединения и резки металлов.....	49
Молдаванов С.Ю. Прогнозирование длительной прочности полых сфер при действии внешнего гидростатического давления.....	51
Мунин А.А., Бржозовский Б.М. Исследование инварных покрытий получаемых наплавкой и их характеристики и свойства.....	56
Муравьёв К.А. Исследование химической неоднородности в наплавленном металле при сварке конструкционных сталей	57
Николаенко А.С. Обоснование базовой конструкции исполнительного магнитоэлектрического сенсора	66
Пузаков А.В. Исследование эксплуатационной надёжности автомобильных стартеров	68
Уласень А.Ф., Уласень А.А. Обеспечение надёжности радиоэлектронной аппаратуры сложных технических систем	73
Федоров Ю.Ю., Васильев С.В., Саввина А.В. Испытание стеклопластиковой траверсы опоры ЛЭП в условиях холодного климата	75
Федоров Ю.Ю., Родионов А.К. Влияние длительного нагружения материала полиэтиленовых труб на смещение скорости неустойчивого разрушения.....	76
Федоров Ю.Ю., Саввина А.В., Васильев С.В. Способ оценки стойкости полиэтиленов к быстрой трещине	78
Федоров Ю. Ю., Васильев С.В., Саввина А.В. Климатическая стойкость нагруженного стеклопластика в условиях холодного климата	79
Юсупов Р.Х., Богрянов Е.А. Аналитический обзор систем интеллектуализации элементов электрических сетей	80
Serebryakov R.A., Biryuk V.V. The vortex gas-wind turbine	83
Serebryakov R.A., Batuhtin S.G. The regenerative water-air heat exchanger	87

РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА

Акимбеков Е.Т.

Термоустойчивые свойства CaCO_3 Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина
(Казахстан, Астана)

doi:10.18411/spc-12-02-2018-01

idsp: 000001:spc-12-02-2018-01

Аннотация

Кристалл CaCO_3 , допированный свинцом, благодаря своим термолюминесцентным свойствам, может найти широкое практическое применение в различных областях науки и техники. Устойчивость и эффективность процесса эксплуатации и глубокого исследования свойств термостимулированной люминесценции (ТСЛ) кальцитов.

Ключевые слова: исландский шпат, кристалл, радиационное облучение, люминесцентные характеристики, полосы поглощения.

CaCO_3 встречается в природе в виде поликристаллов (мрамор), несовершенных, непрозрачных кристаллов, а также в виде прозрачных монокристаллов (исландский шпат). По количеству весовых процентов свинца, внедренных в кристалл, монокристаллические образцы природного оптического кальцита разделены на три типа. Кристаллы, содержащие 0,п (мас. %) весовых процентов свинца относятся к 3 типу. Количество химических примесей в исследуемых кристаллах исландского шпата показано в таблице 1.

Содержание химических примесей в исследуемых кристаллах исландского шпата (мас. %).

Таблица 1

№ п/п	Mn, 10^{-4}	Pb, 10^{-3}	Fe, 10^{-3}	Sr, 10^{-4}	Mg, 10^{-4}	Y, 10^{-4}	Yb, 10^{-4}
1	90	370	15	5	3	-	-
2	80	150	36	6	8	-	-
3	50	200	11	8	1	-	-

При изучении свойств природного кальцита важно исследовать влияние нагрева и радиационного облучения на люминесцентные характеристики кристаллов. Метод ТСЛ является очень точным средством обнаружения весьма малых изменений, возникающих в результате термического и радиационного воздействия на монокристаллы.

В работе [1] исследовались спектры поглощения исследуемых образцов кальцита, облученных рентгеновским излучением (Cu, 50 кВ, 18 мА) в течение 60 мин и после отжига радиационно-наведенных центров поглощения в области 5,0 эВ приписывается электронным переходам $^1\text{S}_0\text{-}^3\text{P}_1$ в ионах свинца [2-4]. Поэтому следовало ожидать что радиационное воздействие приведет к уменьшению концентрации ионов Pb^{2+} за счет захвата дырок или электронов и ослаблению полосы поглощения, связанной с указанными выше переходами. Однако, автор отмечает, что облучение приводит к усилению полосы поглощения, что отмечается и в других работах. [1,4]. Это обстоятельство указывает на сложную природу полосы поглощения. Облучение рентгеновскими лучами приводит также к появлению ряда полос поглощения в области 4,7-2,5 эВ.

В то же время методом соосаждения из водных растворов при комнатных температурах легко получить поликристаллические (порошкообразные) образцы

кальцита [1,4]. Поликристаллический кальцит можно активировать свинцом двумя способами: а) термический; б) соосаждением кальцита из раствора с примесями солей активатора. В обоих случаях можно получить активированный свинцом кальцит, который по своим свойствам ТСЛ будет подобен исследуемым образцам исландского шпата.

Порошкообразные образцы CaCO_3 , активированные свинцом, полученные двумя методами, отличаются наличием фаз. В первом случае было проведено активирование CaCO_3 окисью свинца. Активация проводилась методом термодиффузии при температуре 350°C на воздухе в течение 24 часов. Результаты рентгеновского анализа показали наличие двух фаз в полученных образцах: портландита- CaOH_2 и кальцита - CaCO_3 . Во втором случае образцы были получены методом осаждения из водных растворов $(\text{NH}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, взятых в соответствующих концентрациях. В этом случае, рентгенофазовый анализ показала наличие одной фазы- кальцита [1].

Данные фотолюминесцентных свойств показали, что полученные образцы кальцита идентичны природным образцом с примесью свинца. Кривые ТСЛ также показали идентичность синтезированных порошков этим образцам.

Также была получена кривая ТСЛ синтезированного порошкообразного кальцита при скорости нагрева $\beta=0,375$ град/с. Скорость нагрева увеличена в 5 раз и приближена к используемым при стандартных дозиметрических измерениях. При этой скорости нагрева и в исследуемых образцах кальцита, и в синтезированных нами порошках проявляются два пика ТСЛ с максимумами при 370 и 490 К. Спектральный состав низкотемпературного пика состоит из полосы в области 4,3 эВ и полосы свечения двухвалентного свинца, а высокотемпературного- только из одной полосы, соответствующего излучению Pb^{2+} . Механизм ТСЛ в образцах с примесью свинца связывался многими авторами [4,5] с освобождением электрона из центра CO_3^{3-} и рекомбинацией ионом Pb^{2+} . Видимо следует считать, что к температурному воздействию.

Исходя из полученных и литературных данных, можно предложить механизм, уточняющий процессы ТСЛ в исследуемых образцах. На первом этапе происходит освобождение электронов из слабо искаженных центров CO_3^{3-} .

1. К.С. Бактыбеков, Люминесценция и радиационно-стимулированные процессы в кристаллах с комплексными анионами и катионами, Дис.докт. физ.-мат. наук. Караганда, КарГУ им. Е.А.Букетова, 1996, С.12-15, 58-62, 113-119.
2. Х.К. Сарсембаева, О спектрах поглощения кристаллов оптического кальцита, Труды аспирантов и соискателей вузов КазССР. 1964, Вып.1, С.74-78.
3. Х.К.Сарсембаева, Исследование природы окраски кристаллов оптического кальцита по спектрам поглощения, Вестник АН КазССР, 1962, С. 83-86.
4. Л.В.Бершов, М.И.Самойлович, В.Г. Лушников, Н.И. Андрусенко, О природе разовой окраски кальцита, Зап. ВМО, 3, Сер. 2, 357 (1968)
5. К.С.Бактыбеков, Ультрафиолетовая люминесценция оптического кальцита. Физ.осн.процессы в ТВ телах. Караганда, изд-во КарГУ, 1994, С. 3-15.

РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ

Жихарев Ю.Н., Конова Т.А., Гуреева Н.В.

Вольтамперометрическое определение иона марганца в водной среде

*Тюменское высшее военно-инженерное командное училище имени маршала
инженерных войск А.И. Прошлякова
(Россия, Тюмень)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-02

idsp: 000001:spc-12-02-2018-02

Марганец относится к довольно распространенным элементам и широко используемым в промышленности, особенно в металлургической. Марганец часто обнаруживается в природных водах и практически всегда в сточных водах химических лабораторий и производств, связанных с обработкой различных сплавов [1.с.57-61]. Известно, что марганец может находиться в различных степенях окисления, в зависимости от характера среды (от +2 до +7), то это надо учитывать при его определении в различных объектах. Находясь в высшей степени окисления, марганец очень активен, и поэтому «время его жизни» снижается за счет протекания окислительно-восстановительных процессов. Для определения в растворе содержания марганца в его анионной форме MnO_4^- нужны экспрессные и высокочувствительные методы. К таким методам относится инверсионная вольтамперометрия [2.с.687-691]. Имеется ряд работ по определению марганца в различных формах его нахождения в растворе [3.с.20-22]. В нашем случае изучение электрохимического поведения перманганат-иона проводилось на плоском серебряном электроде с использованием электрохимической ячейки с различными фоновыми растворами индифферентных электролитов. В качестве электрода сравнения служил насыщенный каломельный электрод.

Для удаления из раствора растворенного кислорода применяли аргон высокой частоты. Рабочий электрод представлял собой серебряный стержень диаметром 1 миллиметр, впрессованный в тефлон и зашлифованный в торце. Таким образом, площадь рабочей поверхности серебряного диска составляла $S = 0,795 \text{ мм}^2$. Устройства электрохимических ячеек описаны в работах. Перед электролизом и после регистрации полезного сигнала поверхность рабочей части электрода шлифовалась с помощью порошка CrO_3 на фильтровальной бумаге и промывалась бидистиллятом. Подготовленный электрод опускался в исследуемый раствор индифферентного электролита герметичного электролизера, и после удаления растворенного кислорода регистрировалась поляризационная кривая. Метод заключается в предварительном накоплении осадка, полученного в результате электролиза раствора, содержащего перманганат-ион. При потенциалах, близких к ионизации серебра, к его поверхности подходят анионы марганца и осаждаются под действием адсорбционных сил, возникает связь аниона с серебром, образуется перманганат серебра. Количество осадка зависит от концентрации MnO_4^- в растворе, от природы фонового индифферентного электролита, от потенциала электролиза, от времени электролиза и от других факторов.

Изменяя параметры предварительного электролиза, можно накопить осадка на электроде в количестве, достаточном для получения аналитического сигнала требуемой величины. После окончания электролиза регистрируется вольтамперная поляризационная кривая в виде пика в условиях линейной развертки потенциала в

катодную область. При этом труднорастворимое соединение перманганата серебра распадается в результате разрыва связи на ионы Ag^+ и MnO_4^- . В условиях катодной поляризации катионы Ag^+ восстанавливаются на электроде. Наиболее пригодными фоновыми растворами оказались 0,1 моль/л CH_3COONa и 0,1 моль/л KNO_3 . На этих фонах при постоянных значениях pH получают хорошо воспроизводимые катодные пики, по величине которых можно судить о концентрации MnO_4^- .

Величина pH также влияет на величину полезного сигнала. При потенциалах, близких к ионизации серебра, к его поверхности подходят анионы марганца и осаждаются под действием адсорбционных сил, возникает связь аниона с серебром, образуется перманганат серебра. Количество осадка зависит от концентрации MnO_4^- в растворе, от природы фонового индифферентного электролита, от потенциала электролиза, от времени электролиза и от других факторов.

Наиболее пригодными фоновыми растворами оказались 0,1 моль/л CH_3COONa и 0,1 моль/л KNO_3 . На этих фонах при постоянных значениях pH получают хорошо воспроизводимые катодные пики, по величине которых можно судить о концентрации MnO_4^- .

Отклонение от линейности наблюдается также на зависимости $I - \tau$. При концентрации $\text{MnO}_4^- 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л отклонение от линейности имеет место при времени электролиза > 8 минут. С увеличением концентрации анионов MnO_4^- и времени электролиза отклонение от линейности будет наблюдаться раньше из-за диффузионных затруднений иона Ag^+ к поверхности электрода. Чувствительность метода можно увеличить за счет увеличения константы электролиза, увеличения времени электролиза для более низких концентраций, а также за счет увеличения скорости развертки потенциала.

В заключении можно отметить, что изучено электрохимическое поведение перманганат-ионов на плоском серебряном электроде в водных растворах. Получены оптимальные условия концентрирования и растворения осадка Mn (VII) на серебряном электроде с целью повышения чувствительности.

Изучены характер и воспроизводимость вольтамперных поляризационных кривых, которая зависит от подготовки рабочего электрода, от потенциала электролиза, от pH индифферентного электролита, от времени электролиза и от скорости развертки потенциала.

Установлено, что с увеличением концентрации перманганат-ионов и времени электролиза зависимости $I - E$, и $I - C_{\text{MnO}_4^-}$ отклоняются от линейности.

Показано, что линейный участок зависимости $I - C_{\text{MnO}_4^-}$ может быть использован в аналитических целях.

Минимальная определяемая концентрация MnO_4^- может быть достигнута при концентрации $10^{-7} \div 10^{-8}$ моль/л.

1. Гуреева Н.В, Конова Т.А. Биомаркеры в экологическом мониторинге природных вод. В сборнике: Экология. Производство. Общество, Человек. Сборник статей 26 Международной научно-практической конференции. Под редакцией Л. М. Хурновой. 2014. С. 57-61.
2. Оськина Ю.А, Горчаков Э.В, Колпакова И.А. Определение рения вольтамперометрическим методом //Фундаментальные исследования. – 2013. - №8-3. – С. 687-691.
3. Мамонтова И.П, Каплин А.А. Исследования по амальгамно-полярографическому поведению марганца и определение его в азотной кислоте и ряде солей. //Известия ТПИ/ -1976. Т302 с. 20-22. <http://earchive.tru.ru/handle/11683/14114> (дата обр. 19.04.17)

Рзаев Б.З., Караев А.М., Рзаева А.Б.
Получение наночастиц оксида сурьмы(III)

*Национальная академия наук Азербайджана
 (Азербайджанская республика, Нахчыван)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-03

ids: 000001:spc-12-02-2018-03

Аннотация

Полученный возгонкой из Дарыдагской сурьмяной руды сульфид сурьмы(III) растворяется в смеси соляной кислоты и хлорида натрия при температуре 60-800С. Образующийся при этом хлорид сурьмы(III) растворяется в безводном глицерине и подвергается гидролизу аммиаком и карбонатом натрия в отдельности. Полученные осадки окиси сурьмы(III) фильтруются, промываются дистиллированной и ультрачистой водой, высушиваются при температуре 1200С до постоянной массы. Выход продукта гидролиза окиси сурьма(III) составляет 94-96%.

Проведены термогравиметрический анализ и сняты микрофотографии осадка.

Ключевые слова: Дарыдагская сурьмяная руда, возгонка, хлорид натрия, аммиак, наночастицы, термограмма, микрофотография.

Хлорид сурьмы растворяется в безводном глицерине при 40-500С. Концентрация водородных ионов раствора составляет 1.0-2.0 М. Из данного раствора приготовлен 0.1 М раствор хлорида сурьмы(III). Аммиаком и карбонатом натрия pH раствор доводится до pH 7-8. При этом происходит полный гидролиз, получается окиси сурьмы(III). При высоком pH 9-10 осадок частично растворяется.

Для изучения влияние температуры на степень гидролиза проведены опыты при температуре 70-800С при перемешивании в течение 10-15 минут. В этих условиях выход окиси сурьмы составляет 94.5-97.5 %. Проведен термографический анализ осадка (рис 1)

Рис. 1. Термограмма образца окиси сурьмы(III)

Из термограммы наглядно видно, что полученный при температуре 6600С эндозффект соответствует плавлению окиси сурьмы(III).

Проведение рентгенофазового анализа образца показало, что место и интенсивность пиков хорошо согласуются эталоном (JCPDS 11-0689).

Результаты морфологического анализа полученного при гидролизе раствора хлорида сурьмы гидроксидом аммония приведены на рисунке 2.

Рис.2. Морфология оксида сурьмы(III)

При проведении гидролиза хлорида сурьмы карбонатом натрия получены наночастицы с размером 170-250 нм. Цвет наночастиц белые, форма в виде лепестка (рис.3).

Рис.3. Микрофотография окиси сурьмы(III)

Цель работы заключается в получении наночастиц окиси сурьмы из местного минерального сырья.

Термографический анализ окиси сурьмы(III) проведен на дериватографе NETZSCH STA 449F349F3, рентгенофазовый анализ на порошковом дериватографе NETZSCH STA 449F349F3, морфология – с помощью электронного микроскопа ТМ-3000.

1. Способ получения монодисперсной кубической трехокиси сурьмы. а.с. СССР №1065344, 1984
2. Wulin Song Characteristics of Sb₂O₃ nanoparticles synthesized from antimony by vapor condensation method. / Article•January 2004 with 140 Reads DOI: 10. 1016 / S0167 -577X(03)00476-2
3. D.W.Zenga, X.ChenbR, JiangaC.S,XieaB.L, Zhua.W, L.Songb. Thermal stability of Sb/Sb₂O₃ composite nanoparticles. Materials Chemistry and Physics Volume 96, Issues 2–3, 2006, P. 454-458.
4. Zaoli Zhang, Lin Guo, Wendong Wang. Synthesis and characterization of antimony oxide nanoparticles Article. March 2001 with 43 Reads DOI: 10.1557/JMR. 2001. 00965.

Mahnur Jafarli

Sorption from aqueous solutions of non-ferrous metal ions with dowex M 4195 ionite

*Institute of Natural Resources
(Azerbaijan, Nakhchivan branch)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-04

idsp: 000001:spc-12-02-2018-04

This report presents the results of equilibrium, kinetics, thermodynamics and desorption of sorption Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} ions Dowex M-4195 (bis-picolylamine functional group) in the sulfuric acid salt form cationites. The change of parameters, such as energy and entropy of activation, free energy of sorption and diffusion coefficients change on various factors. Thermodynamic description of exchange of studied ions by exchangers was conducted on the assumption of ideality of the solid phase, i.e, without taking into account the activity coefficients of ions in the absorbed state. Analysis of the kinetic curves methods by G.Boyd, Yu.A.Kokotov and V.A.Pasechnik and interruption methods revealed that at a concentration of about 1.0 g of sorbates $\text{E} \cdot \text{L}^{-1}$ is controlled intradiffusion kinetics. The value of the entropy of activation was calculated from the equation proposed by R.M.Barrer and his collaborators: $D_0 = d^2 (\text{ekT} / h) \exp (\Delta S^*/R)$.

By results of a desorption it is shown more efficiency 3-6 % -s solution thiourea in a solution 0.1-0.2 n hydrochloric acid. Desorption of Cu^{2+} ion is more effective than desorption of Co^{2+} and Ni^{2+} ions. The sharp peak in desorption curves is indicates that this regeneration more effective. when peak vaguely it is appears ineffectively of desorption and that more desorbent consumed than required.

It is shown that curves sorption submit to an isotherm of Langmuir. Sorption of ions across the study area on the concentrations of these ion exchangers primarily occurs by the mechanizm of Langmuir, i.e. ion exchangers is formed on the sur-face of a monomolekulyar layer and a sorption all active senters are mainly of equal energy and enthalpy of absorption. We offer relevant equations describing isotherms similar to the equations of Langmuir.

Kinetic studies have shown that the sorption equilibrium when removing the metal ions is well established within 2.5-3.0 hours. After interruption, it was that there was an increase observed in the speed of sorption in all three ions. This law is characteristic for gel kinetics. In this case, the rate of sorption depends on the ions diffusion of the ionic phase. Another indicator of the internal diffusion is the linear characteristic of $F-\sqrt{t}$ dependence in saturation rate up to about 0.4-0.5. In the systems we operate, $F-\sqrt{t}$ dependency is linear character for about 50 minutes from the beginning of the sorption. This form of analysis, the dependence is typical for ion exchange processes, the kinetics of which is determined by the internal diffusion.

In the experiments conducted for the calculation of thermodynamic quantities, $C_0=0.5\text{g E} \cdot \text{L}^{-1}$ from concentration solutions were used the values of the change constant was also selected for this consenstration.

In all three proceses dependence of separation of heat and decrease of entropy during the change of the less selective ion into the more selective ion on the enthalpy factor of selectivity has been prevails. Selectivity is manages by the enthalpy factor. The values obtained for the thermodynamic quantities confirm that the processes can take place spontaneously at room temperature, about the results of the actual speeds of processes are also confirmed. One of the most important theoretical and practical results of this work is the proof of the relationship of selective sorption and kinetic ion exchanger capacity: increase of the kinetic constant of ion exchangers is accompanied by increased selectivity of sorption. Hibbs energy studied by us in all cases is and minimal for protonated forms of ion exchangers.

Kinetic and thermodynamic parameters of sorption of Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} -ions with Dowex M 4195 resin.

	D sm^2/sec	$D_0 \text{sm}^2/\text{sec}$	Eakt KJ/mol	ΔS J/mol·K	ΔH KJ/mol	ΔG KJ/mol	K'	C_0 , gE/L
Cu^{2+}	$1.15 \cdot 10^{-7}$	$1.88 \cdot 10^{-4}$	18.50	-45.02	-10.95	-2.46	2.70	0.5
Co^{2+}	$1.60 \cdot 10^{-8}$	$6.75 \cdot 10^{-4}$	26.4	-34.39	-8.02	-2.23	2.46	0.5
Ni^{2+}	$1.85 \cdot 10^{-8}$	$3.65 \cdot 10^{-4}$	24.5	-39.50	-9.64	-2.13	2.36	0.5

РАЗДЕЛ III. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ефимова А.Г., Богданова В.А., Свидовская А.В.

Визуализация геометрических объектов при помощи математического конструктора

doi:10.18411/spc-12-02-2018-05

idsp: 000001:spc-12-02-2018-05

В современном обществе на текущий момент в сфере образования сложилась противоречивая ситуация: с одной стороны происходит популяризация развивающих учебных программ и увеличение объема их содержания, что влечет за собой ускорение темпа обучения и повышения уровня сложности. С другой стороны экономические затруднения населения, обострение экологического кризиса, смещение приоритетов с духовно-нравственных ценностей в сторону материальных привели к ослаблению института школы. Вместе с тем, современное производство и растущая конкуренция предъявляют высокие требования к качеству и содержанию подготовки будущих специалистов, готовых к самообразованию и которым потребуется минимальный срок для профессиональной адаптации на предприятии. Решением этой задачи является формирование еще в процессе обучения в школе у обучающихся конструкторско-технологической компетенции [1].

Отражением одного из новых подходов к естественнонаучному образованию является интегративный подход к обучению. В своих исследованиях Старшинова Т.А. и Иванов В.Г. подчеркивают максимальную эффективность интегративного подхода для формирования компетенций как целостных новообразований, затрагивающих когнитивную, деятельностную и личностную сферы [1].

Отражением одного из способов реализации интегративного подхода к проблемам естественнонаучного образования стало создание особенного математического конструктора, модели которого разрабатываются учениками совместно с учителем на основе знаний, полученных на уроках информатики.

В конце XX в. одной из мировых тенденций образования стало развитие у детей 7–12 лет пространственных представлений и воображения, геометрической интуиции, графических навыков, глазомера, изобретательности [1].

В обучении естественнонаучным наукам, в частности это касается дисциплин «Геометрия» и «Информатика», каждый учитель встречает ряд трудностей. В ходе изучения литературы и различных исследований нами были выявлены общие проблемы:

- С началом школьного обучения левое («логическое») полушарие головного мозга становится доминантным, следовательно, развитие логических компонентов мышления подавляет образные компоненты.
- В подростковом возрасте учебная деятельность, несмотря на то, что остается для подростка основной деятельностью, перестает быть определяющей психическое развитие.
- Основными объектами изучения геометрии в 5–6 классах являются абстрактные геометрические объекты (точка, прямая, угол); а не собственно геометрические фигуры (треугольник, окружность); кроме того, в учебнике математики геометрическая линия целиком подчинена арифметико-алгебраической линии курса, почти отсутствуют задачи на построение [1].

- Обнаружилось неумение переносить математические знания в ход занятий на построение 3d-объектов.

Огромную роль в развитии пространственного мышления играет трехмерное моделирование. Поэтому становится необходимым обучение школьников моделированию в программе 123D Design для создания трехмерных моделей. Программа оснащена удобным интерфейсом для высокоэффективного моделирования и позволяет вести сравнение, анализ форм, поиск оптимального варианта изображения объекта путем изменения параметров. Для построения моделей используются визуально знакомые обучающимся инструменты программы Окружность и Многоугольник, располагающиеся на плоскости. Следующим этапом следует придание объема построениям с помощью экструдирования. Разделять объекты Split Solid. Оперирование вышеперечисленными инструментами позволяет развивать пространственное восприятие объектов.

Решение обозначенных выше проблем мы видим в создании математического конструктора, позволяющего визуализировать геометрические объекты в рамках внеурочной деятельности по математике и информатике, позволяющего наряду с совершенствованием основных традиционных видов деятельности и функций стать площадкой взаимодействия образовательных и творческих инициатив учителей и учащихся. В качестве апробации этой идеи нами были созданы модели, которые представляли собой набор специально подобранных и оформленных стендов, состоящих из различных деталей, описания и инструкции к ним.

Наиболее интересными и востребованными из созданных нами моделей были модели «Площадь трапеции. Сведение к площади прямоугольника», «Площадь трапеции. Сведение к площади треугольника», «Площадь круга. Сведение к площади прямоугольника» и «Сумма внешних углов выпуклого многоугольника (на примере треугольника)». Каждая из моделей сопровождалась алгоритмом-инструкцией, где подробно описывался план работы с ней.

В результате взаимодействия с моделью «Площадь трапеции. Сведение к площади прямоугольника» обучающиеся актуализировали знания о перпендикуляре, на интуитивном уровне обнаружили сходство с прямоугольными треугольниками и экспериментальным способом из исходной трапеции составили прямоугольник. Таким образом, на основе знания о площади прямоугольника, юные экспериментаторы получают новые знания о площади трапеции.

На основе подобного построена работа и с моделями «Площадь трапеции. Сведение к площади треугольника», «Площадь круга. Сведение к площади прямоугольника».

Взаимодействие с этими моделями позволяет учащимся отказаться от дедуктивного метода доказательства теорем и примитивного заучивания правил и формул.

Пользователи конструктора как под руководством учителя-инструктора, так и самостоятельно, могли взаимодействовать с моделями по алгоритму-инструкции.

Рисунок. Модели конструктора: «Площадь трапеции. Сведение к площади прямоугольника», «Площадь трапеции. Сведение к площади треугольника»

В результате нашего исследования визуализация геометрических объектов с помощью технологии 3d- моделирования позволила:

1. В учебной работе задействовать все виды органов чувств и памяти: зрительную, моторную, слуховую.

2. Реализовать в полном объеме принцип являются наглядности и обеспечить исполнение максимального количества практических упражнений конструктивного и изобразительного характера.

3. Отказаться от дедуктивно-логического метода доказательства геометрических положений.

4. Создать все условия для организации самостоятельной исследовательской деятельности учащихся по изучению геометрических объектов.

Таким образом, подчеркивая важность не «образования на всю жизнь», а «образования на протяжении всей жизни», образовательный стандарт предполагает повышение значимости внеурочной деятельности, которая ориентирует педагога на ребенка-главную ценность образования.

1. Старшинова Т.А., Иванов В.Г. Интегративный подход как основа формирования компетентности // Высшее образование в России. 2009. № 8. С. 154–156.

Осипов Г.С.

Исследование влияния функций пересечения множеств в задаче нечеткой диагностики

*Сахалинский Государственный Университет
(Россия, Южно-Сахалинск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-06

idsp: 000001:spc-12-02-2018-06

При синтезе диагностических экспертных систем, основанных на нечетких базах знаний, возникает проблема решения обратной задачи для нечетких соответствий.

1. Базовые понятия и постановка задачи

Пусть на базовом дискретном множестве $X = \{x_i\}_{i=1,m} = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ определено нечеткое множество $\tilde{A}$ с функцией принадлежности

$$\mu_{\tilde{A}}(x): \tilde{A} = \sum_{\forall x \in X} \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \left(\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0; 1] \forall x \in X \right),$$

значения которой представляют собой степени истинности предпосылок.

Аналогично определяется множество Y конечной мощности n и соответствующее нечеткое множество

$$\tilde{B} = \sum_{\forall y \in Y} \frac{\mu_{\tilde{B}}(y)}{y},$$

задающее степени истинности заключений.

Введем нечеткое бинарное соответствие $\tilde{R}(X, Y)$ с функцией принадлежности

$$\mu_{\tilde{R}} = \sum_{(x,y) \in X \times Y} \frac{\mu_{\tilde{R}}(x, y)}{(x, y)},$$

которая определяет степени уверенности эксперта в том, что причина $x \in X$ приводит к следствию $y \in Y$.

Составим нечеткое реляционное уравнение (левое):

$$\tilde{A} \circ (\tilde{A} \rightarrow \tilde{B}) = \tilde{A} \circ \tilde{R} = \tilde{B}.$$

Для удобства исследования запишем его в матричном виде:

$$X \circ R = Y. \quad (1)$$

В качестве композиций наиболее часто используются композиции вида $\max$ – T и $\min$ – I , где T и I – расширения стандартных логических операций конъюнкции и импликации на единичном отрезке [1].

Требуется исследовать влияние вида t -норм T на решение обратной задачи для нечетких реляционных уравнений вида (1).

Рассмотрим наиболее часто используемые t -нормы T :

- логическое произведение (пересечение) $T(a, b) = M(a, b) = \min(a, b)$;
- алгебраическое произведение $T(a, b) = P(a, b) = a \cdot b$;
- граничное произведение $T(a, b) = W(a, b) = \max(a + b - 1, 0)$.

2. Простейшие нечеткие уравнения

При $m = 1, n = 1$ уравнение (1) примет вид:

$$T(x, r) = y. \quad (2)$$

Утверждение 1. Для того, чтобы уравнение (2) имело решение x^0 необходимо и достаточно выполнение условия: $r \geq y \odot$.

Например, уравнение $T(x, 0.2) = 0.7$ не имеет решений.

Утверждение 2. Формулы для нахождения решения:

$$x^0 = \begin{cases} \left[\begin{array}{l|l} [y, 1] & r = y \\ y & r > y \end{array} \right] & T(x, r) = M(x, r) \\ y/r \ (r > 0) & T(x, r) = P(x, r) \odot \\ y - r + 1 & T(x, r) = W(x, r) \end{cases}$$

В таблице 1 представлены варианты решений простейших нечетких уравнений при использовании наиболее распространенных t -норм.

Таблица 1

Примеры решений уравнений с различными нормами

t -норма	Уравнение		
	$T(x, 0.3) = 0.3$	$T(x, 0.8) = 0.7$	$T(x, 0.5) = 0.1$
$M(x, r)$	$0.3 \leq x^0 \leq 1$	$x^0 = 0.7$	$x^0 = 0.1$
$P(x, r)$	$x^0 = 1$	$x^0 = 0.875$	$x^0 = 0.2$
$W(x, r)$	$x^0 = 1$	$x^0 = 0.9$	$x^0 = 0.6$

3. Полиномиальные уравнения

Пусть $m > 1; n = 1$, тогда $X = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m)$, $R = (r_1 \ r_2 \ \dots \ r_m)^T$ и уравнение (1) примет вид:

$$\max_i (T(x_i, r_i)) = y \ (i = \overline{1, m}). \quad (3)$$

Термин «полиномиальное уравнение» вводится согласно [1].

Утверждение 3.

Для того, чтобы уравнение (3) имело решение $(x_1^0 \ x_2^0 \ \dots \ x_m^0)$ необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие.

$$\exists k(1 \leq k \leq m): r_k \geq y.$$

Необходимость $\left(\exists (x_1^0 \ x_2^0 \ \dots \ x_m^0) \Rightarrow \exists k(1 \leq k \leq m): r_k \geq y \right)$:

Пусть $(x_1^0 \ x_2^0 \ \dots \ x_m^0)$ – решение уравнения (3). Тогда найдется по крайней мере одно число $1 \leq k \leq m$ для которого выполняется равенство $T(x_k^0, r_k) = y$, а это значит, что $r_k \geq y$ ☺

Достаточность $\left(\exists k(1 \leq k \leq m): r_k \geq y \Rightarrow \exists (x_1^0 \ x_2^0 \ \dots \ x_m^0) \right)$:

Пусть $\exists k(1 \leq k \leq m): r_k \geq y$. Тогда хотя бы одно из уравнений $T(x_k, r_k) = y$ имеет решение, следовательно для (3):

$$\max_i (T(x_i, r_i)) = \max (T(x_1, r_1) \leq y, T(x_2, r_2) \leq y, \dots, T(x_k, r_k) = y, \dots) = y \text{ ☺}$$

Утверждение 4

Компоненты максимального решения уравнения определяются следующим образом:

$$\bar{x}_i^0 = \begin{cases} 1 & | r_i \leq y \\ u & | r_i > y \end{cases} \quad (i = \overline{1, m}), \text{ где}$$

$$u = \begin{cases} y & | M(x_i, r_i) \\ y/r_i & | P(x_i, r_i) \\ y - r_i + 1 & | W(x_i, r_i) \end{cases} \text{ ☺}.$$

Утверждение 5

Компоненты минимального решения уравнения определяются следующим образом:

$$\underline{x}_i^0(k) = \begin{cases} 0 & | r_i < y \\ u & | i = Q_k \\ 0 & | i \neq Q_k \end{cases}; \quad (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, |Q|}),$$

где $Q = \{i: r_i \geq y \ (i = \overline{1, m})\}$ ☺

Очевидно, если ни одно из простейших уравнений $T(x_i, r_i) = y$ не имеет решений, то и множество решений полиномиального уравнения пусто.

Пример. Рассмотрим нечеткое реляционное уравнение:

$$X \circ R = Y = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4) \circ \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.7 \\ 0.5 \\ 0.8 \end{pmatrix} = (0.7).$$

Используя $\max$ - T композицию получим уравнение:

$$\max_i (T(x_i, r_i)) = y \ (i = \overline{1, 4}). \quad (4)$$

Очевидно, при различных используемых треугольных нормах M , P и W уравнение (4) преобразуется к виду:

$$\begin{aligned}\max(\min(x_1, 0.2), \min(x_2, 0.7), \min(x_3, 0.5), \min(x_4, 0.8)) &= 0.7, \\ \max((x_1 \cdot 0.2), (x_2 \cdot 0.7), (x_3 \cdot 0.5), (x_4 \cdot 0.8)) &= 0.7, \\ \max(\max(x_1 + 0.2 - 1, 0), \max(x_2 + 0.7 - 1, 0), \max(x_3 + 0.5 - 1, 0), \max(x_4 + 0.8 - 1, 0)) &= 0.7\end{aligned}$$

Решения уравнения при различных нормах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение решения уравнения

T	x^0	$\bar{x}^0$	$\underline{x}^0$
M	$0 \leq x_1^0 \leq 1 \left[\begin{array}{c c c} 0 \leq x_2^0 < 0.7 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 0.7 \\ \hline 0.7 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.7 \end{array} \right.$	$(1 \mid 1 \mid 1 \mid 0.7)$	$\left(\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.7 \\ \hline 0 & 0.7 & 0 & 0 \end{array} \right)$
P	$0 \leq x_1^0 \leq 1 \left[\begin{array}{c c c} 0 \leq x_2^0 < 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 7/8 \\ \hline x_2^0 = 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 7/8 \end{array} \right.$	$(1 \mid 1 \mid 1 \mid 7/8)$	$\left(\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 7/8 \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right)$
W	$0 \leq x_1^0 \leq 1 \left[\begin{array}{c c c} 0 \leq x_2^0 < 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 0.9 \\ \hline x_2^0 = 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.9 \end{array} \right.$	$(1 \mid 1 \mid 1 \mid 0.9)$	$\left(\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right)$

4. Системы полиномиальных уравнений

Если $m > 1$; $n > 1$, то

$$X = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m), R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}, Y = (y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n)$$

и уравнение (1) представляет собой систему полиномиальных уравнений:

$$\max_i (T(x_i, r_{ij})) = y_j \ (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}).$$

Компоненты максимального решения системы определяются следующим образом:

$$\bar{x}^0 = \left(\min_{j=\overline{1, n}} (\bar{x}_{ij}^0), (i = \overline{1, m}) \right).$$

5. Практическая реализация.

Исследуем известную нечеткую задачу диагностики [1, 2]:

$$X \circ R = Y = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4) \circ \begin{pmatrix} 1.0 & 0.1 & 0.2 \\ 0.8 & 0.9 & 1.0 \\ 0.7 & 0.8 & 0.5 \\ 1.0 & 0.5 & 0.2 \end{pmatrix} = (0.9 \ 0.1 \ 0.2)$$

В таблице 3 представлены результаты решения трех уравнений и всей системы для t -нормы M .

Таблица 3

Итоговая таблица с решениями задачи

j	x^0	$\bar{x}^0$	$\underline{x}^0$
1	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 0.9 \\ \hline x_1^0 = 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.9 \end{array} \right]$	$(0.9 \mid 1 \mid 1 \mid 0.9)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ \hline 0.9 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
2	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 0.1 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_2^0 < 0.1 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_3^0 < 0.1 & x_4^0 = 0.1 \\ \hline x_3^0 = 0.1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.1 \end{array} \end{array} \right] \\ \hline x_2^0 = 0.1 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.1 \\ \hline 0.1 \leq x_1^0 \leq 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 0.1 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.1 \end{array} \right]$	$(1 \mid 0.1 \mid 0.1 \mid 0.1)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.1 \\ \hline 0 & 0 & 0.1 & 0 \\ \hline 0 & 0.1 & 0 & 0 \\ \hline 0.1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
3	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 0.2 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_2^0 < 0.2 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_3^0 < 0.2 & 0.2 \leq x_4^0 \leq 1 \\ \hline x_3^0 = 0.2 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \end{array} \right] \\ \hline x_2^0 = 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \\ \hline 0.2 \leq x_1^0 \leq 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \right]$	$(1 \mid 0.2 \mid 0.2 \mid 1)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.2 \\ \hline 0 & 0 & 0.2 & 0 \\ \hline 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ \hline 0.2 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
$\{\}$	$x_1^0 = 0.9 \mid 0 \leq x_2^0 \leq 0.1 \mid 0 \leq x_3^0 \leq 0.1 \mid 0 \leq x_4^0 \leq 0.1$	$(0.9 \mid 0.1 \mid 0.1 \mid 0.1)$	$(0.9 \mid 0 \mid 0 \mid 0)$

Таблица 4 содержит решения уравнений, входящих в систему при использовании t-нормы P.

Таблица 4

Решения уравнений при использовании алгебраического произведения

j	x^0	$\bar{x}^0$	$\underline{x}^0$
1	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 0.9 \\ \hline x_1^0 = 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.9 \end{array} \right]$	$(0.9 \mid 1 \mid 1 \mid 0.9)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ \hline 0.9 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
2	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 1 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_2^0 < 1/9 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_3^0 < 1/8 & x_4^0 = 1/5 \\ \hline x_3^0 = 1/8 & 0 \leq x_4^0 \leq 1/5 \end{array} \end{array} \right] \\ \hline x_2^0 = 1/9 & 0 \leq x_3^0 \leq 1/8 & 0 \leq x_4^0 \leq 1/5 \\ \hline x_1^0 = 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 1/9 & 0 \leq x_3^0 \leq 1/8 & 0 \leq x_4^0 \leq 1/5 \end{array} \right]$	$(1 \mid 1/9 \mid 1/8 \mid 1/5)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 1/5 \\ \hline 0 & 0 & 1/8 & 0 \\ \hline 0 & 1/9 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
3	$\left[\begin{array}{c c c c} 0 \leq x_1^0 < 1 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_2^0 < 0.2 & \left[\begin{array}{c c} 0 \leq x_3^0 < 0.4 & x_4^0 = 1 \\ \hline x_3^0 = 0.4 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \end{array} \right] \\ \hline x_2^0 = 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.4 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \\ \hline x_1^0 = 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.4 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \right]$	$(1 \mid 0.2 \mid 0.4 \mid 1)$	$\left(\left[\begin{array}{c c c c} 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ \hline 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$

Очевидно пересечение максимальных решений отдельных уравнений $(0.9 \mid 1/9 \mid 1/8 \mid 1/5)$ не является (максимальным) решением системы, т.е. система несовместна.

Результаты решения уравнений при использовании t-нормы W приведены в таблице 5.

Таблица. 5

Решения уравнений при использовании граничного произведения

j	x^0	$\bar{x}^0$	$\underline{x}^0$
1	$\left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_1^0 < 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & x_4^0 = 0.9 \\ \hline x_1^0 = 0.9 & 0 \leq x_2^0 \leq 1 & 0 \leq x_3^0 \leq 1 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.9 \end{array} \right]$	$(0.9 \mid 1 \mid 1 \mid 0.9)$	$\left(\left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ \hline 0.9 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
2	$\left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_1^0 < 1 & \left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_2^0 < 0.2 & \left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_3^0 < 0.3 & x_4^0 = 0.6 \\ \hline x_3^0 = 0.3 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.6 \end{array} \end{array} \right] & & & \\ \hline & x_2^0 = 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.3 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.6 \end{array} \right] \\ \hline x_1^0 = 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.3 & 0 \leq x_4^0 \leq 0.6 \end{array} \right]$	$(1 \mid 0.2 \mid 0.3 \mid 0.6)$	$\left(\left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & 0.6 \\ \hline 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ \hline 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$
3	$\left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_1^0 < 1 & \left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_2^0 < 0.2 & \left[\begin{array}{cc cc} 0 \leq x_3^0 < 0.7 & x_4^0 = 1 \\ \hline x_3^0 = 0.7 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \end{array} \right] & & & \\ \hline & x_2^0 = 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.7 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \right] \\ \hline x_1^0 = 1 & 0 \leq x_2^0 \leq 0.2 & 0 \leq x_3^0 \leq 0.7 & 0 \leq x_4^0 \leq 1 \end{array} \right]$	$(1 \mid 0.2 \mid 0.7 \mid 1)$	$\left(\left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0.7 & 0 \\ \hline 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \right)$

В данном случае пересечение максимальных решений отдельных уравнений $(0.9 \mid 0.2 \mid 0.3 \mid 0.6)$ является (максимальным) решением системы, т.е. система совместна.

Таким образом, можно сделать вывод о том, выбор функции пересечения нечетких множеств приводит к различным решениям обратной задачи (задачи диагностики) для нечетких соответствий. Содержательная интерпретация получаемых решений определяется спецификой исследуемой предметной области

1. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А., Сараев П. В., Черпаков И. В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. Липецк: ЛЭГИ. 2002. 111с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург. 2005. 736 с.

РАЗДЕЛ IV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абразумов В.В., Глебов И.В., Ермоченков М.Г., Котенко В.Д., Синюков Н.В.

Тепловая защита для лесопожарных машин

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)

(Россия, Мытищи)

doi:10.18411/spc-12-02-2018-07

idsp: 000001:spc-12-02-2018-07

Аннотация

Анализ разрабатываемых перспективных лесопожарных машин показал, что в них не предусматривается защита пожарного расчёта от интенсивного теплового воздействия.

В аэрокосмической отрасли успешно применяются композиционные материалы (ТЗП) для тепловой защиты аппаратов, подвергающихся воздействию высоких температур. В производстве этих материалов разработаны современные технологии, существенно снизившие их стоимость, что открывает возможности для применения этих материалов и в другой технике, подвергающейся в процессе работы интенсивному тепловому воздействию.

В статье излагаются расчёты, позволяющие оценить возможность применения ТЗП для защиты кабин лесопожарных машин при различных плотностях теплового потока, падающего на защищаемые поверхности. Показано, что при небольших плотностях теплового потока (до 1,2 кВт/м²) ТЗП сохраняют работоспособность в течение 2-х часов без дополнительного охлаждения.

При плотности теплового потока до 100 кВт/м² требуется дополнительное охлаждение ТЗП. Это охлаждение может быть осуществлено запасом воды в лесопожарной машине. Показано, что при запасе 4-х м³ воды при нагреве её от 20 до 450С достаточно для того, чтобы обеспечить работоспособность ТЗП площадью 12...10 м² в течение 2-х часов.

При плотности теплового потока более 20 кВт/м² конструкция защищаемой кабины должна состоять из отдельных панелей, которые подлежат замене при определённой величине деструкции поверхностных слоёв ТЗП.

Ключевые слова: лесопожарные машины, негативные факторы, теплозащитные композиционные материалы, тепловой поток, время работоспособности.

Введение

Ежегодные лесные пожары представляют серьёзную опасность для населения и наносят огромный экономический ущерб. Так, по данным Росстата [1] в 1998 г. в Российской Федерации площадь лесных земель, пройденных пожарами, составила 2497 тыс. га, а на корню сгорело 143 млн. м³ леса.

Тушение лесных пожаров в настоящее время осуществляется:

- пешими пожарными командами, оснащёнными ручными лесными огнетушителями и мотонасосным оборудованием;
- лесопожарными полосопрокладывателями, грунтометами и плугами, устанавливаемыми на лесопожарный или универсальный трактор [2];
- авиационной техникой (самолётами и вертолётами);
- автомобилями гражданских служб пожаротушения (при подступе лесных пожаров к населённым пунктам).

Основными негативными факторами при горении лесного горючего материала являются [3, 4]:

- выделение огромного количества теплоты до 12,27·10¹⁰ Дж/га [5], при этом тепловые потоки достигают 1,2...12 кВт/м², а в зонах крупных лесных пожаров – 100...200 кВт/м²; температура при верховых пожарах в непосредственной близости от кромки лесного пожара, где обычно работает лесопожарная техника, может достигать 300...700°С;
- продукты сгорания лесного горючего материала – выделяется большое количество угарного и углекислого газа, а также мелкодисперсных органических и минеральных частиц.

Эти факторы сильно ограничивают возможности в тушении лесных пожаров пеших пожарных команд и пожарной техники. В связи с этим зарубежными и отечественными фирмами ведутся работы по созданию новых более эффективных типов лесопожарной техники.

Японская фирма Morita разработала пожарный автомобиль Morita Bush Truck [6, 7], рассчитанный на борьбу с быстро распространяющимися лесными пожарами. Автомобиль сочетает в себе функции командного центра и обычного пожарного расчёта и включает спутниковую связь для коммуникации с другими пожарными автомобилями или штаб-квартирой, систему пожаротушения с минимальным количеством воды и светодиодную систему освещения. Машина оборудована новаторской высокоэффективной системой воздушно-пенного тушения CAFS (Compressed Air Foam System).

Американская фирма Magirus для тушения лесных пожаров разработала серию машин, состоящую из 2-х автомобилей CCF-H, CCF-M, тяжёлой автоцистерны CCGC и легкого автомобиля VIR [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Все машины серии оборудованы баком из нержавеющей стали, установкой пенного тушения, насосом среднего (1500 л/мин при 1,5 МПа) и высокого (250 л/мин при 3,6 МПа) давления, защитой надстроек при помощи трубчатых ограждений и защитой шасси от воздействия огня.

Шведская фирма Husqvarna разработала концепт AFG (Autonomous Fire Guard) для создания в будущем автоматических комплексов пожаротушения в сложных лесных условиях [9]. Машина спроектирована как полностью автоматический модуль с возможностью установки различного навесного оборудования на базовое шасси. Автомобиль управляется дистанционно оператором при помощи пульта, а наблюдение за местностью производится при помощи лазерных стереокамер и сенсорных устройств, расположенных на манипуляторе грейдера и на шасси автомобиля. Питание автомобиля осуществляется от литий-ионной батареи, а передвижение производится на четырёхколёсном стальном шасси с раздвижными колёсами для увеличения ширины колёсной базы во время движения.

В России также ведутся работы по разработке новых и совершенствованию существующих машин для тушения лесных пожаров. Рубцовский филиал УралВагонЗавода на базовом шасси МГШ-521М1 разработал новый лесопожарный агрегат ЛПА-521, который предназначен для доставки пожарных и оборудования к месту ведения лесопожарных работ, тушения лесных низовых пожаров огнегасящими жидкостями, воздушно-механической пеной, создания заградительных минерализованных полос, ведения профилактических управляемых выжиганий [10]. Агрегат может нести до 4 м³ огнегасящей смеси, способен преодолевать ров до 2,5 м шириной и брод до 1,2 м глубиной. Кабина рассчитана на размещение 6 человек с водителем, а также имеет два оборудованных спальных места. В течение часа ЛПА-521 может проложить 2,4-8,2 км минерализованной полосы шириной 3,2 м и 2,0 м при использовании клина-толкателя или плуга соответственно. ЛПА-521

авиатранспортабелен, что позволяет оперативно перебрасывать его авиацией в район пожара.

Расширение функциональных возможностей лесопожарной техники, и прежде всего роботизированных комплексов, возможно за счет применения эффективной тепловой защиты пожарного расчёта от продуктов сгорания и интенсивного теплового воздействия. Надежная тепловая защита пожарной техники может существенно расширить ее функциональные возможности, в частности, выполнять спасательные работы в очагах пожара. Тепловая защита пожарного расчёта может быть осуществлена применением абляционных материалов.

В настоящее время абляционные композиционные материалы успешно используются для тепловой защиты аэрокосмических аппаратов. При высокой температуре абляционные материалы подвергаются термодеструкции, которая сопровождается поглощением большого количества теплоты, что ограничивает тепловой поток внутрь материала. Последние исследования в области производства таких композитов позволили разработать новые технологии, существенно снизившие их стоимость [11, 12, 13]. Это открывает возможности для применения абляционных материалов и в другой технике, подвергающейся в процессе работы интенсивному тепловому воздействию.

Ниже производится анализ возможности применения абляционных материалов для защиты от теплового воздействия кабин в лесопожарных машин.

Основная часть

Абляционные теплозащитные покрытия изготавливают из препрегов, которые получают пропиткой многослойных вязально-прошивных полотен (толщиной до 24 мм) из кремнезёмных и кремнезёмно-капроновых тканей растворами фенолоформальдегидной смолы с последующим удалением растворителя сушкой. Препреги обладают хорошими драпировочными свойствами, что позволяет изготавливать из них детали сложной конфигурации. Теплозащитные покрытия, изготовленные из препрегов, имеют следующие свойства: теплопроводность $\lambda = 0,279 \dots 0,465$ Вт/(м·К), удельная теплоёмкость $c = 963 \dots 1215$ кДж/(кг·К), плотность $\rho = 1,33 \dots 1,71$ г/см³. Эти характеристики использовались при проведении расчётов.

При разработке математической модели были приняты следующие допущения [14,15]:

- теплозащитное покрытие представляет собой композиционный материал состоящий из твердой и газовой фаз;
- при высокой температуре материал термодеструктурирует;
- процесс термодеструкции является многостадийным, стадии рассматриваются как параллельные независимые реакции;
- перенос теплоты в материале осуществляется за счет теплопроводности и за счет конвективного переноса газовой фазы;
- задача решается в одномерной постановке.

С учетом принятых допущений можно записать следующую систему дифференциальных уравнений, описывающую тепломассообмен в теплозащитном покрытии (ТЗП).

Уравнение переноса энергии

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(q^\lambda + q^\kappa) + \frac{\partial \rho}{\partial \tau} U, \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность материала, кг/м³; T – температура, К; τ – время, с; q^λ – поток теплоты за счет теплопроводности, Вт/м²; q^κ – конвективный поток теплоты за счет переноса газовой фазы, Вт/м²; U – тепловой эффект процесса термодеструкции, Дж/кг.

Уравнение переноса массы в твердой фазе

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial \tau} = - \sum_{\gamma_1}^{n_1} \sum_{\Psi_1}^{m_1} \frac{\partial \rho_{\gamma_1, \Psi_1}}{\partial \tau}, \quad (2)$$

где n и γ – количество и номер компонента композиционного материала соответственно; m и ψ – количество и номер стадии термодеструкции соответственно.

Уравнение переноса газовой фазы

$$\frac{\partial \rho_2}{\partial \tau} = \text{div}(q^{\text{конв}} + q^D) + \frac{d\rho_2}{d\tau}, \quad (3)$$

где $q^{\text{конв}}$ и q^D – конвективный и диффузионный потоки массы в материале; нижние индексы 1 и 2 относятся к твердой и газовой фазе соответственно.

Задача решалась с граничными условиями 1-го и 2-го рода.

Были проведены расчеты прогрева ТЗП при разной интенсивности тепловых воздействий с граничными условиями 2-го рода. Падающий поток на внешней поверхности соответствовал $q_0 = 1, 2, 12$ и 100 кВт/м² в холодную стенку. На внутренней поверхности задавался сброс теплоты $q_\delta = -0,5$ кВт/м². Приняты следующие дополнительные условия: толщина покрытия – $\delta = 0,024$ м; коэффициент теплопроводности – $\lambda = 0,367$ Вт/(м·К); теплоемкость – $c = 963$ Дж/(кг·К); плотность – $\rho = 1715$ кг/м³.

Времени работоспособности ТЗП соответствует время нагрева защищаемой поверхности до 450°C (318 К).

На рисунке 1 приведены графики изменения температуры защищаемой поверхности по времени при различной интенсивности нагрева.

— - $q_0 = 1,2$ кВт/м²; — - $q_0 = 12$ кВт/м²; — - $q_0 = 100$ кВт/м²

Рисунок – 1. Изменение температуры защищаемой поверхности при различной интенсивности и продолжительности нагрева

Как видно из графиков ТЗП работает более 2-х часов только при падающем потоке $q_0 = 1,2$ кВт/м². При потоке $q_0 = 12$ кВт/м² время работоспособности теплозащиты не превышает 10 мин. Одним из вариантов увеличения времени работы покрытия является охлаждение защищаемой поверхности водой (в объеме 4 м³), используемой для тушения огня.

Для определения количества необходимой воды были проведены расчеты прогрева ТЗП с граничными условиями 2-го рода на внешней поверхности и 1-го рода на внутренней. Интенсивность падающего потока составляла $q_0 = 1, 2, 12$ и 100 кВт/м² в холодную стенку, температура задней поверхности $T_\delta = 318$ К. Расчет проводился с учетом внутренних источников теплоты и массы, связанных с термической деструкцией ТЗП и изменением при этом теплофизических параметров. На рис. 2

приведены графики изменения тепловых потоков в защищаемую поверхность по времени.

Уменьшение теплового потока в защищаемую поверхность через 20 минут после начала нагрева связано с термической деструкцией внешних слоев покрытия и уменьшением при этом их коэффициента теплопроводности. На внешней поверхности коэффициент теплопроводности уменьшается с $\lambda=0,367$ Вт/(м·К) до значения $\lambda=0,128$ Вт/(м·К).

— - $q_0=1,2$ кВт/м²; — — — $q_0=12$ кВт/м²; — — — $q_0=100$ кВт/м²

Рисунок – 2. Изменение плотности теплового потока в защищаемую поверхность при различной интенсивности и продолжительности нагрева:

Интегрированием по времени можно получить количество теплоты, подведенной к защищаемой поверхности и количество охлаждающей воды. Охлаждающая вода нагревалась от 20 оС до 45 оС. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов расхода охлаждающей воды.

Плотность теплового потока на внешней поверхности, кВт/м ²	Время теплового воздействия, ч	Максимальная плотность теплового потока на защищаемой поверхности, кВт/м ²	Количество теплоты, подведенной к защищаемой поверхности, МДж/ч	Максимальный расход охлаждающей воды, кг/(с·м ²)	Количество использованной охлаждающей воды, кг/м ²
1,2	2	0,509	2,89	0,0015	34,9
12	2	4,795	38,11	0,046	328,8
100	2	6,549	58,19	0,062	349,7

Выводы

Исходя из анализа данных, приведенных на рис. 1, 2 и в таблице 1, можно сделать следующие выводы:

- при падающем тепловом потоке $q_0 = 1,2$ кВт/м² ТЗП сохраняет работоспособность в течение 2-х часов без охлаждения защищаемой поверхности;
- при падающем тепловом потоке $q_0 = 12$ кВт/м² и выше защищаемую поверхность необходимо охлаждать водой, при этом 4-х м³ воды достаточно для защиты 12 м² поверхности в течение 2-х часов;
- при падающем тепловом потоке $q_0 = 100$ кВт/м² 4-х м³ воды хватает для охлаждения 10 м² поверхности в течение 2-х часов.

При тепловых потоках $q_0 \geq 20$ кВт/м² происходит частичная термическая деструкция внешних слоев ТЗП. Следовательно, конструкция защищаемой кабины

должна состоять из отдельных панелей, которые подлежат замене при определённой величине деструкции поверхностных слоёв ТЗП.

Представленные расчёты указывают на целесообразность проведения дальнейших работ по применению абляционных материалов для защиты кабин лесопожарных машин от интенсивного теплового воздействия

1. Данные Росстата по лесным пожарам [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sxles2.htm
2. Воробьёв, Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. МЧС России / Ю.Л. Воробьёв, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьёва. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.
3. Цай, Ю.Т. Обзор исследований опасных и вредных факторов лесного пожара / Ю.Т. Цай, С.В. Стельмахович, И.В. Косов // Лесной вестник №1(32), 2004 г. – с. 14-24.
4. Цай, Ю.Т. Применение метода экспертных оценок для выбора структуры показателей при комплексной оценке безопасности лесных пожарных / Ю.Т. Цай // Лесной вестник №5(36), 2004 г. – с. 94-104.
5. Сныткин, Г.В. Особенности лесных пожаров в разных формациях, типах леса и методы их тушения в лесах крайнего северо-востока Сибири / Г.В. Сныткин // Лесной вестник №5(20), 2001 г. – с. 37-44.
6. Cimander, S. Morita: Führender Feuerwehrfahrzeughersteller aus Japan [электронный ресурс]. – режим доступа <http://www.fwnetz.de/2010/06/08/-morita-fuhrender-feuerwehrfahrzeughersteller-aus-japan/>
7. Morita new concept car [электронный ресурс] – Morita group. – режим доступа <http://www.morita119.com/en/innovation/awards/in-dex.html>
8. Машины для тушения лесных пожаров Ивеко МАГИРУС [электронный ресурс] – режим доступа <http://www.magirus.ru/forest.shtml>
9. Mert, A. AUTONOMOUS FIRE GUARD for Husqarna [электронный ресурс] – режим доступа <http://aydinmert.net/>
10. Лесопожарный агрегат ЛПА-521 [электронный ресурс] – УралВагонЗавод, Рубцовский филиал. – режим доступа <http://www.uvzgmz.ru/product/105/>
11. Способ изготовления препрега с автоматическим контролем технологического процесса. Патент РФ № 2565709 от 21.09.2015 г.
12. Котенко, В.Д. Вакуумная технология получения препрегов с высоким содержанием полимера/ В.Д. Котенко, И.В. Глебов // Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. – № 3. – С. 29-34.
13. Котенко В.Д. Вакуумная технология изготовления многослойных препрегов./ В.В. Абразумов, В.Д. Котенко, И.В. Глебов, Н.В. Синюков// Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XII международной научной конференции 12 декабря 2017 г., – С.-Петербург. – с. 48-53.
14. Ермоченков М.Г. Математическое моделирование процессов, протекающих в древесине при термическом модифицировании/ Ермоченков М.Г., Семенов Ю.П.// Лесной вестник. Научно-информационный журнал.– М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2012 – №4(87). – С 92-97
15. Ермоченков, М.Г. Прогнозирование свойств термически модифицированной древесины. – М.: Горячая линия – телеком 2017. – 220 с.

Аравенков А.А., Пасынков Ю.А.

Применение анализатора гармоник на основе широтно-импульсной модуляции в задаче оценки качества электрической энергии в системах электроснабжения общего пользования

*Новосибирский Государственный Технический Университет
(Россия, Новосибирск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-08

idsp: 000001:spc-12-02-2018-08

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению метода измерения амплитуд и фаз гармонических составляющих сигналов основанного на широтно-импульсной модуляции и применению его в области оценки качества электрической энергии в системах электроснабжения общего пользования для измерения амплитуд сетевого напряжения и последующего расчета его коэффициента не синусоидальности.

Задача оценки качества электрической энергии в системах электроснабжения является достаточно актуальной задачей, поскольку оно напрямую влияет на срок службы эксплуатируемого оборудования, а также на качество выпускаемой продукции. Одним из важных параметров характеризующий качество электрической энергии является коэффициент несинусоидальности. В соответствии с ГОСТ Р 30804.4.7-2013 для расчета коэффициента несинусоидальности необходимо произвести измерения гармоник с номерами $N_{\min}=1$ по $N_{\max}=40$ для основной частоты $f_0=50$ Гц с погрешностью не хуже 5 % [1].

Сегодня, основным методом, используемым для измерения амплитуд гармонических составляющих электрических сигналов, является дискретное преобразование Фурье [2], а также производные от него алгоритмы, например, быстрое преобразование Фурье (БПФ) с прореживанием по времени. Все эти методы являются цифровыми, поэтому на первом этапе необходимо произвести оцифровку сигнала с помощью аналого-цифрового преобразователя, а затем используя процессор и специальные алгоритмы произвести расчет интересующих гармоник. Отметим, что этим алгоритмам присуще такое свойство как эйлазинг, которое приводит к тому, что высокочастотные составляющие сигнала накладываются на низкочастотные. Для предотвращения этого эффекта частота дискретизации должна быть достаточно высокой и сигнал должен быть надлежащим образом отфильтрован перед оцифровкой. Другой проблемой ДПФ является высокие требования к вычислительным ресурсам и объемам памяти необходимым при вычислении гармоник, что вызывает трудности его применения в микроконтроллерах общего назначения. Тоже самое относится и к алгоритмам БПФ. С одной стороны, они сокращают количество операций требуемых для вычисления гармоник, с другой являются достаточно сложными, что приводит к дополнительным затратам вычислительных ресурсов при их реализации.

Метод измерения амплитуд и фаз гармоник на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [3 – 5] в отличие описанных выше может быть реализован в аналоговом виде, что позволит значительно сократить требуемые вычислительные ресурсы. Наиболее важным элементом данного метода является формируемые широтно-импульсные сигналы (ШИС), от которых в наибольшей степени зависит точность измерения амплитуд и фаз гармоник. Главными параметрами, характеризующими ШИС являются: количество импульсов ШИС за один период исследуемой гармоники N , количество точек в одном импульсе ШИС P (дискретность ШИС) [3]. Для того, чтобы обеспечить точность измерения гармоник с погрешностью 5 % необходимо формировать ШИС с минимум 8 импульсами ШИС за один период исследуемой гармоники N и минимум 10 точками в одном импульсе ШИС P . Другой важной деталью, которую необходимо учесть при проектировании подобных анализаторов гармоник является влияние старших гармоник на погрешность определения младших [5]. Для того, чтобы избежать этого влияние необходимо отфильтровать входной сигнал и выбрать количество импульсов ШИС равное $N_{\max}+4$, где $N_{\max}$ – номер наивысшей гармоники, которую необходимо измерить. Следовательно, количество импульсов ШИС за один период исследуемой гармоники $N = 40 + 4 = 44$. Отсюда, частота, требуемая для формирования ШИС $f_{clk}=f_0*N_{\max}*N*P=50*40*44*10=880000=880$ кГц. Все современные микроконтроллеры могут обеспечить подобную частоту дискретизации. На рис. 1 представлена функциональная схема разработанного анализатора гармоник. Здесь: 1 – фильтр нижних частот, 2 – инвертирующее устройство, 3 и 5 – аналоговые ключи, 4 и 6 – налоговые интеграторы, 7 – микроконтроллер со встроенными АЦП.

Рис.1. Функциональная схема анализатора гармоник.

1. ГОСТ Р 30804.4.7-2013.Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем энергоснабжения и подключаемым к ним техническим средств. – Введ. 2013-03-25. – М.: Изд-во стандартов, 20,31. – 39 с.
2. Айфичер, Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008 – 992 с. : ил. – Парал. тит. англ.
3. Аравенков А.А. Анализатор гармоник на основе широтно-импульсной модуляции / А.А. Аравенков, Ю.А. Пасынков // Ползуновский вестник. - 2015. - № 3. - С. 120-125.
4. Аравенков А.А. Анализатор гармоник на основе широтно-импульсной модуляции / А.А. Аравенков, Ю.А. Пасынков // Наука. Технологии. Инновации / Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 4-х частях. - 2012. - № 2. - С. 10-11.
5. Аравенков А.А. Исследование влияния спектра широтно-импульсного сигнала на погрешность определения амплитуды гармоник в анализаторе гармоник на основе широтно-импульсной модуляции / А.А. Аравенков, Ю.А. Пасынков // Научный вестник. – 2017. - №. – С. 42-54.
6. Пат. 2564831С1 Российская Федерация, МПК7 G 01 R 23/16. Анализатор гармоник [Текст] / Аравенков А.А., Пасынков Ю.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Новосибирский государственный технический университет"— № 2014117408/28; заявл. 29.04.2014; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28. – 6 с. : ил.
7. Пат. 131496U1 Российская Федерация, МПК7 G 01 R 23/16. Анализатор гармоник [Текст] / Аравенков А.А., Пасынков Ю.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Новосибирский государственный технический университет"— №. 2012118134/28; заявл. 03.05.2012; опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. – 7 с. : ил.
8. Аравенков А.А. Метод анализа параметров гармонических составляющих сигнала основанного на широтно-импульсной модуляции с цифровым интегрированием и переключением сигналов / А.А. Аравенков, Ю.А. Пасынков // Перспективы науки, образования и бизнеса в цифровой экономике: сборник статей Международной научно-практической конференции (26.12.2017 г., г. Москва). [Электронный ресурс]— М.: Импульс, 2017. – С. 617-621.
9. Аравенков А.А. Разработка анализатора гармоник на основе широтно-импульсной модуляции с аналоговыми ключами и интеграторами / А.А. Аравенков, Ю.А. Пасынков // Научный диалог: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов, по материалам XIII международной научно-практической конференции 16 января 2018 г. Изд. ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2018. – С. 42-44.

Афанасьева Д.В., Маркова Е.А., Русинова Н.Г., Щенникова Т.В.

Оптимизация работы вентиляционной установки на базе кинотеатра синема 5

*Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова
(Россия, Чебоксары)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-09

idsp: 000001:spc-12-02-2018-09

Аннотация

В работе представлен вариант оптимизации работы вентиляционной установки для создания комфортных условий в кинозале, дается характеристика существующего положения, выполнены экономические расчеты при внедрении автоматизации оборудования.

Большинство людей посещают кинотеатры не только с целью просмотра хорошего фильма. Сюда приходят также просто отдохнуть, расслабиться после напряженного рабочего дня. В связи с этим, в таких общественных помещениях обязательным является создание всех комфортных условий для времяпрепровождения. Поэтому в кинотеатрах помимо систем отопления и кондиционирования обязательно должна присутствовать хорошая вентиляция, поскольку залы кинотеатров в большинстве случаев являются помещениями закрытого типа.[1]

При просмотре фильма в кинотеатре иногда чувствуется дискомфорт. Все это связано со сложной системой вентиляции кинозала. Вентиляционная установка подает воздух определенного количества и с определенной температурой, которые определяются нормативными документами.[2]

Но почему же вам все - таки холодно сидеть в зале? Все зависит от загрузки кинозала, проще говоря, от количества зрителей. По статистике полная загрузка зала встречается в 10 % случаев. Следовательно, расчетная нагрузка на системы вентиляции и кондиционирования будет происходить только в 1 % случаев из всех возможных, т.к. перечисленные вероятностные характеристики взаимно не связаны. Практически зал может быть полон на половину, треть, четверть или на 10 %. В работе ставятся определенные цели и задачи.

Цели:

- 1) Предложить вариант оптимизации системы вентиляции кинозала с целью энергосбережения.
- 2) Улучшить условия комфортного пребывания зрителей в кинозале.

Задачи:

- 1) Ознакомиться с системой вентиляции кинозала «Синема 5»
- 2) Выявить проблему воздухообмена в помещении
- 3) Рассчитать годовую экономию электроэнергии при внедрении назначенного оборудования.

Объектом исследования был выбран кинотеатр «Синема 5»(МТВ центр). Чтобы убедиться в существовании данной проблемы был проведен социальный опрос среди посетителей кинозала. Задан следующий вопрос: дискомфортно ли вам сидеть в кинозале? Ощущали, что вам холодно? Варианты ответа А) да, было холодно весь фильм, приходилось сидеть в верхней одежде Б) да, в начале просмотра фильма было комфортно, а потом стало прохладно В) нет, не ощущали, было вполне комфортно. Г) не обратили внимание на это факт. Количество зрителей в зале 30 чел. Посадочных мест 100. В итоге получились такие результаты: А)-25%,Б)27%В)38% Г)10% (рис. 1). Как видим, проблема по настоящему существует и требует решения, т.к. большинство людей ощущали холод и сидели в верхней одежде, либо ощутили прохладу после непродолжительного нахождения в кинозале.

Социальный опрос среди посетителей кинозала

Рис.1. Результаты социального опроса зрителей.

В кинотеатре «Синема 5» 8 зрительных залов, на 840 посадочных мест. Рассматриваемый зал № 3, с числом посадочных мест 100, имеет площадь 235 кв.м. Кинотеатр пользуется общими вентиляционными установками торгового центра, свои агрегаты не установлены.

Система вентиляции в кинозале осуществляется следующим образом: приточный воздух подается в зал с верхней части помещения (потолка) над сидячими местами, и удаляется в верхней зоне, только у экрана.

Воздухообмен – это частичная или полная замена воздуха содержащего вредности чистым атмосферным воздухом. Для наглядности выявления данной проблемы был рассчитан воздухообмен по кратности, на разбавление избытков тепла, на разбавление избытков вредностей.[3]

Воздухообмен по кратности.

$$L = n \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где n – кратность воздухообмена, $\text{м}^3/\text{ч}$

L – Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$

V – Объем вентилируемого помещения, м^3

Воздухообмен на разбавление избытков тепла определяется по формуле:

$$L = 3,6 \cdot Q_{\text{я}} / \rho \cdot c_p \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $Q_{\text{я}}$ – явное тепло, Вт

ρ – плотность воздуха в помещении, $\text{кг}/\text{м}^3$

c_p – удельная теплоёмкость воздуха при постоянном давлении (в расчётах принимается $1,3 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{°C}$)

t_{yx} – температура уходящего воздуха, °C

$$t_{\text{yx}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t (H - 2), \text{ °C}$$

где $t_{\text{р.з}}$ – температура рабочей зоны, °C

Δt – это коэффициент, который показывает изменение температуры на каждый метр высоты помещения (0,2 – 0,9).

H – Высота помещения, м

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха, °C

$\sum Q_{\text{я}}$ – для летнего периода:

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{обор}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{окон}} + Q_{\text{покр}}, \text{ Вт}$$

$\sum Q_{\text{я}}$ – для зимнего периода:

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{обор}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}}, \text{ Вт}$$

Расчет воздухообмена на разбавление избытков вредности определяется по формуле:

$$L = 1,2 \cdot M / (Z_{\text{yx}} - Z_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч}$$

где M – суммарное количество паров и газов ($\text{мг}/\text{ч}$)

$Z_{\text{yx}} - Z_{\text{пр}}$ – концентрация вредного вещества уходящего и приточного воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$)

Z_{yx} – не более предельно допустимой концентрации (ПДК) вредного вещества

$Z_{\text{пр}}$ – составляет 30% ПДК вредного вещества в рабочей зоне

В результате расчетов построены диаграммы (рис.2) требуемого воздухообмена при различной наполняемости зрительного зала. Как мы видим воздухообмен зависит от количества зрителей в зале. Подаваемое количество воздуха в кинозал по факту составляет $6300 \text{ м}^3/\text{ч}$, что обеспечивает требуемый воздухообмен на 50% загрузки зала, а при большей загрузке это условие не выполняется. Из этого следует, что операторы вентиляционной установки занижают объем подаваемого воздуха, учитывая то что

полная загрузка зала происходит в 10-20% случаев. Этот показатель все равно не обеспечивает комфортные условия при пребывании в зале (по опросу).

Рис 2. Диаграмма требуемого воздухообмена в кинозале при различной наполняемости

Известно, что расход электроэнергии установки зависит от воздухообмена, так подавая 5962 м³/ч на 25% загрузки зала, мы сэкономим 338 м³/ч воздуха, тем самым потратим меньше энергии.. В «МТВ-центре» приточно-вытяжная вентиляционная установка, обслуживающая кинозал, находится на 5 этаже. Она обслуживает 2 кинозала № 3 и № 4, каждый на 100 зрителей. Имеется частотное регулирование управление скоростями ручное. От температуры и количества зрителей в кинозале скорость не регулируется.

Одним из решений проблемы является установка тиристорного регулятора частоты вращения двигателей приточной и вытяжной системы с подачей сигнала на регулятор температуры в зале.

Частотный регулятор предназначен для изменения скорости вращения двигателя. При этом основной функцией регулятора скорости является изменение производительности вытяжной системы или другого оборудования. Но помимо этого, такие приборы обладают и дополнительными возможностями, о которых не стоит забывать: уменьшение износа оборудования в процессе эксплуатации; экономия потребляемой электрической энергии; снижение шумов на максимальных оборотах.[4]Регулятор температуры служит для измерения температуры в кинозале и при ее изменении подает сигнал на систему автоматики, которая регулирует объем подачи воздуха.

Расчет экономической эффективности при внедрении тиристорного регулятора частоты и регулятора температуры. [6]

Дано: Цена одной установки 364 875руб

Цена автоматики 1 вент.установки 103 000 рублей + 70000 рублей (опциональное оснащение) программа

Монтажные работы 36 487,5руб

Потребляемая электроэнергия 1 установки 70кВт в сутки

Тариф электроэнергии для общественных зданий 4,70руб

Основные формулы расчета:

1. Капитальные вложения:

$$K = K_{\text{обор.}} + K_{\text{м.р.}};$$

2. Общие издержки производства:

$$I_{\text{пр.}} = I_{\text{топл}} + I_{\text{эксп}};$$

$$I_{\text{эксп}} = \beta * I_{\text{в}}, \text{ где } \beta = 1,2;$$

$$I_{\text{в}} = \frac{H_{\text{а}}}{100} * C_{\text{об}};$$

$$H_{\text{топл}} = C_{\text{топл}} * V_{\text{н}},$$

где $V_{\text{н}}$ - потребляемая электроэнергия в год;

3. Приведенные затраты:

$$Z_{\text{пр}} = I_{\text{эксппл}} + E_{\text{н}} * K, \text{ где } E_{\text{н}} = 0,15;$$

4. Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{\text{к}} = I_{\text{баз}} - I_{\text{пр}};$$

5. Срок окупаемости установки:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{к}}}.$$

Проведя расчет, для наглядности построен график срока окупаемости, затрат и экономической эффективности (рис.3). Так видим, что оборудование окупится за 7 месяцев при потреблении энергии установкой в 4 раза меньше нормированной (нормированная электроэнергия составляет 70кВт на полную загрузку зала), за 10 месяцев при потреблении электроэнергии в 2 раза меньше, 22 мес. при потреблении электроэнергии в 1,35 раз меньше нормированной. Рассчитав среднее арифметическое, получаем, что срок окупаемости составит 13 месяцев, а экономия при этом значении составит 25 тысяч рублей.

Рис 3. График окупаемости оборудования

Вывод

Предложив вариант оптимизации системы вентиляции кинозала, мы убедились в том, что при установке тиристорного регулятора частоты вращения двигателей приточной и вытяжной системы с подачей сигнала на регулятор температуры в зале экономится электроэнергия и происходит окупаемость оборудования в достаточно короткий срок. Так же при установке будут обеспечены комфортные условия при просмотре фильма.

1. «СП 118.13330.2012. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009»
2. «СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная версия СНиП 41-01-2003»
3. Справочник проектировщика “Внутренние сантехнические устройства”, часть 3, книга 1 и 2, “Вентиляция и кондиционирование воздуха”. Под редакцией Павлова И.И., Шиллера Ю.И., четвертое издание исправленное, Стройиздат ; 1992.
4. electricalschool.info.
5. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций и энергосберегающие мероприятия/Дмитриев А.Н.; Ковалев И.Н.; Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-Пресс, 2005. – 119с.:ил. – (Техническая библиотека НП “АВОК”). – Библиогр.: с. 117-119.
6. Аэродинамика вентиляции/ В. Н. Посохин. – М. АВОК-Пресс, 2008. – 208 с.:ил. – (Техническая библиотека НП “АВОК”). – Библиогр.: с. 189-190.
7. <http://вент-екб.рф/электрические-регуляторы/>
8. https://ru.wikipedia.org/wiki/Тиристорный_регулятор_мощности

Барabanщиков П.О.

Автоматизация процесса сборки двигателя ГТД

*Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-10

idsp: 000001:spc-12-02-2018-10

Автоматизация - это процесс, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Введение автоматизации сборочных процессов на производстве позволяет повысить производительность и качество продукции, улучшает условия труда, сокращает число рабочих, площадь помещений цеха под сборку, себестоимость выпускаемой продукции.

Процесс сборки двигателей ГТД требует высокой точности изготовленных деталей и мастерства работников. Несмотря на то, что ДСЕ изготавливаются фактически с максимально достижимой в производстве точностью, при сборке даже хорошо освоенных серийных двигателей требуемая точность достигается методами осуществляемой вручную пригонки, попарным или индивидуальным подбором деталей. При этом количество нуждающихся в доработке изделий может достигать 30%, что вынуждает производить многочисленные повторные сборки, подбирая опытным путём детали или производя их пригонку. Кроме того, некоторые детали в двигателе могут устанавливаться в разных относительных положениях, равноценных с конструктивной точки зрения, но позволяющих добиться различных характеристик. Однако наличие макроотклонений при сборке может привести к неудовлетворяющим заданным требованиям неточностям. К сожалению, такой процесс сборки практически невозможно автоматизировать.

При разработке автоматизированных сборочных процессов конкретного изделия необходимо решить ряд вопросов, таких как выбор оптимального процесса сборки, обеспечение заданной точности, надежности и производительности устройств, выбор типа конструкции и размеров сборочной оснастки, определение требуемого темпа оборудования. Все перечисленные вопросы не имеют стандартизированных алгоритмов решения и требуют творческого подхода. Тем не менее можно выделить некоторые общие моменты, характерные для разных изделий. Например, в период разработки следует уделять должное внимание использованию типовых и групповых автоматизированных технологических сборочных процессов. Типовые сборочные процессы применяют в крупносерийном и массовом, групповые – в серийном производстве. В свою очередь, их внедрение возможно при условии проведения нормализации, унификации и улучшения технологичности собираемых узлов.

Разделение сборки изделий в массовом производстве на подузловую, узловую и общую позволяет на всех этапах применять поточную сборку. Сам процесс сборки необходимо разделить на этапы сборки. Определить оптимальный такт сборки. После разделения на этапы необходимо оборудовать каждое рабочее место соответствующей оснасткой. Складскому комплексу комплектовать двигатель строго в соответствии с этапами и необходимыми для конкретного этапа деталями.

Для оперативного информирования производственных служб о выявленных проблемах стоит составить простейшую матрицу проблем сборки, где будет указана проблема и её код. Рабочее место сборщика необходимо оборудовать компьютером / планшетом, через который при появлении ошибки рабочий будет вводить код. После ввода кода соответствующим службам будет приходить сообщение о проблеме. Вышестоящее руководство так же должно получать рассылку.

Полностью перейти на конвейерную сборку двигателя ГТД невозможно, но выполнив ряд перечисленных действий возможно немного автоматизировать процесс. Дальнейшее развитие технологий и модернизация двигателей позволят полностью автоматизировать процессы на производстве.

1. Дембовский В.В.. Автоматизация управления производством: Учеб. пособ. СПб.: СЗТУ, 2004.
2. Большая советская энциклопедия, 1970.
3. Непомилуев В.В. Разработка технологических основ обеспечения качества сборки высокоточных узлов газотурбинных двигателей. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Рыбинск, 2000. – 578 с
4. Никитин А.Н., Серебренников Г.З. Технология сборки и автоматизация производства воздушно - реактивных двигателей. - М.: Машиностроение, 1992.

Бисенгалиев Р.А., Менкеева С.С.

Устройство для поиска случайно утерянных предметов

*Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова
(Россия, Элиста)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-11

idsp: 000001:spc-12-02-2018-11

У каждого человека наверняка были ситуации, когда необходимый предмет, используемый в бытовых целях, терялся где-то в пределах жилого помещения. К часто теряемым предметам, например, можно отнести пульты дистанционного управления бытовой техники, сумки с инструментами, ключи и т.д. Для решения этой проблемы ранее был разработан набор электронных брелков для поиска ключей. Этот прибор состоит из карточки, размером с банковскую и нескольких звуковых брелков. Брелок, с помощью кольца, вешается на ключи. В случае их потери, необходимо на карточке – передатчике нажать кнопку. Брелок с ключами при этом создаст звуковой сигнал.

Компактный размер передатчика позволяет всегда носить его с собой. Также существуют брелки, которые отзываются на свист или хлопки. Но у них имеется большой недостаток: они часто реагируют на случайный шум.

Однако, брелок-приемник приспособлен к поиску только таких предметов, которые имеют какой либо зацеп. Тогда как быть с предметами, у которого его нет? При этом имеется вероятность потери самого передатчика. Для решения данной проблемы нами предлагается видоизмененный прибор для поиска утерянных предметов.

Разрабатываемый прибор состоит из передатчика, имеющего 4 кнопки вызова, и 4-х приемников, которые крепятся к необходимому предмету с помощью клейкой пленки, прикрепленной к его тыльной стороне. Приемник представляет пластиковый параллелепипед с размерами сторон 3 на 4 см и высотой около 1 см с электронной схемой внутри. Передатчик устанавливается в любом доступном месте жилой комнаты, например, в прихожей, т.е. является стационарным. В случае вызова по определенному радиоканалу заданный приемник создает звуковой сигнал, по которому его легко можно найти. Радиус радиосвязи приемников и передатчика может составлять до 50 м, с учетом разделяющих комнаты стен, что вполне достаточно для жилого помещения. Приемники рекомендуется закреплять на предметах, которые всегда находятся в пределах жилого помещения: пульта дистанционного управления телевизоров, сплит-систем, переносные фонари, коробка с инструментами и т.д.

Поскольку прибор является стационарным, т.е. используемым только в определенном жилом помещении, то ограничений на размеры передатчика, в принципе, нет. Например, ширина передатчика может достигать размеров до 15 см в длину. Поэтому в предлагаемом нами продукте можно повысить мощность радиопередатчика путем увеличения количества питающих элементов, введения новых элементов и т.д.

Данный продукт может применяться в жилых помещениях, офисах и т.д, т.е. там, где имеется бытовая техника и т.п.

Данный продукт является товаром широкого потребления и может быть использован населением в жилых помещениях.

В ходе выполнения проекта была выполнена разработка электронной схемы устройства и был создан макет устройства, который удовлетворял заявленным ранее требованиям. Согласно испытаниям, устройство стабильно работало в радиусе до 60 м, в пределах жилого помещения и до 100 м на открытой местности. Время непрерывной работы, без выключения приемных устройств, составлял не менее 3-х месяцев. Для повышения длительности работы, на приемниках установлены выключатели питания, которыми можно воспользоваться в случае длительного отсутствия жильцов в доме, например, при отъездах. Имеется возможность изменения мелодии звучания для каждого приемника.

К исходным данным можно отнести электронные схемы беспроводных звонков, имеющиеся в литературе, а также в сети Интернет. Для проектирования электронной схемы использовалась литература [1 - 3] с описанием физических принципов работы радиоэлементов и радиосвязи с необходимыми формулами для расчета технических параметров предлагаемого устройства.

Принцип работы устройства основан на передаче и приеме радиосигнала на расстоянии. При включении какого либо из выключателей, путем нажатия кнопки на излучателе, происходит генерация электромагнитных волн LC-контуром на определенной частоте, которая улавливается резонансным блоком приемника. Это приводит к изменению падения напряжения на делителе, состоящего из трех сопротивлений. Это инициирует запуск блока формирования импульса, собранного на микросхеме, и, включающего в себя также и дополнительные элементы (кварцевый резонатор, транзисторы, диод и др.). Сформированный электрический импульс

производит запуск звукового блока на базе музыкального синтезатора (микросхема серии УМС). Питание излучателя производится элементом питания на 12 В.

В целом, приобретение данного устройства рекомендуется престарелым людям, которые часто теряют необходимые бытовые предметы в пределах жилой комнаты. Однако и более молодым такое приобретение не будет лишним, поскольку потеря бытовых вещей - стандартная ситуация, в которую, в силу определенных причин, многие не раз попадали.

Работа выполнена по программе УМНИК. По данному проекту была направлена заявка на патент.

1. Нефедов В.И., Сигов А.С. Основы радиоэлектроники и связи. Высшая школа. 2009.
2. Шустов М.А. Практическая схемотехника. Альтекс-А. 2003. 737 с.
3. Большой справочник радиолюбителя. MasterSoft. Формат MS Excel. 2012.

Васильев С.В., Охлопкова А.А.

**Исследование физико-механических свойств композитов на основе
политетрафторэтилена и базальтового волокна**

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

doi:10.18411/spc-12-02-2018-12

idsp: 000001:spc-12-02-2018-12

В настоящее время сложилось два направления создания композиционных материалов: композиты на высокомодульных волокнах (стальные, асбестовые, стеклянные, базальтовые); композиты на низкоимпульсных волокнах (нейлоновые, полиэтиленовые полипропиленовые др.) у каждого композита с различными армирующими материалами есть достоинства и недостатки, но большинство исследователей отдают предпочтение композитам с использованием в качестве армирующего материала базальтовых волокон. Базальтовые волокна обладают уникальными свойствами: высоким уровнем физико-механических и химических свойств; долговечностью, химической инертностью, экологичностью. Применение базальтовых волокон позволит улучшить физико-механические, физико-химические (стойкость в агрессивных средах) характеристики полимерных композитов.

В связи с этим, целью данной работы была разработка и исследование свойств базальтопластиков на основе политетрафторэтилена, армированных базальтовым волокном.

В данной работе приводятся результаты исследований по разработке новых полимерных материалов триботехнического назначения для изготовления узлов трения технических средств, эксплуатируемых в условиях холодного климата. В работе использовали смешение наполнителя с полимером в лопастном смесителе, что позволяет добиться равномерного распределения частиц наполнителя в матрице полимера.

Оптимальный комплекс свойств достигается при 5 масс. % содержании базальтового волокна. Установлено, что модификация ПТФЭ базальтовым волокном приводит к повышению деформационно-прочностных и триботехнических характеристик. Износостойкость повышается в 475 раз по сравнению с ненаполненным ПТФЭ, прочность и эластичность остаются на уровне ненаполненного ПТФЭ.

Разработанные материалы характеризуются стабильными и низкими значениями коэффициента трения и интенсивности изнашивания, повышенными деформационно-прочностными показателями, обеспечивающими жесткость сопряжений и высокую

несущую способность. Использование подобных материалов позволит многократно повысить ресурс узлов трения, а также решить проблему импортозамещения штатных уплотнений и подшипников.

Работа выполнена в рамках Госзаказа ФАНО РФ (проект № АААА-А17-117040710038-8 от 07.04.2017 г.)

1. Охлопкова А.А., Виноградов А.В., Пинчук Л.С. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями. Гомель: ИММС НАНБ.-1999.- 164 с.
2. Стручкова (Ючюгяева) Т.С. Триботехнические материалы на основе ПТФЭ и углеродных наполнителей. / Тр. XIII междн. научной конф. студентов, аспирантов и мол. ученых "Ломоносов". - Москва. -2006. – С 482-483

Алонцева А. И., Городештян М. С.
Взаимосвязь ценностных ориентаций с профессиональной мотивацией
представителей политической деятельности

НФИ КемГУ

doi:10.18411/spc-12-02-2018-13

idsp: 000001:spc-12-02-2018-13

Аннотация

В статье рассмотрено -взаимосвязь ценностных ориентаций с профессиональной мотивации представителей политической деятельности, а именно: повышение показателей профессиональной компетентности и служения народу приведут к росту внутренних, социально значимых мотивов.

Ключевые слова: политическая деятельность, ценностные ориентации, профессиональная мотивация.

Политическая деятельность - одна из самых сложных областей приложения и реализации интеллектуальных человеческих сил. Эта сложность связана с тем, что ее объектом является политическая сфера жизни общества, исследовательский интерес познания которой проявился еще в те времена, когда не только общественная наука, но и вся научная мысль в целом существовала в недифференцированном виде.

В современном мире существует множество стереотипов по поводу добросовестности выполнения своей работы представителями политической деятельности. В данной трудовой деятельности требуются специалисты высокого уровня, с определенными знаниями и положительным отношением к своему делу, которые готовы добросовестно выполнять свою работу и служить, исключительно, во благо народу. В связи с этим в процессе социализации ценностных ориентаций является одной из главных проблем, целей и направлений политики в любом отдельно взятом государстве.

Ценностные ориентации в структуре личности и её развития

Одной из важнейших проблем современной психологии является проблема ценностных ориентаций.

Завершающийся XX век вывел проблему осмысления ценностей человеческого бытия на первый план научного познания, ознаменовав тем самым современный, аксиологический, этап развития науки. Однако ценности и ценностные ориентации человека всегда являлись одним из наиболее важных объектов исследования философии, этики, социологии и психологии на всех этапах их становления и развития как отдельных отраслей знания. Проблему ценностных ориентаций активно

исследовали такие психологи, как Т. И. Ежевская, М. С. Головина, А. Ю. Стойлик, Ю. А. Шерковин, М. С. Яницкий и другие.

Существует и иное определение: ценностные ориентации - это интегральное (информативно – эмоционально - волевое) свойство и состояние готовности личности к тому, чтобы сознательно определить и оценить свое местоположение во времени и пространстве природной и социальной среды, избрать стиль поведения и направление деятельности, основываясь на личном опыте и в соответствии с конкретными условиями постоянно меняющейся ситуации.

Ценностные ориентации являются важным регулятором активности человека, поскольку они позволяют соотносить индивидуальные потребности и мотивы с осознанными и принятыми личностью нормами социума. Регулятивная функция ценностных ориентаций личности охватывает все уровни системы побудителей активности человека.

Содержание ценностных ориентаций личности также обусловлено характером общественных отношений, развивающихся по объективным законам и детерминирующих субъективные отношения конкретных личностей, проявляясь в их действиях, переживаниях, стремлениях.

Специфика профессиональной мотивации

Под мотивацией традиционно понимаются побуждения, вызывающие активность и определяющие ее направленность. Мотивация, обуславливая поведение и деятельность, оказывает влияние на профессиональное самоопределение, на удовлетворенность человека своим трудом.

Мотив - то, что побуждает нас к действию. Мотивация деятельности тесно связана с удовлетворением тех или иных потребностей. А потребность - переживаемая и осознаваемая нужда в чем-то, что необходимо для полноценной жизни.

Основополагающими для изучения профессиональной мотивации спасателей являются теории мотивации, разработанные в направлениях когнитивной, психоаналитической и диспозиционной психологии.

В. П. Зинченко считал, что мотивация - это процесс побуждения себя и других к деятельности, для достижения личных целей или целей организации.

Мотив - это то, что вызывает определенные действия человека, его внутренние и внешние движущие силы. Мотив определяет, что и как надо делать для удовлетворения потребностей человека. Мотивы поддаются осознанию, и человек может воздействовать на них, усиливая или приглушая их действие, а в некоторых случаях устраняя их из своих движущих сил.

Стимул - внешнее побуждение к действию, толчок, побудительная причина.

Потребности - это нужда в чем - что, объективно необходимом для поддержания жизнедеятельности и развития организма, личности и социальной группы.

Самоутверждение - внутренние движущие силы человека, побуждающие его к достижению поставленных целей без прямого внешнего поощрения. Это самый сильный стимул из известных в природе, однако он проявляется только у наиболее развитых членов общества.

Психологический анализ особенностей политической деятельности

Появление политической деятельности, ее развитие и функционирование обуславливаются определенными причинами.

Под политической деятельностью понимают возможность (которой обладает либо отдельный человек, либо группа лиц, то есть партия или политическое объединение, а также слой или класс) оказывать влияние на других людей и отстаивать свои интересы в рамках политики.

Представителем политической деятельности может выступать отдельная личность - тогда говорят об индивидуальном политическом самосознании как об

осознании себя в качестве чувствующей, воспринимающей, мыслящей и сознательно действующей личности в политике.

Политическое сознание личности складывается в ходе интериоризации внешних для нее целей и ценностей политической системы, семьи, ближайшего окружения. Но определять поведение эти идеи, цели и убеждения могут только став ее собственными составляющими. Политические характеристики политика связаны, прежде всего, с особенностями общественного развития и устройства общества, системой ценностей, целей и способов их достижения. Они включают в себя наличие или отсутствие организаторских качеств, политических взглядов и убеждений, политических целей и задач, отношения с оппонентами и последователями. Одной из важных политических характеристик политика является идеологическая составляющая образа.

Однако часто указанные мотивы пересекаются, а противоположность этих типов оказывается относительной. Человек может делать то и другое одновременно: жить «для» какого-то дела и вместе с тем «за счет» этого дела. В своих крайних проявлениях названные мотивы дают тип либо политического альтруиста, либо политического эгоиста (утилитариста).

Политическое поведение личности может реализовываться в различных формах: участие в политических движениях, партиях, группах и т. д. Оно может осуществляться и индивидуально, путем непосредственного политического волеизъявления, например, при голосовании на выборах. Психолого-политические качества политического человека проявляются в политической активности, политическом поведении, политической работе и политической деятельности. Политическая работа имеет в основе целеустремленность политики, которая демонстрируется наемными, оплачиваемыми лицами, структурами, объединениями субъектов политики в соответствии с их задачами, правами и обязанностями.

Методы и методики, устанавливающие взаимосвязь ценностных ориентаций и профессиональной мотивации представителей политической деятельности

- I. Теоретический анализ литературы. Данный метод заключается в исследовании литературы отечественных и зарубежных психологов. При помощи этого метода мы узнаем все аспекты выявления ценностных ориентаций и профессиональной мотивации.
- II. Метод психодиагностического тестирования. Направлен на выявление ведущих ценностных ориентаций и профессиональной мотиваций представителей политической деятельности. Также позволит посмотреть наличие взаимосвязи между этими психическими явлениями.
- III. Метод математико-статистической обработки данных. Данный метод используется для качественной обработки данных, полученных при проведении методики на определение ведущих ценностных ориентаций и мотивов выбора профессии, а также проверки наличия взаимосвязи этих психических явлений. В работе будет использоваться сравнение результатов по критерию Пирсона, и при помощи него будет подтверждена или опровергнута гипотеза.

Исследование ценностных ориентаций представителей политической деятельности

Для определения ценностных ориентаций в карьере испытуемым был предложен опросник «Якоря карьеры» (методика Э. Шейна, перевод и адаптация В. Э. Винокурова, В. А. Чикер). С помощью опросника удалось выявить, что у представителей политической деятельности присущи такие ценностные ориентации, как: стабильность работы, вызов, служение, менеджмент.

По результатам исследования можно сделать вывод, что у представителей политической деятельности преобладают такие ценностные ориентации как: Стабильность работы (16,73 %), служение (7,50 %), вызов (7,22 %), менеджмент (7,13 %). Наименьшее преобладание таких ценностных ориентаций как: автономия (6,76 %), стабильность места жительства (6,50 %). Малый процент встречаемости: предпринимательство (5,90 %), интеграция стилей жизни (5,21 %), профессиональная компетентность (4,81 %). Наименьший процент преобладания мотивов выбора профессии: материальные (5,90 %).

Из полученных данных можно сделать выводы, что представители политической деятельности испытывают потребность в безопасности, защите и возможности прогнозирования и будут искать постоянную работу с минимальной вероятностью увольнения. Представители политической деятельности отождествляют свою работу со своей карьерой. Представители политической деятельности очень ценят социальные гарантии, которые может предложить работодатель, и, как правило, их выбор места работы связан именно с длительным контрактом и стабильности.

Служение для представителей политической деятельности характерно желанием заниматься делом, реализовать в своей работе главные ценности. Представители политической деятельности стремятся приносить пользу людям, обществу, для них очень важно видеть конкретные плоды своих трудов, даже если они и не выражены в материальном эквиваленте. Основной тезис построения их карьеры, это получить возможность максимально эффективно использовать свои таланты и опыт для реализации общественно важной цели.

Вызов для представителей политической деятельности ориентирован на решение заведомо сложных задач, преодоление препятствий ради победы в конкурентной борьбе. Они чувствуют себя преуспевающими только тогда, когда постоянно вовлечены в решение трудных проблем или в ситуацию соревнования. Карьера для представителей политических деятелей это постоянный вызов их профессионализму, и они всегда готовы его принять. Социальная ситуация чаще всего рассматривается с позиции «выигрыша и проигрыша». Процесс борьбы и победа более важна для представителей политической деятельности, чем конкретная область деятельности или квалификация.

Менеджмент для представителей политической деятельности имеет первостепенное значение, ориентация личности на интеграцию усилий других людей, полнота ответственности за конечный результат и соединение различных функций организации. С возрастом и опытом эта карьерная ориентация проявляется сильнее. Возможности для лидерства, высокого дохода, повышенных уровней ответственности и вклад в успех своей организации являются ключевыми ценностями и мотивами. Самое главное для представителей политической деятельности управление: людьми, проектами, любыми бизнес-процессами - это в целом не имеет принципиального значения. Центральное понятие их профессионального развития - власть, осознание того, что от них зависит принятие ключевых решений. Причем для представителей политической деятельности не является принципиальным управление собственным проектом или целым бизнесом, скорее наоборот, они в большей степени ориентированы на построение карьеры в наемном менеджменте, но при условии, что им будут делегированы значительные полномочия.

Таким образом, можно сделать вывод, что представители политической деятельности предпочитают заниматься делом, которое приносит пользу людям и реализовывать в своей работе главные ценности. Представители политической деятельности желают осуществлять свой труд не зависимо от денежной оплаты. Для них важен социально значимый труд. Они готовы решать заведомо сложные задачи,

преодолевать препятствия ради победы. Представители политической деятельности ориентированы на построение карьеры и управлением проектами, задачами.

С помощью опросника «Определение основных мотивов выбора профессии» (методика Е. М. Павлютенкова) удалось выявить, что у представителей политической деятельности присущи такие мотивы выбора профессии как: социальные (7,10 %), познавательные (6,70 %), эстетические (6,05 %). Наименьшая выраженность мотивов выбора профессии: материальные (5,90 %), связанные с одобрением труда (5,75 %), творческие (5,65 %), утилитарные (5,10 %), престижные (4,95 %), моральные (4,75 %).

По результатам данного исследования следует, что у представителей политической деятельности ярко выражены социальное желание своим трудом способствовать общественному прогрессу, а так же социальная направленность на высшие общечеловеческие цели и потребности.

При познавательных мотивах выбора профессии представители политической деятельности стремятся к овладению специальными знаниями, познание содержания конкретного труда.

У представителей политической деятельности преобладает стремление к эстетике труда, его красоте, гармонии, восприятие прекрасного, получение ощущения радости от деятельности.

При помощи опросника «Мотивы выбора профессии» (Р. В. Овчарова), было выявлено, что наиболее значимые результаты: социальная значимость (19,20 %), внутренняя мотивация (17,85 %). Наименее значимые результаты: положительная мотивация (13,35 %), отрицательная мотивация (13,10 %).

Внутренняя мотивация возникает из потребностей самого человека, поэтому на ее основе человек трудится с удовольствием, без внешнего давления. Представители политической деятельности получают удовлетворение от общественной и личной значимости, удовлетворения, которое приносит работа благодаря их творческому характеру; возможность общения, руководства другими людьми и т. д. Такая мотивация является самой эффективной, т. к. обеспечивает удовлетворенность трудом и приводит к его производительностью. Таким образом, представители политической деятельности предпочитают труд способствующий развитию общественному прогрессу. Для них важна социальная направленность на общечеловеческие цели и потребности.

Представители политической деятельности стремятся овладевать специальными знаниями и познанием конкретного труда. Стремятся к ощущениям радости от своей профессиональной деятельности.

Анализ взаимосвязи ценностных ориентаций с профессиональной мотивацией представителей политической деятельности

При помощи линейной корреляции по Пирсону была рассмотрена взаимосвязь между ценностными ориентациями и профессиональной мотивацией представителей политической деятельности.

При данной выборке: при $P \leq 0,05$ $R_{кр} = 0,47$, а при $P \leq 0,01$ $R_{кр} = 0,60$

Ниже представлены наиболее значимые результаты:

➤ Профессиональная компетентность и социальные мотивы выбора профессии ($R_{эмп} = 0,5$).

По выявленным данным можно сделать вывод о том, что доминирование такой ценностной ориентации, как профессиональная компетентность побуждает социального субъекта к осуществлению определенных социальных действий, а именно активность человека направлена на отношения с другими людьми. Человек стремится получать новые знания, чтобы быть полезным обществу.

➤ Стабильность работы и материальные мотивы выбора профессии ($R_{эмп} = 0,7$)

Поскольку стабильность работы связана с мотивом выбора профессии, можно сделать вывод о том, что материальное обеспечение играет важную роль при выборе профессии представителем политической деятельности. Для такого человека материальные предметы представляют большую ценность и определяют направление его деятельности.

➤ Менеджмент и престижные мотивы выбора профессии ($R_{эмп} = 0,6$)

При преобладании такой ценностной ориентации как менеджмент человек стремится управлять людьми на предприятии для достижения позитивной динамики компании. Престижные мотивы сказываются в большей или меньшей степени в социальных группах, поскольку очень часто человек совершает какие-либо действия в силу действия мотива престижа.

➤ Служение и моральные мотивы выбора профессии ($R_{эмп} = 0,6$)

По выявленным данным можно сделать вывод о том, что доминирование такой ценностной ориентации как служение позволяет человеку ощущать себя ответственным и обязанным добросовестно и высоко продуктивно выполнять любую взятую на себя работу. Моральные мотивы побуждают представителей политической деятельности к нравственному поступку. Моральный мотив выступает в качестве движущей силы нравственного поведения человека.

➤ Вызов и внутренняя мотивация ($R_{эмп} = 0,8$)

По выявленным данным можно сделать вывод о том, что для представителей политической деятельности основными ценностями при карьерной ориентации являются конкуренция, победа над другими, преодоление препятствий, решение трудных задач. Человек ориентирован на то, чтобы бросать вызов. Новизна, разнообразие и вызов имеют для людей с такой ориентацией очень большую ценность, и, если всё идет слишком просто, им становится скучно.

➤ Предпринимательство и положительная мотивация ($R_{эмп} = 0,5$)

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что человек с такой ценностной ориентацией стремится создавать что-то новое, он хочет преодолевать препятствия, готов к риску. Он не желает работать на других, а хочет иметь свою марку, своё дело, своё финансовое богатство. Для него главное создать дело, концепцию или организацию, построить ее так, чтобы это было продолжением его самого, вложить туда душу. Как правило, такой человек готов идти на риски.

Вывод

«Какие мотивы и цели побуждают людей заниматься политической деятельностью?» - Данный вопрос является очень актуальным в современном мире. Поскольку существует стереотип восприятия народа на данный вид трудовой деятельности, происходит это от того, что данная проблема мало изучена в наше время.

Представителем политической деятельности должен может выступать как отдельная личность, тогда говорят об индивидуальном политическом самосознании как об осознании себя в качестве чувствующей, воспринимающей, мыслящей и сознательно действующей личности в политике.

Исходя из проведенного исследования можно сделать вывод о том, что была выявлена значимая взаимосвязь между ценностными ориентациями и профессиональной мотивацией.

В данной работе были изучены особенности представителей политической деятельности и проблема стереотипизации восприятия народа на данный вид трудовой деятельности. Также был проведен анализ взаимосвязи ценностных ориентаций с профессиональной мотивацией представителей политической деятельности.

В ходе эмпирического исследования гипотеза подтвердилась. У представителей политической деятельности ведущими ориентациями являются такие, как

профессиональная компетентность и служение народу, взаимосвязанное с внутренними социально значимыми мотивами.

1. Василик, М. А. Политология: Словарь-справочник [Текст] /М. А. Василик, М. С. Вершинин и др. Москва: Гардарики, 2001. 328 с.
2. Касьянов, В. В. Обществознание [Текст]: учебное пособие для студентов средних специальных учреждений / В. В. Касьянов. 3-е изд. Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. 416 с.
3. Маслоу, А. Х. Самоактуализация. Психология личности [Текст] / А. Х. Маслоу, под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, А. А. Пузыря. Москва: Изд-во ун-та. 2012. 288 с.
4. Мещеряков, Б. Г. Большой психологический словарь [Текст] / Б. Г. Мещеряков, В. П. Зинченко 4-е изд., дополн. и испр. Москва: АСТ, СПб.: Прайм-Еврознак, 2008. 868 с.
5. Психология политической деятельности [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://azps.ru/polpsy/lib/theory_doings.html. Дата обращения: 01.12.2017.
6. Пугачев, В. П. Введение в политологию. Учебник для студентов вузов [Текст]/ В. П. Пугачев, А. И. Соловьев. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Аспект Пресс, 2015. 479 с.

Гурин Е.В., Рагозина М.А.

Анализ методов и перспективы беспроводной передачи электроэнергии

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-14

idsp: 000001:spc-12-02-2018-14

Аннотация

В статье представлен краткий анализ методов и перспективы беспроводной передачи электроэнергии

Ключевые слова: метод, электроэнергия, технологии, устройство

Abstract

The article presents a brief analysis of methods and prospects for wireless transmission of electricity

Keywords: method, electricity, technology, device

В настоящее время технологии беспроводной передачи электрической энергии переживают бурное развитие, связанное с огромным количеством потребителей, желающих получать энергию без проводов.

Действительно, в наш век высоких технологий трудно не найти устройства работающих беспроводным путем с помощью различного рода аккумуляторных батарей (компьютерная мышь, ноутбук, смартфон и другие интеллектуальные гаджеты). Не все аккумуляторные батареи способны питать приемник достаточно длительное время, а если это и возможно, то размеры батареи составляют слишком большие величины.

Решением данной проблемы является технологии беспроводной передачи энергии, а именно беспроводная передача энергии для зарядки аккумуляторов. В мировой практике уже на протяжении последнего десятилетия активно как развиваются, так и внедряются технологии беспроводных зарядных устройств такими зарубежными гигантами мировой индустрии в электронной сфере, как Qualcomm Incorporated, Intel, Samsung, WiTricity и множество других.

Применение беспроводных устройств не является исключением только для зарядки аккумуляторов смартфонов и ноутбуков, данный вид технологии уже успешно применяют в промышленной сфере: заряд аккумуляторов транспортных средств,

имплантируемых устройств в медицине, в военной технике, в качестве источника для светодиодного освещения в помещении и др.

Беспроводное электричество в буквальном смысле представляет передачу электрической энергии без проводов. Часто эту технологию сравнивают с передачей информации, к примеру, с Wi-Fi, сотовыми телефонами и радио. Беспроводная электроэнергия – это сравнительно новая и динамично развивающаяся технология. Сегодня разрабатываются следующие методы, как безопасно и эффективно передавать на расстоянии энергию без перебоев [2].

Метод электромагнитной индукции. В этом случае используется электромагнитное поле. Благодаря явлению взаимной индукции, на вторичной обмотке устройства создается наведенный ток с первичной обмотки. Для эффективного взаимодействия необходимо близкое расположение обмоток, так как в противном случае большая часть энергии поля тратится впустую. Описанное устройство представляет собой знакомый всем трансформатор. Действительно, раз обмотки не связаны физически, то электричество передается беспроводным способом (рис. 1). Применяется данный способ для зарядки мобильных устройств, медицинских имплантатов и электромобилей. Кроме того, метод нашел применение в технологиях радиочастотной идентификации (RFID) [1].

Рисунок 1. Передача энергии методом магнитной индукции

Метод магнитно-резонансной индукции. Данный метод отличается от вышеприведенного метода в том, что использование резонанса между двумя катушками увеличивает дальность передачи. Действительно, при магнитно-резонансной индукции передающая и принимающая катушка настроены на одинаковую частоту, поэтому амплитуда электромагнитных волн возрастает, следовательно, передача энергии происходит более эффективно, чем в методе электромагнитной индукции (рис. 2).

Рисунок 2. Передача энергии методом магнитно-резонансной индукции

В связи с этим, значительная величина мощности передается между двумя LC-катушками, настроенными в резонанс, при относительно невысоком коэффициенте связи между ними. Обычно, передающая и принимающая катушка представляет собой спираль или один или несколько однослойных витков [1].

Метод электростатической индукции. Метод электростатической индукции. Представляет собой процесс передачи энергии через диэлектрик (рис. 3). Метод был впервые применен Теслой для питания беспроводных ламп по воздуху (который является диэлектриком). В будущем планируется, что устройства будут получать энергию из воздуха, посредством передающего терминала. По сути, этот процесс схож с разрядом конденсатора.

Рисунок 3. Передача энергии методом электростатической индукции

Метод микроволнового излучения. Ученые рассчитали, что передавать энергию становится более эффективно, если использовать меньшие длины волн. В микроволновом диапазоне для передачи энергии используется ректенна – устройство по принципу действия обратное излучающей антенне. Ректенна позволяет преобразовывать энергии с КПД 90-95%. Данный способ планируется применять для передачи энергии космическим и орбитальным аппаратам.

Уходя в более высокий диапазон частот, ученые нашли еще один способ беспроводной передачи энергии – лазерный. Он заключается в передаче энергии посредством светового луча и последующего его преобразования в электричество в фотодетекторе. К преимуществам относится высокая фокусировка луча, а к недостаткам – низкий КПД [1].

В настоящее время использование технологий беспроводной передачи энергии находит широкое применение в беспроводной зарядке батарей или устройств, которые требуют частой подзарядки.

Наряду со многими методами беспроводной передачи энергии, именно технологии, основанные на явлении электромагнитной индукции, получили наибольшее распространение среди потребителей.

Наиболее перспективным методом изучения беспроводной передачи энергии является метод электромагнитной индукции при условии возникновения резонанса между индуктивно связанными контурами.

Таким образом, в настоящее время проблема разработок беспроводной передачи энергии решается за счет электропроводности различных объектов.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Т. 2: Теория поля. – М.: Наука, 2001. – 533 с.
2. Беспроводная передача электричества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gruzdoff.ru/wiki/Беспроводная_передача_электричества

Кузнецова Т.А., Рагозина М.А.
Технология контактной сварки изделий

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-15

ids: 000001:spc-12-02-2018-15

Способ и машина для контактной точечной сварки с фигурным ходом верхнего электрода могут быть использованы для сварки сеток, каркасов и других изделий из проволоки, арматуры, стержней, труб, полос металла и различного длинномерного металлопроката. Подведение сварочных электродов к деталям осуществляют путем выдвижения по меньшей мере одного верхнего электрода из сварочного стола и его перемещения над свариваемыми деталями с установкой на их пересечение. После окончания сварки осуществляют обратное перемещение верхнего электрода в сварочный стол[2].

Сварочным столом может служить верхняя часть корпуса машины. Машина может быть установлена под сварочный стол, выполненный сплошным с вырезами для прохода электродов или в виде каркаса, не имеющего сплошной столешницы. Отсутствие деталей и механизмов над сварочным столом позволяет сваривать пространственные конструкции или устанавливать над ним дополнительные приспособления.

Рассмотрим способ сварки сетки с помощью варианта машины с подвижным нижним электродом.

Исходное положение: нижний и верхний электроды спрятаны в вырез стола. Для сварки верхний электрод выдвигают из стола и передвигают на пересечение свариваемых деталей, при этом возможны различные траектории движения электрода. Нижний электрод поднимают вверх по прямолинейной траектории или по кривой и упирают в пересечение свариваемых деталей. Нижний и верхний электроды могут двигаться одновременно или поочередно. Затем производят сжатие свариваемых деталей между этими электродами и подают сварочный ток, после чего детали выдерживают в сжатом состоянии. Затем детали разжимают, верхний и нижний электроды убирают в вырез стола. Движения верхнего и нижнего электрода могут выполняться одновременно или поочередно, также электроды могут иметь различные траектории движения[1].

После того, как электроды убраны в вырез стола, можно передвигать свариваемое изделие на столе в любом направлении. Рассмотрим многоэлектродную машину контактной точечной сварки с фигурным ходом верхнего электрода. В столе выполнен один большой вырез, в котором установлены электроды. Расстояние между электродами можно регулировать, чтобы настраивать машину на разный шаг сетки. Каждая пара электродов, состоящая из верхнего и нижнего электродов, работает аналогично первому варианту машины. Таким образом сжимают сразу несколько пересечений стержней. Сварочный ток подают сразу на все электроды, если электрическая сеть предприятия достаточно мощная, или по очереди, тогда нагрузка на сеть будет значительно меньше.

Если продольные стержни свариваемого изделия расположены попарно, а минимальное расстояние между ними меньше минимально допустимого для варианта машины, то возможно расположение электродов.

Рассмотрим вариант выполнения многоэлектродной машины, когда нижний электрод сделан сплошным, вместо отдельных нижних электродов. Для наглядности сетка не показана, а электроды подняты. В этом варианте для настройки на нужный шаг сетки нужно регулировать расстояние только между верхними электродами.

Такую машину можно использовать и для односторонней сварки. В этом случае ток подают на каждую пару соседних верхних электродов, а нижний электрод служит токопроводящей подкладкой. Тогда ток с верхнего электрода идет через пересечение свариваемых деталей на нижний электрод, служащий токопроводящей подкладкой, проходит по ней на соседнее пересечение и через свариваемые детали идет на другой верхний электрод[4].

Здесь есть недостаток, что ток идет также и по верхнему стержню, замыкающему электроды между собой. Чем толще стержень, тем больше ток шунтирования.

Возможно выполнение всех вариантов многоэлектродной машины с подвижными и неподвижными нижними электродами. Далее можно рассмотреть вариант машины контактной точечной сварки, предназначенной для сварки более крупных конструкций. Верхняя часть машины уже не является сварочным столом, машина установлена под сварочным столом. Сварочный стол имеет размеры, больше чем корпус машины. В столе сделан вырез, в который входят электроды. В этом варианте электродам нет необходимости полностью убираться в корпус машины, они убраны в вырез сварочного стола. Машина может быть выполнена в передвижном варианте, например, она установлена на колеса и она имеет возможность передвигаться вдоль выреза стола по направляющим.

Тогда возможен способ сварки: сваривают одно пересечение, передвигают машину, сваривают следующее пересечение и т.д. Когда машина приварила поперечный стержень целиком или прошла весь вырез, свариваемое изделие передвигают вдоль продольных или поперечных стержней. Возможно для сварки каждой точки перемещение и машины и свариваемого изделия, например, для приварки диагональных или фигурных стержней[3].

Аналогичным образом можно разместить под сварочным столом многоэлектродную машину. Также ее можно сделать с возможностью перемещения вдоль выреза стола.

Сварочный стол выполнен решетчатой конструкции, а под столом находится многоэлектродная машина. Продольные стержни свариваемого изделия лежат на уголках-направляющих. Направляющие выполнены с возможностью перемещения поперек стола для настройки шага свариваемой сетки. Также возможна установка направляющих на сплошной сварочный стол.

Существует вариант машины, в котором используются два сварочных стола, а электроды расположены в промежутке между столами. Здесь также возможно выполнение машины с возможностью ее передвижения вдоль промежутка между столами, а также возможно применение многоэлектродной машины.

Возможно изготовление более сложных комплексов с перемещением машины в двух направлениях. В этом случае электроды могут убираться в корпус машины при проходе машины под силовыми элементами сварочных столов. Если нет нужды передвигать сетку вдоль поперечных стержней, а она движется только вдоль продольных, например, если машина многоэлектродная и количество пар электродов совпадает с количеством продольных стержней, то верхние электроды можно не убирать в сварочный стол.

1. «Сварка. Введение в специальность»: Учебник / подред. В.А. Фролова. М.: Сварка, 2004.
2. Зорин Е.Е., Худолий Н.Г. Сварка. Введение в специальность. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 232 с.: ил.
3. Технология конструкционных материалов: Учебник / под ред. А.М. Дальского. Изд. 5-е, испр. М.: Машиностроение, 2003.
4. Болдырев А.М., Орлов А.С. Сварочные работы в строительстве и основы технологии металлов: Учебник. М.: Изд-во АСВ, 1994.

Кузнецова Т.А., Федоров В.А.

Проблемы организации высокотехнологичного сварочного производства

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-16

idsp: 000001:spc-12-02-2018-16

Способ и машина для контактной точечной сварки с фигурным ходом верхнего электрода могут быть использованы для сварки сеток, каркасов и других изделий из проволоки, арматуры, стержней, труб, полос металла и различного длинномерного металлопроката. Подведение сварочных электродов к деталям осуществляют путем выдвижения по меньшей мере одного верхнего электрода из сварочного стола и его перемещения над свариваемыми деталями с установкой на их пересечение. После окончания сварки осуществляют обратное перемещение верхнего электрода в сварочный стол[2].

Сварочным столом может служить верхняя часть корпуса машины. Машина может быть установлена под сварочный стол, выполненный сплошным с вырезами для прохода электродов или в виде каркаса, не имеющего сплошной столешницы. Отсутствие деталей и механизмов над сварочным столом позволяет сваривать пространственные конструкции или устанавливать над ним дополнительные приспособления.

Рассмотрим способ сварки сетки с помощью варианта машины с подвижным нижним электродом.

Исходное положение: нижний и верхний электроды спрятаны в вырез стола. Для сварки верхний электрод выдвигают из стола и передвигают на пересечение свариваемых деталей, при этом возможны различные траектории движения электрода. Нижний электрод поднимают вверх по прямолинейной траектории или по кривой и упирают в пересечение свариваемых деталей. Нижний и верхний электроды могут двигаться одновременно или поочередно. Затем производят сжатие свариваемых деталей между этими электродами и подают сварочный ток, после чего детали выдерживают в сжатом состоянии. Затем детали разжимают, верхний и нижний электроды убирают в вырез стола. Движения верхнего и нижнего электрода могут выполняться одновременно или поочередно, также электроды могут иметь различные траектории движения[1].

После того, как электроды убраны в вырез стола, можно передвигать свариваемое изделие на столе в любом направлении. Рассмотрим многоэлектродную машину контактной точечной сварки с фигурным ходом верхнего электрода. В столе выполнен один большой вырез, в котором установлены электроды. Расстояние между электродами можно регулировать, чтобы настраивать машину на разный шаг сетки. Каждая пара электродов, состоящая из верхнего и нижнего электродов, работает аналогично первому варианту машины. Таким образом сжимают сразу несколько пересечений стержней. Сварочный ток подают сразу на все электроды, если электрическая сеть предприятия достаточно мощная, или по очереди, тогда нагрузка на сеть будет значительно меньше.

Если продольные стержни свариваемого изделия расположены попарно, а минимальное расстояние между ними меньше минимально допустимого для варианта машины, то возможно расположение электродов.

Рассмотрим вариант выполнения многоэлектродной машины, когда нижний электрод сделан сплошным, вместо отдельных нижних электродов. Для наглядности сетка не показана, а электроды подняты. В этом варианте для настройки на нужный шаг сетки нужно регулировать расстояние только между верхними электродами.

Такую машину можно использовать и для односторонней сварки. В этом случае ток подают на каждую пару соседних верхних электродов, а нижний электрод служит токопроводящей подкладкой. Тогда ток с верхнего электрода идет через пересечение свариваемых деталей на нижний электрод, служащий токопроводящей подкладкой, проходит по ней на соседнее пересечение и через свариваемые детали идет на другой верхний электрод[4].

Здесь есть недостаток, что ток идет также и по верхнему стержню, замыкающему электроды между собой. Чем толще стержень, тем больше ток шунтирования.

Возможно выполнение всех вариантов многоэлектродной машины с подвижными и неподвижными нижними электродами. Далее можно рассмотреть вариант машины контактной точечной сварки, предназначенной для сварки более крупных конструкций. Верхняя часть машины уже не является сварочным столом, машина установлена под сварочным столом. Сварочный стол имеет размеры, больше чем корпус машины. В столе сделан вырез, в который входят электроды. В этом варианте электродам нет необходимости полностью убираться в корпус машины, они убраны в вырез сварочного стола. Машина может быть выполнена в передвижном варианте, например, она установлена на колеса и она имеет возможность передвигаться вдоль выреза стола по направляющим.

Тогда возможен способ сварки: сваривают одно пересечение, передвигают машину, сваривают следующее пересечение и т.д. Когда машина приварила поперечный стержень целиком или прошла весь вырез, свариваемое изделие передвигают вдоль продольных или поперечных стержней. Возможно для сварки каждой точки перемещение и машины и свариваемого изделия, например, для приварки диагональных или фигурных стержней[3].

Аналогичным образом можно разместить под сварочным столом многоэлектродную машину. Также ее можно сделать с возможностью перемещения вдоль выреза стола.

Сварочный стол выполнен решетчатой конструкции, а под столом находится многоэлектродная машина. Продольные стержни свариваемого изделия лежат на уголках-направляющих. Направляющие выполнены с возможностью перемещения поперек стола для настройки шага свариваемой сетки. Также возможна установка направляющих на сплошной сварочный стол.

Существует вариант машины, в котором используются два сварочных стола, а электроды расположены в промежутке между столами. Здесь также возможно выполнение машины с возможностью ее передвижения вдоль промежутка между столами, а также возможно применение многоэлектродной машины.

Возможно изготовление более сложных комплексов с перемещением машины в двух направлениях. В этом случае электроды могут убираться в корпус машины при проходе машины под силовыми элементами сварочных столов. Если нет нужды передвигать сетку вдоль поперечных стержней, а она движется только вдоль продольных, например, если машина многоэлектродная и количество пар электродов совпадает с количеством продольных стержней, то верхние электроды можно не убирать в сварочный стол.

1. «Сварка. Введение в специальность»: Учебник / подред. В.А. Фролова. М.: Сварка, 2004.
2. Зорин Е.Е., Худолий Н.Г. Сварка. Введение в специальность. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 232 с.: ил.
3. Технология конструкционных материалов: Учебник / под ред. А.М. Дальского. Изд. 5-е, испр. М.: Машиностроение, 2003.
4. Болдырев А.М., Орлов А.С. Сварочные работы в строительстве и основы технологии металлов: Учебник. М.: Изд-во АСВ, 1994.

Мазников И.А., Федоров В.А., Рагозина М.А.

Плазменная сварка как инновационный метод соединения и резки металлов

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
(Россия, Красноярск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-17

idsp: 000001:spc-12-02-2018-17

Активное вторжение в современные технологические процессы многих видов «продвинутых» металлов и их сплавов, таких как, нержавеющая сталь, различные цветные металлы, соединения цветмета и некоторые специальные металлические сплавы, вынудило технологов искать инновационные способы сварки. Во многих случаях указанные металлы и их соединения довольно плохо обрабатываются традиционной газовой и прочими видами сварки.

Так появилась, основанная на использовании подходящих технологических свойств плазмы, сварка, которую сегодня широко применяют в самых разных ремонтно-строительных операциях.

Удобное плавление, резка и соединение различных металлических деталей и конструкций с помощью спецоборудования на основе применения плазмы значительно облегчают сложные монтажные работы. Одной из особенностей плазменной сварки металлов является ее высокая степень безопасности.

Технологический процесс включает в себя несколько необходимых этапов:

- 1) Подготовка деталей, подключение электродов, запуск горелки и ее прогрев.
- 2) Выполнение шва с выдерживанием нужного режима по температуре.
- 3) Перемещение горелки к месту новой операции с проверкой готовности самой горелки.

Поскольку защитный газ (обычно аргон) практически не ионизирован, и не ускоряется электрическим полем дуги, то он довольно быстро «разлетается» и смешивается с воздухом. Поэтому оптимальное расстояние между сварочной ванной и торцом горелки занимает очень небольшой диапазон, который необходимо выдерживать в работе. При плазменной сварке не происходит лишнего прогрева металла, остывание шва происходит быстро, что иногда нежелательно. Процесс сварки может включать дополнительные операции:

- предварительный подогрев;
- работа несколькими горелками при автоматизированной сварке.

Для нагрева деталей используется плазма - ионизированный газ, полученный в результате работы электрической дуги под повышенным давлением.

Горелка запускается импульсом высокого напряжения или контактом между соплом и катодом в течение долей секунды. Загорается дуга, в горелку подают рабочий и защитный газы, а также охлаждающую воду в корпус анода (для мощных горелок длительного действия). Горелка прогревается до стабилизации плазмы и начинается операция сварки.

На поверхность металла в области шва направляется струя плазмы из плазмотрона - специальной горелки, в которую подается рабочий газ. Может быть использован еще и защитный газ для создания химически нейтральной среды. Тепловая энергия вся сосредоточена в тонкой струе плазмы, и нагрев ванны происходит только в области сварки.

Плазмотрон позволяет, как резать, так и сваривать любые известные в природе металлы и неметаллы, если только для этого нет серьезных фундаментальных физических или химических препятствий (адгезия, реакционная способность и т.п.). Температура в этой области очень высокая, может достигать 10000-15000 градусов.

Благодаря теплопроводности металла она быстро снижается до температуры плавления в узкой области шва. Если при этом область шва защищена инертной или

восстановительной средой (часто и тем и другим), то в результате можно получить очень точный и качественный шов.

При сварке плавятся состыкованные края детали, в этот расплав вводится присадочный материал в форме ленты или прутка. При автоматической сварке подача механизированная. Сварка рассматривается как непрерывный процесс плавления и застывания металла в области шва. Она должна обеспечить монолитность шва, одинаковые механические свойства на всей длине, равную толщину шва, полное отсутствие раковин, посторонних включений и примесей.

После окончания шва проверяется готовность горелки к очередной операции. Любое такое прерывание, если оно вынужденное, создает лишние механические напряжения, которые потом будет трудно, или невозможно снять.

Рассмотрим отличительные особенности различных видов сварки.

Лазерная сварка производится мощными лазерами непрерывного или импульсного действия. Благодаря фокусировке пятна на очень малой площади удается получать очень высокие температуры. На луч света не действует магнитное поле или движение газа, лазер легко можно «подать» в труднодоступные места. Изменяя апертуру луча, можно очень плавно регулировать ширину зоны нагрева. Производительность лазерной сварки примерно в 50 раз выше дуговой. Например, лист стали 20 мм сваривается со скоростью 100 метров в час за один проход. Лазерная сварка оказывается незаменимой, например, в электронной промышленности при изготовлении очень многих приборов, особенно миниатюрных.

Сварка аргоном - Gas Tungsten Arc Welding - дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа и плазменная сварка часто путаются между собой, из-за внешней схожести оборудования и даже части расходных материалов. Сварка аргоном производится в атмосфере аргона при обычном давлении, плотность энергии в дуге не превышает таковую для простой сварки. Сварочная ванна защищается от действия кислорода, а вольфрамовый электрод практически не расходуется.

Плазменная сварка выполняется плазмотроном - генератором плазменной дуги в атмосфере повышенного давления. При этом достигается очень высокая температура в узком столбе плазмы. В отличие от дуги атмосферного давления, факел у плазменной дуги почти цилиндрической формы, давление на металл в 5-8 раз больше.

Каждый вид процесса хорош для своих целей. Аргоновая сварка имеет очень широкую область применения: можно варить практически все, что вообще способно образовывать сплавы с приемлемыми механическими свойствами. Очень широко используется аргоновая сварка в аэрокосмической промышленности, особенно в ракетной технике, где к тонким металлическим деталям и швам предъявлены очень высокие прочностные требования.

Плазменная сварка также имеет свои преимущества. Хотя наиболее широко плазмтроны используются для резки металла (т.к. очень быстро и ровно режут), для сварочных работ они тоже применяются. Например, там, где требуется минимальное коробление металла, выгодно уменьшать зону термического воздействия. Для этого как раз и хороша плазменная сварка.

Плазменная сварка металла высоко ценится специалистами. Она является самым прогрессивным методом соединения, наплавки и резки деталей любой толщины. Дает возможность сочетать высокую производительность с отменным качеством работ.

1. Плазменная сварка [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/-> Загл. с экрана.
2. Технология плазменной сварки [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://metallmaster.org/shkola-svarschika/plazmennaya-svarka.html>- Загл. с экрана
3. Сварка. Введение в специальность. В.В. Пешков, А.Б. Коломенский, В.А. Фролов В.А. Казаков; Воронеж, 2014.
4. Специальные методы сварки и пайка: конспект лекций / Л.А. Шестель. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013.

Молдаванов С.Ю.

Прогнозирование длительной прочности полых сфер при действии внешнего гидростатического давления

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-18

idsp: 000001:spc-12-02-2018-18

Рассмотрим основные положения статистической модели накопления повреждений и разрушения твердых тел, используемой в данной работе [1].

1. Разрушение твердых тел при действии внешних сил представляет собой термодинамически необратимый вероятностный процесс накопления повреждений развивающийся во времени на различных уровнях структурной организации материала.

2. Образование, накопление и развитие повреждений различных типов на всех уровнях разрушения происходит в результате накопления необратимых разрывов связей. В процессе разрыва связи атомы преодолевают некоторый энергетический барьер. Величина энергетического барьера зависит от средней удельной внутренней энергии, которая полностью определяет уравнения состояния и физико-механические свойства макрочастицы твердого тела.

3. Ввиду того, что микроструктура реальных материалов содержит дефекты и неоднородности, удельная внутренняя энергия неоднородно распределяется по связям в пределах макрочастицы. Начало и развитие процесса разрушения во времени в высокой степени локализовано и определяется функциями распределения минимальных времен разрушения (разрыва связей, разрушения макрочастицы, разрушение тела) на каждом уровне, которые могут быть вычислены на основании концепции наислабейшего звена с переменным числом звеньев.

Пусть случайная величина t представляет время необратимого разрыва связей (атомных, молекулярных) в данной точке тела X . Пусть $P(t, X)$ представляет функцию распределения времен необратимого разрыва связей, а $p(t, X)$ – представляет плотность распределения времен необратимого разрыва связей, которые удовлетворяют естественным условиям:

$$\int_{t_0}^{t^*} p(t, X) dt = 1, \quad P(t, X) = \int_{t_0}^t p(t, X) dt, \quad (1)$$

где X – вектор лагранжевых координат точек тела, t_0 – наименьшее и t^* – наибольшее время разрыва связи.

Вычислим плотность распределения времен необратимого разрыва связей $p(t, X)$ [1]. В процессе разрыва связей атомы или молекулы, совершая колебания около своего равновесного положения, преодолевают некоторый энергетический барьер. Если величина этого барьера равна $U_m - \gamma \hat{U}$, то колеблющийся атом в состоянии преодолеть его лишь за какую-то часть периода колебаний, пропорциональную бoльцмановскому распределению вероятностей тепловых флуктуаций в зависимости от энергетического состояния атома [2]. Пусть частота колебаний атома равна $1/\tau_0$. Тогда при обычных тепловых колебаниях относительно положения равновесия атом $1/\tau_0$ раз в секунду «ударяется» о потенциальный барьер. Большую часть времени энергия атома мала для преодоления энергетического барьера, но иногда (в соответствии с распределением Больцмана) в результате флуктуаций энергия атома может превысить высоту энергетического барьера и происходит разрыв

связи. Тогда с учетом действия внешних сил вероятность разрыва связи в единицу времени будет равна [1]:

$$\omega = \tau_0^{-1} \exp[-(U_* - \gamma U)/kT], \quad (2)$$

где $\hat{U}$ – удельная внутренняя энергия в точке тела $\mathbf{X}$.

Выражение для удельной внутренней энергии $\hat{U}$ можно записать в зависимости от тензора напряжений $\tilde{S}(\tau, \mathbf{X})$:

$$U = U[\tilde{S}(\tau, \mathbf{X}), T(\tau, \mathbf{X})], \quad t_0 \leq \tau \leq t. \quad (3)$$

где τ_0 – период тепловых колебаний атомов (молекул), $U_* = (U_m - \gamma \langle U_0 \rangle)$ – энергетический барьер в отсутствие действия внешних сил, $\langle U_0 \rangle$ – средняя удельная внутренняя энергия, приходящаяся на одну связь в отсутствие действия внешних сил, U_m – энергия сублимации связи, k – постоянная Больцмана, $T(\tau, \mathbf{X})$ – абсолютная температура, $\gamma = k_0 \gamma_c$, γ_c – часть объема тела, приходящаяся на одну связь, $k_0 \geq 1$ – коэффициент неоднородности распределения внутренней энергии между связями в макрочастице тела.

В макрочастице твердого тела разрывы и восстановления связей происходят одновременно. Для безопасного уровня внутренней энергии $\hat{U} = \langle U_0 \rangle + U_0$, вероятность (2) разрыва связей и их восстановления в единицу времени одинаковы и равны:

$$\omega_0 = \tau_0^{-1} \exp[-(U_* - \gamma U_0)/kT] \quad (4)$$

$$U_0 = U_0[\tilde{S}(\tau, \mathbf{X}), T(\tau, \mathbf{X})], \quad 0 \leq \tau \leq t_0. \quad (5)$$

В этом случае общее число связей в макрочастице твердого тела остается неизменным и процесс накопления повреждений и разрушения не наблюдается. При условии, когда $U > U_0$, вероятность актов разрыва связей в единицу времени ω , определяемая по выражению (2), будет больше, чем вероятность их восстановления ω_0 (4). Тогда в результате необратимого разрыва связей происходит образование и накопление субмикроразрывов макрочастицы тела. Следовательно, вероятность необратимого процесса разрыва связей в единицу времени равна:

$$p(t, \mathbf{X}) = \omega - \omega_0 = B \left\{ \exp[\gamma(U - U_0)/kT] - 1 \right\}, \quad (6)$$

где $B = \tau_0^{-1} \exp[-(U_* - \gamma U_0)/kT]$.

Полученное выражение (6) содержит многочисленные частные случаи. В случае деформации термоупругих тел при условии $T = T_0 = \text{const}$ внутренняя энергия макрочастицы твердого тела является функцией тензора напряжений, и, следовательно, $p(t, \mathbf{X}) = p(\mathbf{X})$. Используя выражения (1), (4), (5) и (6), получаем:

$$P(\mathbf{X}) = (t - t_0) / [t^*(\mathbf{X}) - t_0], \quad (7)$$

$$p(\mathbf{X}) = [t^*(\mathbf{X}) - t_0]^{-1}, \quad (8)$$

$$t^*(\mathbf{X}) - t_0 = B^{-1} \left\{ \exp[\gamma(U - U_0)/kT_0] - 1 \right\}^{-1}, \quad (9)$$

$$B = \tau_0^{-1} \exp[-(U_* - \gamma U_0)/kT_0]. \quad (10)$$

где $U_0 = U_0[\tilde{S}_0(\mathbf{X}), T_0]$, $\tilde{S}_0(\mathbf{X})$ – тензор безопасных напряжений.

Удельная внутренняя энергия твердого [3] тела определяется по формуле

$$U = \frac{1+\nu}{2E} \sigma_{ij} \sigma_{ij} - \frac{\nu}{2E} \sigma_{kk}^2 + T \alpha \sigma_{kk}, \quad (11)$$

где T – температура; E – модуль упругости материала; α – коэффициент линейного теплового расширения материала; σ_{ij} – компоненты тензора напряжений; ν – коэффициент Пуассона.

Воспользуемся допущением о естественном состоянии твердого тела, в соответствие с которым при отсутствии внешних воздействий напряжения и деформации в твердом теле не возникают и, следовательно,

$$\exp \frac{\gamma U_0}{kT(t)} = 1.$$

Тогда наибольшее время разрушения макрочастицы твердого тела t^* будет стремиться к бесконечности при выполнении следующего условия

$$\frac{1+\nu}{2E} \sigma_{ij} \sigma_{ij} - \frac{\nu}{2E} \sigma_{kk}^2 + T \alpha \sigma_{kk} = 0. \quad (12)$$

Условие (12) будет выполняться, если первый инвариант напряженного состояния $\sigma_{kk} < 0$, что соответствует сжатию материала. Из полученного условия (12) в работах [4] и [5] было получено выражение для вычисления безопасных напряжений в термоупругих телах для случая двухосного сжатия ($\sigma_{11} = \sigma_{22} = \text{const} = -\sigma$):

$$\sigma_0^{(2)} = \frac{2E\alpha T}{1-\nu}. \quad (13)$$

Рассмотрим сферическую оболочку (рис. 1), нагруженную внешним гидростатическим давлением. Воспользуемся безмоментной теорией оболочек В.З. Власова [6]. Действие внешнего гидростатического давления p на замкнутую сферическую приводит к возникновению в ее нормальных и меридиональных сечениях сжимающих сил N_1 и N_2 . Эти усилия относятся к единице длины дуги контура соответствующего сечения и постоянны для любой точки сферы:

$$N_1 = N_2 = \frac{pR}{2}. \quad (14)$$

Рисунок 1. Сферическая оболочка

Следовательно, материал сферической оболочки работает в условиях двухосного сжатия. Приравнявая выражения (14) и (16), получаем формулу для вычисления безопасной величины внешнего гидростатического давления:

$$p_0 = \frac{4E\alpha T\delta}{(1-\nu)R}, \quad (17)$$

где δ – толщина оболочки, R – радиус кривизны срединной поверхности.

В работе [7] были приведены данные экспериментальных исследований прочности замкнутых сферических оболочек, изготовленных из стекла марки МКР-1. Оболочки собирались из двух полусферических блоков и стыковались с помощью эпоксидного клея-компаунда. Стекло марки МКР-1 имеет следующие физико-механические характеристики: коэффициент Пуассона $\nu = 0,22$; модуль упругости $E = 76$ ГПа; коэффициент линейного теплового расширения $\alpha = 4 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$. Радиус срединной поверхности оболочки $R = 94,5$ мм, толщина стенки $h = 11$ мм.

Температура $T = 293^\circ$ К. Используя выражение (17), вычислим величину безопасного гидростатического давления для сферических оболочек из стекла марки МКР-1

$$p_0 = \frac{4E\alpha T\delta}{(1-\nu)R} = \frac{4 \cdot 76 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 293 \cdot 11 \cdot 10^{-3}}{(1-0,22) \cdot 94,5 \cdot 10^{-3}} = 53,17 \text{ МПа.}$$

Составные стеклянные оболочки [7] подвергались следующим видам испытаний: кратковременному однократному гидростатическому давлению вплоть до разрушения; повторно-статическому нагружению и длительному нагружению при действии статической нагрузки.

При кратковременном нагружении разрушились 17 оболочек, которые отличались качеством изготовления, тщательностью подбора стеклоэлементов и точностью сборки. Результаты кратковременных испытаний свидетельствуют о значительном влиянии конструктивных и технологических факторов на прочность составных оболочек. Оболочки, разрушившиеся при внешнем давлении 59–90 МПа, имели максимальные несовершенства геометрии в виде радиальных смещений кромок в стыке и увеличенную толщину клеевого шва. Торцы стеклоэлементов остальных оболочек предварительно обрабатывались алмазным инструментом, что позволило значительно уменьшить толщину клеевого шва и существенно повысить их несущую способность (рис. 2).

Оболочки, предназначенные для повторно-статических испытаний [7], были разделены на две группы. Первая группа подвергалась повторно-статическим испытаниям при уровне максимального давления в цикле 59 МПа с длительностью цикла 17 минут. После 100 циклов нагружения испытываемые оболочки никаких видимых повреждений не получили. Затем эти оболочки подвергали повторному циклическому нагружению при давлении в цикле 98 МПа. Дополнительные испытания показали ограниченную работоспособность стеклянных оболочек в таких условиях нагружения (разрушение наблюдалось в 1–10 циклах).

Рисунок 2. Экспериментальные данные по исследованию прочности стеклянных сфер, нагруженных гидростатическим давлением

- оболочки, разрушившиеся при однократном нагружении, с дефектами геометрии и увеличенной толщиной клеевого шва;
- оболочки, разрушившиеся при однократном нагружении, с улучшенной геометрией и уменьшенной толщиной клеевого шва;
- оболочки, не разрушившиеся в результате повторно-статических испытаний;
- оболочки, не разрушившиеся при длительном действии статической нагрузки

Вторая группа оболочек подвергалась последовательному 1850-кратному повторно-статическому нагружению при максимальном давлении 78 МПа с последующим 100-кратным нагружением до 59 МПа. Эти оболочки получили незначительные повреждения в виде мелких сколов стекла и остались пригодными для дальнейших испытаний (рис. 2).

На следующем этапе эксперимента [7] определялось сопротивление разрушению составных оболочек при длительном действии статической нагрузки. Выдержка стеклянных оболочек под постоянным внешним давлением составляла 50 или 100 часов. Непрерывное однократное нагружение оболочки в течении 50 часов внешним гидростатическим давлением 98 МПа не привело к образованию каких-либо видимых локальных повреждений стеклоэлементов или изделия в целом (рис. 2). Нагружение составных стеклянных оболочек в течении 300 часов ступенчатым повышением внешнего давления 10, 20 и 29 МПа (по 100 часов каждым) также не вызвало никаких повреждений.

Результаты экспериментальных исследований [7] хорошо согласуются с полученной формулой для определения безопасного уровня внешнего гидростатического давления при нагружении сфер.

1. Dunaev I.M. Statistical Theory of Fracture of Structural Materials at Damage Accumulation. Proc. of Joint FEEG/ICF Int. Conf. on Fracture of Eng. Mat. & Structures. □ Elsevier Applied Science, 1991, pp. 832□837.
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1964, 567 с.
3. Дунаев И.М. Разрушение эластомеров. В кн. Механика эластомеров. Межвузовский сб. □ Краснодар, Краснодар. политехн. ин-т, 1981, С. 24□ 33.

4. Молдаванов С.Ю. Прогнозирование длительной прочности термоупругих тел при сжатии. Научные труды SWorld. 2013. Т. 3. № 2. С. 21-26.
5. Молдаванов С.Ю., Дунаев В.И. Вычисление предела длительной прочности неорганических стекол при сжатии. Политехнический вестник. 2013. № 1 □ 2. С. 13 □ 18.
6. Власов В.З. Избранные труды. Общая теория оболочек. Т. 1. □ М. : Издво АН СССР, 1962 . □ 528 стр.
7. Квитка А.Л., Дьячков И.И. Напряженное состояние и прочность оболочек из хрупких неметаллических материалов. □ Киев: Наукова думка, 1983, 284 с.

Мунин А.А., Бржозовский Б.М.

**Исследование инварных покрытий получаемых наплавкой
и их характеристики и свойства**

*СГТУ им.Гагарина Ю.А.
(Россия, Саратов)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-19

idsp: 000001:spc-12-02-2018-19

Аннотация

Статья посвящена инварных покрытий их характеристикам и свойствам, нанесение их а поверхность с помощью наплавки. Предлагаемая технология нанесения наплавочных покрытий исключает применение дополнительных операций. По результатам испытаний сделаны выводы об эффективности нанесения данного сплава.

Ключевые слова: Инварные покрытия, инвары, наплавка покрытий, свойства, испытания, эффективность.

Актуальность темы. В условиях истощения сырьевых ресурсов, экологических и социально-экономических затруднений особую значимость обретают ресурсосберегающие технологии, которые все чаще сопровождаются освоением методов наплавки.

В настоящее время проблема срока службы деталей машин и агрегатов, их долговечности и надежности приобрела весьма большое значение. Срок службы быстроизнашивающихся деталей определяет рентабельность многих дорогостоящих машин. Поставленная задача решается тем, что в способе восстановления наплавкой поверхностей деталей, включающем наплавку плавящимся электродом на поверхность восстанавливаемой детали, перемещаемой относительно электрода, с образованием наплавочной ванны, подачу в наплавочную ванну присадочной проволоки, согласно предлагаемому решению присадочную проволоку, выполненную из интерметаллидов в частности никеля и нихрома, подают под острым углом к направлению подачи плавящегося электрода перед или после него по направлению относительного перемещения детали и на расстоянии от него, обеспечивающем сохранение интерметаллидных элементов в наплавленном металле, при этом присадочную проволоку изолируют от тока.

В наплавочную ванну вводят одну или две дополнительные присадочные проволоки, которые располагают с противоположной стороны от первой присадочной проволоки относительно плавящегося электрода.

В наплавочную ванну вводят три дополнительные присадочные проволоки, одну из которых располагают со стороны первой, а две другие - с противоположной стороны относительно плавящегося электрода. При этом две присадочные проволоки, расположенные с одной стороны относительно плавящегося электрода, параллельны друг другу и расположены симметрично плоскости, параллельной вектору мгновенной скорости детали и перпендикулярной поверхности детали в точке контакта плавящегося электрода с поверхностью детали.

Наплавку осуществляют под слоем флюса.

Присадочную проволоку подают отдельным подающим механизмом, обеспечивающим стабильную скорость подводимой проволоки, а также имеющим возможность плавной ее регулировки. Присадочная проволока изолированная от тока не приводит к возникновению дугового разряда между ней и наплавочной ванной. Использование присадочных проволок из интерметаллидных материалов, позволяет получать заданные физико-механические свойства наплавленного металла (например, твердость, износостойкость, работоспособность и др.). За счет отбора тепла присадочной проволокой из сварочной ванны снижается склонность наплавленного слоя к образованию микротрещин. Повышение твердости и износостойкости швов достигается формированием инварных покрытий.

Также возможно применение многослойной наплавки с разной структурой и свойствами наплавленных слоев.

Способ осуществляется следующим образом.

Деталь цилиндрической формы закрепляют в приспособлении, установленном на вращателе, например шпинделе токарно-винторезного станка (не показан), который обеспечивает заданную скорость вращения детали $V_{дет}$. К поверхности детали через ролики подводят плавящийся электрод со скоростью $V_{осн}$. На плавящийся электрод и деталь через токоподвод подают напряжение, при этом между электродом и деталью зажигается дуга. На поверхности детали образуется ванна расплавленного металла. В наплавочную ванну через ролики перед и после плавящегося электрода по направлению вращения детали на расстоянии y и x соответственно подают две присадочные проволоки со скоростью $V_{пр}$, полностью изолированные от тока. Наплавку ведут под слоем флюса, который подают из бункера при помощи лотка. Переднюю присадочную проволоку подают под углом α относительно плавящегося электрода, а заднюю присадочную проволоку - под углом α_1 .

1. Виноградов А.Н. [и др.] Способ и устройство для восстановления наплавкой поверхностей тел вращения // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 45. – С. 49–54.
2. Ковтунов, А.И. Технология формирования износостойких покрытий / А.И. Ковтунов, Т.В. Чермашенцева, Д.А. Семистенов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – №7. – С. 12-14.
3. А.И. Захаров, Физики из прецизионных сплавов с конкретными тепловые свойства (Металлургия, Москва, 1986 г.), Всероссийский. 239 с.

Муравьев К.А.

Исследование химической неоднородности в наплавленном металле при сварке конструкционных сталей

*Филиал Тюменского индустриального университета
в г. Сургуте Сургутский институт нефти и газа
(Россия, Сургут)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-20

idsp: 000001:spc-12-02-2018-20

Основные положения. Для выявления причин и условий образования горячих и холодных трещин в сварных швах и зоне термического влияния необходим анализ формирования химической неоднородности наплавленного металла, в частности, вызванной влиянием наиболее опасного элемента — серы.

В настоящее время разработанные расчетные методы оценки степени развития химической неоднородности при ручной электродуговой сварке покрытыми электродами пригодны только для случаев контактирования двух чистых металлов или сплавов одного состава. Поэтому в последние годы делаются попытки полуколичественной оценки химической неоднородности сварного шва.

Известно [8], что подвижность большинства элементов замещения при переходе из жидкого состояния в твердое, резко падает (коэффициент диффузии на 3-5 порядков ниже), и длительность пребывания при повышенных температурах в реальном сварочном процессе недостаточна для реализации процессов развития химической неоднородности материала шва. В этом случае главную роль играет гетерогенная диффузия примесей элементов внедрения.

Характер распределения примеси при гетерогенной диффузии в зоне контакта твердой и жидкой фаз зависит от коэффициента распределения K , представляющего растворимость элементов в твердой и жидкой фазах, коэффициентов диффузии в этих фазах D_T и D_J , продолжительности процесса t и градиента концентрации примеси на границах сплавления. В этом случае задачу диффузии примеси в двух средах при частных граничных (предельных) условиях можно сформулировать следующими выражениями:

$$1. \quad \frac{dC_T}{dt} = D_T \frac{d^2 C}{dx^2}, x < 0;$$

$$\frac{dC_T}{dt} = D_T \frac{d^2 C}{dx^2}, x > 0;$$

$$2. \quad C_T = C_{T0} \text{ при } t=0 \text{ и } x < 0;$$

$$C_J = C_{J0} \text{ при } t=0 \text{ и } x > 0;$$

$$3. \quad D_T \left(\frac{dC_T}{dx} \right)_{x=0} = D_J \left(\frac{dC_J}{dx} \right)_{x=0},$$

на границах раздела при всех значениях t ;

$$4. \quad \int_{-\infty}^0 (C_{T0} - C_T) dx = \int_{-\infty}^0 (C_{J0} - C_J) dx;$$

$$5. \quad \frac{C_T}{C_J} = K \text{ в равновесном состоянии.}$$

В таком случае решения имеют следующий вид [9]:

$$C_T(x, t) = C_{T0} - \frac{C_{T0} - KC_{J0}}{K\sqrt{D_T/D_J} + 1} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_T t}} \right) \right] \text{ при } x < 0; \quad (1)$$

$$C_J(x, t) = C_{J0} - \frac{C_{T0} - KC_{J0}}{K + \sqrt{D_J/D_T}} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_J t}} \right) \right] \text{ при } x > 0; \quad (2)$$

где $C_T(x, t)$ и $C_J(x, t)$ — концентрация элементов примеси соответственно в твердой и жидкой фазах при $t > 0$ на различных расстояниях от границы, C_{T0} и C_{J0} — начальные концентрации примеси в твердой и жидкой фазах ($t = 0$). Так, при наплавке или сварке однородного материала $C_0 = C_{T0} = C_{J0}$

Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что если $K = 1$, то возрастает роль, градиента концентрации на границе сплавления $\Delta C_0 = C_{T0} - C_{J0}$:

$$C_T(x, t) = C_{T0} - \frac{\Delta C_0}{\sqrt{D_T/D_J} + 1} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_T t}} \right) \right] \text{ при } x < 0;$$

$$C_J(x, t) = C_{J0} - \frac{\Delta C_{T0}}{1 + \sqrt{D_J/D_T}} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_J t}} \right) \right] \text{ при } x > 0;$$

Если $D_T = D_J$ (отсутствие границы фаз, а температура в металле постоянная), тогда

$$C(x,t) = C_{T0} - \frac{\Delta C_0}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \text{ при } x < 0;$$

$$C_0(x,t) = C_{J0} - \frac{\Delta C_{T0}}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \text{ при } x > 0;$$

Следует отметить, что величина параметра D_T зависит от температуры, концентрации других элементов, структуры, природы примеси, напряженного состояния.

Экспериментами установлено [2], что

$$D_T = 1 \cdot (10^{-7} - 10^{-6}) \text{ см}^2/\text{с};$$

$$D_J = 1 \cdot (10^{-4} - 10^{-6}) \text{ см}^2/\text{с}.$$

Продолжительность контактирования двух фаз «твердый — жидкий металл» вполне определима. Коэффициент распределения ($K_0 = C_T/C_J$) в зависимости от легирующих элементов изменяется. При наличии интенсивного перемешивания величина $K \approx 1$.

Для большинства практических случаев неизвестны значения эффективного распределения K , D_T , D_J и длительность контактирования фаз. Поэтому исследователями при расчёте химической неоднородности для большинства случаев диффузии элементов замещения, величина K не учитывается.

В этом случае используют следующие выражения:

$$C_T = C_{T0} - \frac{\Delta C_0}{\sqrt{D_T/D_J} + 1} \cdot B; \quad (3)$$

$$C_J = C_{J0} - \frac{\Delta C_0}{\sqrt{D_J/D_T}} \cdot B; \quad (4)$$

где $\Delta C_0 = C_{T0} - C_{J0}$;

$$B = 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) = 1 - \Phi(U);$$

где $\Phi(U)$ - интеграл вероятности.

Из анализа приведенных выше уравнений следует, что если $K < 1$, то диффузия происходит из основного металла (твердого) в металл шва. Подавить диффузионные процессы можно в случае, когда длительность контактирования жидкой и твердой фаз приближается к времени оседлой жизни атома на границе раздела фаз (для атомов углерода около $1 \cdot 10^{11}$ с).

При $K > 1$ происходит диффузия из жидкого металла в твердый, в основном по границам зерен.

Таким образом, уравнения (1—4) для гетерогенной диффузии примесей неприменимы в случае контакта двух чистых разнородных металлов. Эти уравнения не учитывают наличия двухфазной области и изменения коэффициента D в зависимости от концентрации элементов. В то же время, эти уравнения позволяют определять влияние перераспределения легирующих элементов и образования новых фаз на возникновение кристаллизационных и подсолидных трещин.

Методика исследования химической ликвации серы в металле шва. Анализ дендритной ликвации серы производили с помощью сканирующего электронного микроскопа марки *JSM-35CF* фирмы «Джеол» (Япония), оснащенного приставкой для микрорентгеноспектрального анализа. Исследуемые швы

предварительно подвергали травлению на первичную структуру по методике, изложенной в работе [7].

На первом этапе по полученному на экране микроскопа изображению первичной структуры выбирали участки для анализа.

На рис. 1 и 2 соответственно показано схематически положение на шлифе анализируемого участка и его увеличенное изображение, получаемое на экране микроскопа.

Рис. 1. Положение на шлифе анализируемого участка

Рис. 2. Схематичное изображение участка, получаемого на экране микроскопа: 1 — междендритные границы, 2 — дендриты, 3 — участок сканирования

Результаты, полученные при оценке погрешности анализа микрораспределения серы, свидетельствуют о том, что она не превышает 5%.

Дендритную ликвацию элементов определяли, проведя 30-40 измерений интенсивности их характеристического рентгеновского излучения от дендритов и междендритных границ. При этом область сканирования микрозонда ограничивалась поперечными размерами границ и оставалась практически неизменной — 4x8 мкм. Время счета импульсов характеристического рентгеновского излучения на каждом участке сканирования составляло 40 с. На завершающем этапе измеряли фоновую интенсивность характеристического рентгеновского излучения элемента. Условия этих измерений отличались от предыдущих только тем, что перед их осуществлением смещали кристалл-анализатор от положения, соответствующего максимуму интенсивности характеристической линии. Полученные результаты обрабатывали с помощью следующих соотношений:

$$I_{Т.Д}^3 = I_{Т.Д.СР}^3 - I_{Ф.СР}^3,$$

где $I_{Т.Д}^3$ — интенсивность характеристического рентгеновского излучения элемента, соответствующая его средней концентрации в теле дендритов; $I_{Т.Д.СР}^3$ — зарегистрированное среднее значение интенсивности характеристического

рентгеновского излучения элемента от дендритов; $I_{\text{ф.ср}}^3$ — зарегистрированное среднее значение интенсивности фонового рентгеновского излучения элемента;

$$I_{\text{Г.д}}^3 = I_{\text{Г.д.ср}}^3 - I_{\text{ф.ср}}^3 ,$$

где $I_{\text{Г.д}}^3$ - интенсивность характеристического рентгеновского излучения элемента, соответствующая его средней концентрации на междендритных границах; $I_{\text{Г.д.ср}}^3$ — зарегистрированное среднее значение интенсивности характеристического рентгеновского излучения элемента от междендритных границ;

$$K_{\text{л}}^3 = I_{\text{Г.д}}^3 / I_{\text{ф.ср}}^3 ,$$

где $K_{\text{л}}^3$ - коэффициент ликвации элемента.

Необходимо отметить, что при определении коэффициентов ликвации серы не учитывались значения интенсивностей, зарегистрированные при совмещении участков сканирования микрозонда с неметаллическими включениями. Поэтому соблюдение постоянного положения анализируемого участка на исследуемых шлифах позволило при прочих равных условиях проследить влияние химического состава металла шва на уровень дендритной ликвации серы и исключить влияние других факторов.

Методика планирования экспериментов. Для исследования влияния химического элементного состава сварного шва на дендритную ликвацию серы (коэффициент ликвации K_s) использовали симплекс-решетчатое планирование эксперимента. Его достоинство состоит в необходимости минимального количества опытов и возможности последовательно уточнять аппроксимацию эксперимента математической моделью. Поэтому в данном случае факторное пространство представляет собой симплекс-правильный треугольник для трех факторов, в частности, состава металла. Эксперимент ставится на основе стандартных матриц-планов. При любом количестве компонентов составляется минимальный план — линейный, после реализации которого проверяют адекватность модели. Если она не адекватна, то наращивают количество опытов для модели следующего порядка — квадратной и т. д. Общий вид полиномиальных моделей следующий.

Линейная —

$$y = \sum_1^k b_i x_i ,$$

где $b_i = y_i$ — коэффициент регрессии.

Квадратная —

$$y = \sum_1^k b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j ,$$

где $b_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j$.

Специальная кубическая —

$$y = \sum_1^k b_i x_i + \sum_1^k b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ijk} x_i x_j x_k ,$$

где $b_{ijk} = 27y_{ijk} - 12(y_{ij} + y_{ik} + y_{jk}) + 3(y_i + y_j + y_k)$.

Кубическая —

$$y = \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ijk} x_i x_j x_k + \sum y_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) ,$$

где $\beta_{ij} = \frac{9}{4}(y_{ijk} + y_{ijj} - y_i - y_j)$,

$$b_{ijk} = 27y_{ijk} - \frac{27}{4}(y_{iij} + y_{ijj} + y_{ikk} + y_{jjk} + y_{iik} + y_{ikk}) + \frac{9}{2}(y_i + y_j + y_k),$$

$$y_{ij} = \frac{9}{4}(3y_{iij} + 3y_{ijj} - y_i - y_j).$$

После подсчета математической модели проверяется адекватность полученных результатов по выбранным точкам при помощи критерия Стьюдента

$$t = \frac{\Delta y \sqrt{m}}{S_{\text{оп}} \sqrt{1 + \xi}},$$

где $\Delta y = |y' - \bar{y}|$, $y' - \bar{y}$ - соответственно расчетное и среднее наблюдаемое значения отклика по m повторениям в рассматриваемой точке, $S_{\text{оп}}$ — ошибка опыта, вычисляемая по формуле

$$S_{\text{оп}} = \sqrt{\frac{\sum_1^{n_i} \sum_1^{m_i} (y' - \bar{y})^2 (m_i - 1)}{n_i \sum_1^m (m_i - 1)}}$$

(n_i - количество опытов с повторениями, ξ - составляющая дисперсии предсказанного значения).

Рассчитанную таким образом величину критерия Стьюдента для выбранной точки сравниваем с критическим значением $t_{\text{кр}}$ при степени свободы f (равна количеству опытов в матрице) и уровне значимости $\alpha=0,05$. Доверительный интервал для y определяем по формуле

$$|\Delta y| \leq \frac{S_{\text{оп}}}{\sqrt{m}} \sqrt{\xi} \cdot t_{\alpha} / 2m_1,$$

$$f=D,$$

где m_1 — число проверочных точек.

При использовании рассматриваемого метода для изучения системы «состав — свойство» допускается исследовать не всю область свойств в диапазоне изменения состава каждого компонента от 0 до 100%. В данном случае выбирается область, в которой на вершинах симплекса находятся не чистые компоненты, а их смеси (квазикомпоненты). Для новой системы применяем те же стандартные планы, что и для обычной, состав же точек в новом плане пересчитываем в соответствии с долей каждого комплексного компонента A , B и C .

При выборе интересующей нас части симплекса мы исходим из следующих предпосылок. Интервалы между минимальным максимальным содержанием каждого компонента должны быть одинаковы, активно задается процентный состав только $(k-1)$ -го компонента, а последующий получается из суммы всех компонентов, равной 100%. В этом случае состав квазикомпонентов на вершинах симплекса рассчитывается из суммы одного максимального и остальных минимальных значений компонентов:

$$A = \max X_1 + \min X_2 + \dots + \min X_k,$$

$$B = \min X_1 + \max X_2 + \dots + \min X_k,$$

$$C = \min X_1 + \max X_2 + \dots + \max X_k,$$

где $\max X_i$, $\min X_i$ - максимальное и минимальное содержание компонентов в интересующих нас интервалах (пределах).

Минимальное и максимальное содержание последнего компонента определяется из уравнений

$$\min X_k = 100 - \max X_1 - \sum_2^{k-1} \min X_i ,$$

$$\max X_k = 100 - \sum_1^{k-1} \min X_i .$$

Общий состав смеси компонентов рассчитывается согласно стандартной матрице для любого числа ингредиентов.

Результаты исследований удобнее интерпретировать в такой последовательности:

б) проанализировать коэффициенты регрессии полинома (математической модели),

б) дать графический анализ экспериментальных данных,

в) произвести канонический анализ уравнений,

г) сделать численный анализ уравнений.

При анализе полученных результатов необходимо учитывать следующее.

Величина коэффициентов регрессии при факторах соответствует вкладу каждого из последних в параметр оптимизации. Это позволяет произвести ранжировку степени влияния факторов на исследуемый процесс.

Знак плюс или минус при факторе обозначает, что с его движением параметр оптимизации соответственно увеличивается или уменьшается. Знаки при квадратичных членах полинома свидетельствуют о выпуклости или вогнутости кривой, а величина коэффициента регрессии — о радиусе величины.

Интерпретация знаков эффектов взаимодействия сложнее. Если эффект имеет знак плюс, то увеличению параметра оптимизации соответствуют значения обоих факторов на нижних или на верхних уровнях. Знаку минус отвечает произведение факторов на различных уровнях. Оценив фактор взаимодействия, можно получить сведения о механизме процесса, т.к. наличие эффекта свидетельствует об определенном взаимном влиянии факторов и их комбинированном воздействии на параметр оптимизации.

Графический анализ позволяет наглядно установить степень влияния каждого фактора на параметр оптимизации, интервал его применимости, а также наметить конкретные точки на кривых.

Цель канонического (упрощенного) анализа уравнения регрессии — нахождение координат оптимума и изучение поверхности отклика в его окрестностях.

Экстремумы функций можно определять с помощью известных численных методов.

Выбор и подготовка объекта исследования. Исследования дендритной ликвации серы выполняли применительно к сварным швам на низкоуглеродистых (сталь 10 и 20) и низколегированных (09Г2С и 17Г1С) сталях, широко используемых для изготовления трубного проката нефтегазового назначения. Различные концентрации элементов в сварных швах достигались за счет изменения состава основного и электродного металла.

Швы заданного химического состава получали комбинированием соответствующих пластин и электродов. Использовались пластины толщиной 10-14 мм и электроды диаметром 4 мм с коэффициентом массы покрытия $K_{м.п} = 45\%$. Для изготовления опытных электродов в качестве базового использовали покрытие электродов марки АНО-26 /4/, в шихте которых варьировали содержание ферромарганца (марка ФМн1.0А), ферросилиция (марка ФС-15гс) и графита в интервале 0—10% каждого. В качестве связующего использовали натриевое жидкое стекло в количестве 25% (сверх 100% к массе шихты) во всех вариантах электродов. В соответствии с требованиями плана эксперимента было изготовлено по 11 вариантов каждой системы. Содержание каждого компонента изменялось в пределах от 0 до 10%,

при этом суммарное содержание трех компонентов оставалось неизменным и составляло 10% (на графиках принято в условных долях за единицу). Наплавку осуществляли постоянным током обратной полярности от выпрямителя модели ВДУ-504. Режимы наплавки оставались неизменными и составляли: $I_{св} = 180$ А, $U_d = 22-23$ В, $v_{св} = 4,5$ мм/с

Выбор такого режима сварки опытными электродами с основным видом покрытия обусловлен тем, что для изменения в широких пределах состава шва необходимо существенно корректировать состав покрытия, что могло повлечь за собой изменение напряжения дуги, условий кристаллизации сварочной ванны и нарушение формирования металла шва. Так, при повышенной концентрации кремния в металле шва возможно образование пор и свищей. Использование в опытных покрытиях в качестве компенсирующей добавки железного порошка обеспечило стабильность условий эксперимента.

Из полученных швов вырезали шлифы, образец для спектрального анализа и отбирали пробы металла для химического анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам экспериментов были построены уравнения множественной регрессии пятого порядка (коэффициенты регрессии значимы на уровне $\alpha < 0,05$), которые использовались для построения линий равного уровня на тройной диаграмме. Адекватность полученных уравнений регрессии проверялась с помощью F - критерия Фишера на 5% уровне значимости. Значение коэффициентов корреляции $r = 0,97-0,99$, что свидетельствует о хорошем соответствии экспериментальных данных заданным уравнениям регрессии и возможности использования последних в качестве формальных расчетных значений.

Рис. 3. Взаимное влияние Si, Mn и C на ликвацию серы (KS) в наплавленном металле (в мол. долях)

На рис. 3 представлена тройная диаграмма системы *Mn-Si-C*, на которой нанесены линии изоликвации серы.

Согласно приведенным данным, при доперитектических концентрациях углерода в металле шва (менее 0,1%) дендритная ликвация серы незначительна. Это связано с кристаллизацией стали в форме δ -железа, предельная растворимость серы в котором достаточно высока (0,18%). Повышение концентрации углерода в кристаллизующемся металле (до 0,1%) сопровождается расширением температурного интервала кристаллизации и увеличением протяженности выступов на фронте кристаллизации. Указанные изменения способствуют более полному протеканию разделительной диффузии на границе раздела фаз и выравнивающей диффузии в расплаве между первичными кристаллитами (дендритами). Кроме того, углерод, увеличивая активность серы, снижает ее растворимость в твердом растворе. В совокупности перечисленные

факторы способствуют накоплению серы по границам первичных кристаллов, что и проявляется в повышении уровня ее ликвации.

В перитектическом диапазоне увеличение концентрации углерода в металле шва приводит к резкому повышению уровня ликвации серы. Особенно отчетливо это проявляется, начиная с концентрации углерода 0,15-0,16%. В этом случае, кроме уже перечисленных факторов, повышению уровня дендритной ликвации серы способствует перитектическое превращение, приводящее к образованию γ - железа. Как известно, предельная растворимость серы в γ - железе составляет 0,05%, т. е. в 3 раза меньше, чем в δ -железе. Чем выше в кристаллизующем металле концентрация углерода, тем выше доля γ - железа. Это обстоятельство способствует дальнейшему накоплению серы в расплаве на междендритных границах.

Повышение в металле шва содержания марганца способствует уменьшению дендритной ликвации серы, причем тем существеннее, чем больше в шве концентрация углерода. Положительное влияние марганца объясняется тем, что он, во-первых, являясь элементом аустенитизатором, способствует смещению перитектического превращения на равновесной диаграмме состояния $Fe-C$ в направлении более высоких концентраций углерода; во-вторых, вызывая измельчение структуры, способствует рассредоточению серы; в-третьих, уменьшает активность серы и повышает ее растворимость в твердом растворе; в-четвертых, имеет высокое сродство к сере, благодаря чему происходит связывание серы в неметаллических сульфидных включениях, сопровождающееся одновременным уменьшением ее концентрации в жидком металле.

Повышение в металле шва концентрации кремния усиливает дендритную ликвацию серы, причем это проявляется значительно при более высокой концентрации углерода в металле шва. Указанное влияние кремния можно объяснить следующими причинами. Кремний способствует смещению перитектического превращения на равновесной диаграмме состояния $Fe-C$ в область меньших концентраций углерода. Благодаря этому в процессе первичной кристаллизации растет доля α -железа. Одновременно кремний повышает активность серы, уменьшая ее растворимость в твердом растворе. Поскольку сродство кремния к кислороду выше, чем у железа и марганца, то он образует оксиды, которые в меньшей степени способны связать серу, чем окислы железа и марганца. Этому способствует также то обстоятельство, что кремний обладает меньшим сродством к сере, чем марганец и железо. В совокупности указанные факторы вызывают накопление серы в расплаве и приводят к повышению уровня дендритной ликвации.

Необходимо отметить, что обогащение серой расплава между дендритами, вызванное ее ликвацией, приводит к образованию сульфидных включений. Результаты исследований свидетельствуют о том, что увеличение дендритной ликвации серы способствует возрастанию количества сульфидных включений на границах между дендритами.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что для обеспечения минимального уровня дендритной ликвации серы в металле шва следует увеличивать в нем концентрацию марганца, уменьшать содержание углерода (менее 0,16-0,17%), кремния (до 0,10 - 0,20%) и серы. Учитывая результаты работ [5, 6] и данные собственных исследований, приходим к выводу, что концентрация марганца в шве должна быть ограничена 1,2-1,5%.

Рассмотрим возможные пути осуществления указанных рекомендаций. Как известно, при сварке электродами с покрытием основного вида раскисление-легирование металла шва осуществляется главным образом марганцем. В связи с этим, повышение его концентрации в шве достигается пропорциональным увеличением количества ферромарганца в электродном покрытии. Согласно данным [5, 6], повышение основности шлака или электродного покрытия способствует увеличению в шве концентрации марганца и одновременно снижает концентрацию кремния. Повышение

основности шлака (за счет увеличения в его составе содержания CaO и MgO) и увеличение в сварочной ванне концентрации марганца способствует также десульфурации металла шва [3]. Таким образом, повышение однородности микрораспределения серы в металле шва может быть достигнуто путем увеличения основности электродного покрытия (предпочтительно за счет использования карбонатов кальция и магния) и введения в его состав оптимального количества ферромарганца.

Выводы:

1. Методами электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа получены систематические количественные данные о дендритной ликвации серы в сварных швах на низкоуглеродистых и низколегированных сталях.

2. Увеличение в металле шва концентрации углерода и кремния вызывает повышение уровня дендритной ликвации серы, что объясняется развитием перитектического превращения, расширением температурного интервала кристаллизации стали, ростом активности серы и возможным смещением перитектического превращения в сторону меньших концентраций углерода. Особенно резко повышается уровень дендритной ликвации серы при содержании в шве углерода свыше 0,15-0,16%.

3. Легирование металла шва марганцем препятствует дендритной ликвации серы, что объясняется измельчением первичной структуры, снижением активности серы, а также смещением перитектического превращения в область больших концентраций углерода.

4. Для уменьшения дендритной ликвации серы и повышения трещиностойкости металла шва необходимо обеспечить в нем содержание углерода менее 0,16-0,17%, кремния 0,1-0,2% и марганца 1,0-1,2%.

1. Касаткин Б. С., Россошинский А. А. Влияние легирующих элементов на развитие химической неоднородности сварных швов // Автоматическая сварка.— 1956.— № 6.— С. 104-108.
2. Макаренко В. Д., Грачев С. И., Прохоров Н. Н. и др. Сварка и коррозия нефтегазопроводов Западной Сибири // Под ред. В. Д. Макаренко.— Киев: Наукова думка, 1996.— 549 с.
3. Подгаецкий В. В. Поры, включения и трещины в сварных швах.— Киев: Техника, 1972.— 236 с.
4. Позняк Л. А. Исследование влияния марганца на развитие ликвации серы в сварных швах углеродистых сталей // Автоматическая сварка.— 1958.— № 1.— С. 80-86.
5. Походня И. К., Коляда Г. Е., Явдошин И. Р. и др. Прогнозирование химического состава металла, наплавленного электродами с рутиловым и ильменитовым покрытиями // Автоматическая сварка.— 1976.— № 7.— С. 1—4.
6. Походня И. К., Явдошин И. Р. Кремневосстановительный процесс при сварке электродами с рутиловым покрытием // Автоматическая сварка.— 1971.— № 10.— С. 21-23.
7. Россошинский А. А. Металлография сварных швов.— М.: Машгиз, 1961.— 207 с.
8. Фаст Дж. Д. Взаимодействие металлов с газами. / Т. 2.: Кинетика и механизм реакций.— М.: Металлургия, 1975.— 352 с.
9. Шоршоров М. Х., Ерохин А. А., Чернышева Т. А. Горячие трещины при сварке жаропрочных сплавов.— М.: Машиностроение, 1973.— 258 с.

Николаенко А.С.

Обоснование базовой конструкции исполнительного магнитоэлектрического сенсора

Балаковский Инженерно-Технологический Институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Россия, Балаково)

doi:10.18411/spc-12-02-2018-21

idsp: 000001:spc-12-02-2018-21

Постановка задачи. Разработка базовой конструкции МЖС. Принцип действия данного прибора.

Магнитожидкостный сенсор, магнитная жидкость, оболочка.

Из проведенного литературного анализа можно сделать вывод, что МЖ сенсоры являются одним из основных компонентов электрогидравлических усилителей - преобразователей, и предназначены для управления усилителями.

Сенсор преобразует выходное напряжение или ток электронных, магнитных и иных усилителей в механическое перемещение или усилие.

Однако при разработке МЖС для формирования гидравлических импульсов эти требования становятся еще выше.

Определив техническую задачу на разработку получим следующие требования:

- МЖС должен занимать как можно меньший объем;
- взаимодействие МЖ сенсора с управляющей электромагнитной оболочкой не должно быть контактным;
- магнитная жидкость для сенсора должна обладать максимальной намагниченностью $104 \div 105$ А/м;
- изменение вязкостных свойств рабочей жидкости, не должно влиять на работу МЖС;
- упругая оболочка МЖ сенсора должна обладать адгезионной стойкостью и к магнитной жидкости.

МЖС нечувствителен к полярности управляющего напряжения. Возвратное перемещение МЖС в стационарном режиме обусловлено упругими свойствами оболочки. В противном случае возвратное перемещение МЖС необходимо организовывать за счет реверсивных свойств привода.

Разрабатываемый МЖС для формирования гидравлических импульсов является составным элементом насоса, выполняющего перекачивание рабочей жидкости. Ниже представлена одна из возможных конструкции МЖС.

1 – трубка; 2 - корпус трубки; 3 - стержень; 4 - оболочка магнитожидкостного сенсора; 5 - магнитная жидкость; 6 - крепление оболочки (клеякая лента)

Рисунок 1 - Магнитожидкостный сенсор в стационарном состоянии

1-трубка; 2-корпус трубки; 3-стержень; 4-оболочка магнитожидкостного сенсора; 5- магнитная жидкость

Рисунок 2- Поперечный вид сенсора, в стационарном состоянии

Принцип действия данного прибора основывается на свойствах магнитной жидкости. Рабочая жидкость поступает в трубку 1, заполняя ее внутренний объем

После того как объем заполнен, к МЖС подводится постоянный магнит, создавая при этом магнитное поле.

Вследствие взаимодействия магнитного поля с магнитной жидкостью, сенсор начинает растягиваться, заполняя предоставленный ему объем Ограничителем в данной ситуации является стенки трубки.

Из-за эластичности оболочки сенсор принимает ту же форму что и трубка, тем самым перекрывая возможность жидкости просачиваться.

С помощью электрического привода постоянный магнит приводится в движение, вдоль трубки. В результате этого оболочка с наполненной магнитной жидкостью, под действием магнитного поля начинает двигаться за магнитом, тем самым вытесняя рабочую жидкость, то есть, выполняет роль поршня. По завершении процесса сенсор возвращается в стационарное состояние, за счет упругих свойств оболочки, удерживаемый лишь стержнем 3 и креплениями оболочки 6.

В данном приборе возможно использование вместо постоянно магнита, несколько катушек, расположенных на внешних стенках трубки.

Это дает возможность регулировки силы магнитного поля, а так же несколько упрощает конструкцию, так как дает возможность отбросить постоянный магнит, а так же элементы привода, необходимые для его передвижения.

1. Д.В.Орлов. Магнитные жидкости в машиностроении. М.: Машиностроение, 1993.- 272 с.
2. Ю.В. Николаенко, А.В.Власов. Векторно-энергетический анализ формователей гидравлических импульсов для систем кровообращения. Вестник БИБиУ, 2009, № 1(2), с.84-88.

Пузаков А.В.

Исследование эксплуатационной надёжности автомобильных стартеров

*Оренбургский государственный университет
(Россия, Оренбург)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-22

idsp: 000001:spc-12-02-2018-22

Аннотация

Техническая эксплуатация легковых автомобилей не предусматривает проведение регламентных операций по диагностированию электрооборудования автомобилей, что приводит к внезапным отказам, а, следовательно, к сходу автомобилей с линии и экономическому ущербу. В статье рассмотрены причины, проявления и последствия неисправностей электростартеров автомобилей ВАЗ. Приведён результат исследования эксплуатационной надёжности стартеров, наработка на отказ которых составила 119,5 тыс. км пробега. Предложено диагностировать техническое состояние стартера при достижении 105 тыс. км пробега с начала эксплуатации.

Ключевые слова: автомобильный стартер, наработка на отказ, эксплуатационная надёжность

Автомобиль, как сложная система взаимодействующих элементов, агрегатов и механизмов, обеспечивает своё функционирование благодаря заложенной надёжности и ремонтпригодности, с одной стороны, и совершенствованию методов технического воздействия на автотранспортные средства, с другой стороны.

Несмотря на высокую надёжность техническое состояние агрегатов, систем, узлов и деталей автотранспортных средств в условиях эксплуатации изменяется, и периодически наступают отказы.

Основная доля отказов автомобилей ВАЗ, приходится на двигатель внутреннего сгорания (23%) и электрическое и электронное оборудование (32%).

Существенная доля отказов электрооборудования объясняется постоянно расширяющейся номенклатурой изделий, повышением их технической сложности и согласуется с данными других исследователей [1, 2, 3]. На элементы электрооборудования приходится от 17% до 25% всех отказов, причём на их устранение приходится до 30% затрат времени.

Руководства по эксплуатации и техническому обслуживанию современных автомобилей не предусматривают операций диагностирования элементов электрооборудования. Это приводит к внезапным отказам агрегатов электрического оборудования, а, следовательно, к сходу автомобилей с линии и экономическому ущербу.

К деталям электрооборудования с наименьшей вероятностью безотказной работы, согласно [4] можно отнести датчики, электроусилитель, руля, стартеры, генераторы, реле, переключатели и т.п.

Автомобильный стартер, служащий для сообщения двигателю внутреннего сгорания начальной частоты вращения, является довольно надёжным устройством, срок службы которого сопоставим со сроком службы автомобиля. Однако, в процессе эксплуатации в работе стартеров рано или поздно возникают неисправности, нередко приводящие к их отказам. Отказ автомобильных стартеров автоматически приводит к невозможности тронуться с места, что при неблагоприятном стечении обстоятельств (например, неожиданной остановке автомобиля на оживлённом перекрёстке или железнодорожном переезде) может создать риск возникновения ДТП. Следовательно, возникает необходимость своевременного определения технического состояния автомобильных стартеров без снятия с автомобиля.

На рисунке 1 приведён анализ причин, вызывающих появление неисправностей автомобильных стартеров [5, 6]. Причинами неисправностей автомобильных стартеров являются окисление выводов и наконечников проводов, разряженность АКБ, повреждение зубьев маховика, ослабление и неправильная установка стартера, неисправность выключателя зажигания, а также низкое качество комплектующих, нарушение правил эксплуатации, попадание воды, грязи и т.д.

Последствиями этих причин являются обрывы и замыкания обмоток, пробуксовка обгонной муфты, закоксовывание механизма привода стартера, износ втулок подшипников и щёток, поломка буферной пружины и встроенного редуктора, повреждение зубьев шестерни, неисправности тягового реле и другие. Проявляются вышеперечисленные неисправности в виде невозможности включения стартерного электродвигателя или тягового реле, не отключения стартера после запуска, а также повышенном нагреве и шуме при работе.

Время исправного состояния стартеров автомобилей ВАЗ представляет собой случайную величину. В результате наблюдения было получено 31 значение времени исправного состояния автомобильных стартеров в тыс. км пробега.

Найдём оценку математического ожидания [7] с помощью формулы

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

$$\bar{X} = 78,2 \text{ тыс. км}$$

Оценку дисперсии можно найти с помощью формулы

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

$$S^2 = 2318,48$$

Рисунок 1 – Неисправности автомобильных стартеров, причины и проявления

Среднее квадратическое отклонение определим, как корень квадратный из дисперсии

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{2,02} = 48,15$$

Построим гистограмму и график интегральной функции распределения (рисунок 2).

Принимаем число интервалов, рассчитанное по формуле Стенжера $k=7$, ширина интервала $\Delta x = X_{\max} - X_{\min} / 7 = 180,0 - 7,7 / 7 = 24,6$.

$$k \leq 1 + 3,31 \lg n, \quad (4)$$

где n – объем выборки.

$$k \leq 1 + 3,31 \lg 31 = 1 + 5,96 = 5,93$$

С помощью критерия Пирсона определим соответствие данных нормальному закону.

Определим значения функции плотности распределения вероятностей на каждом интервале по теоретическому уравнению. Теоретическое уравнение для нормального закона имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(X_i - \bar{X})^2}{2S^2} \right].$$

Расчёты удобно проводить с помощью таблицы 1.

$$\bar{X}_j = x_{\min} + \Delta x(j + 0,5), \quad (5)$$

где $x_{\min}$ – наименьшее значение из данных наблюдений; Δx – величина интервала; j – номер интервала ($j = 0, 1, 2, \dots k-1$); k – количество интервалов группирования.

В случае, когда значения параметров распределения определены, эмпирические частоты попадания исходных данных в интервал m_j сопоставляются с частотами, вычисленными по теоретическому уравнению плотности распределения вероятностей m'_j , вычисляемые по формуле

$$m_j = n \cdot f_j, \quad (6)$$

где n – объем выборки; f_j – плотность распределения вероятностей, вычисленная по теоретическому уравнению плотности распределения принятого закона для середины каждого интервала.

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^r \frac{(m_j - m'_j)^2}{m'_j}; \quad (7)$$

где k – число степеней свободы.

У нормального закона распределения два параметра ($n = 2$), значит число наложенных связей $s = 3$, число степеней свободы $k = 3$.

Таблица 1

Расчёт значения χ^2

Номер интервала j	Середина интервала X_j	Теоретическое значение функции плотности распределения вероятности $f(X_j)$	Теоретическая частота m'_j	Опытная частота m_j	χ^2
1	12,5	0,00326	0,101	4	0,974
2	37,5	0,00579	0,180	6	0,97
3	62,5	0,00786	0,244	6	0,96
4	87,5	0,00813	0,252	5	0,95
5	112,5	0,00643	0,199	4	0,95
6	137,5	0,00388	0,120	3	0,96
7	162,5	0,00178	0,055	2	0,97
8	187,5	0,00063	0,019	1	0,98
					7,71

Если $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$ – нет оснований отвергнуть гипотезу о нормальном распределении генеральной совокупности. Другими словами, эмпирические и теоретические частоты различаются незначительно (случайно).

По таблице критических точек распределения χ^2 , по уровню значимости $\alpha = 0,05$ и числу степеней свободы $k = 3$ находим критическую точку правосторонней критической области.

Гипотеза о принадлежности опытных данных нормальному закону не отвергается, поскольку $\chi^2_{\text{набл}} = 7,71 < \chi^2_{\text{кр}}(0,05; 6) = 7,8$

Наработка неисправных автомобильных стартеров также представляет собой случайную величину. В результате наблюдения были получены 10 значений наработки: 68,478,6 94,0101,3 105,7119,0 128,0140,0 169,4 190,5 тыс. км.

Текущая вероятность безотказной работы p_T [8]

$$p_T = 1 - n/N_H, \quad (8)$$

где $n = N_H - N_K$ – число машин, имеющих отказы стартеров в заданном интервале наработки, ед.; N_H – число машин контрольной группы, ед.; N_K – число машин, не имеющих отказов стартеров в заданном интервале наработки, ед.

Вероятность отказов и безотказной работы, рассчитанная по результатам диагностирования автомобильных стартеров представлена на рисунке 3.

Рисунок 2 – Гистограмма распределения наработки исправны и неисправных стартеров автомобилей ВАЗ

Наработка на отказ автомобильных стартеров составит

$$L_0 = \sum_{i=1}^n L_i / \sum_{i=1}^n r_i, \quad (9)$$

где L_i – наработка на отказ i – того стартера, тыс. км; r_i – суммарное число отказов стартеров.

Наработка на отказ согласно выражению (9) составила 119,5 тыс. км. пробега. Корректируя полученное значение с установленной периодичностью технического обслуживания (для автомобилей ВАЗ она составляет $L_{TO} = 15$ тыс. км), окончательно получаем, что диагностирование автомобильных стартеров следует проводить через $L_0^1 = 105$ тыс. км после начала эксплуатации.

Рисунок 3 – Изменение вероятности отказа и безотказной работы автомобильных стартеров с увеличением наработки

1. Денисов, Ил.В. Надёжность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации / Ил.В. Денисов, А.А. Смирнов // Автомобильная промышленность, 2015. – №11. – С. 1-4.

2. Заятров, А.В. Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования легкового автомобиля: автореф. дис. ... канд. техн. наук /А.В. Заятров. – Самара, 2013. – 16 с.
3. Сидорин, Е.С. Совершенствование организации технического обслуживания элементов системы электрооборудования легковых автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.С. Сидорин. – Оренбург, 2015. – 148 с.
4. Козловский, В.Н. Обеспечение качества и надёжности системы электрооборудования автомобилей: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук /В.Н. Козловский. – Тольятти, 2010. – 41 с.
5. Пузаков, А.В. Разработка метода диагностирования автомобильных стартеров / А.В. Пузаков, А.Д. Киданов/ Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: сборник статей. Вып. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 99-105
6. Пузаков, А.В. Разработка метода диагностирования автомобильных стартеров / А.В. Пузаков, А.Д. Киданов/ Перспективные направления автотранспортного комплекса: сборник статей IX Международной научно-производственной конференции. /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. –С. 44-49
7. Пузаков, А.В. Исследование эксплуатационной надёжности автомобильных генераторных установок /А.В. Пузаков // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей VIII Международной научно-производственной конференции / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 87-91.
8. Харазов, А.М. Методы оптимизации в технической диагностике машин / А.М. Харазов, С.Ф. Цвид. – М.: Машиностроение, 1983. – 132 с.

Уласень А.Ф., Уласень А.А.
Обеспечение надёжности радиоэлектронной аппаратуры
сложных технических систем

*Военная академия ВПВО ВС РФ
(Россия, Смоленск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-23

ids: 000001:spc-12-02-2018-23

Вопросам надёжности функционирования сложных технических систем в общем и информационно-управляющих систем изделий специального назначения в частности в настоящее время уделяется большое внимание, поскольку обеспечение заданной надёжности таких систем на всех этапах их жизненного цикла – одна из важнейших существующих проблем[1]. Причем обеспечение надёжности должно осуществляться с одновременным учетом достоверности выдаваемой информации, учетом структуры, возникающих отказов и ограниченным числом компонентов ЗИП.

Проблема повышения надёжности технических устройств должна решаться в первую очередь на основе разработки высоконадёжных компонентов этих устройств. В свою очередь, разработка и проектирование современной радиоэлектронной аппаратуры и сложных систем специального назначения невозможны без проведения анализа и прогнозирования их надёжности на ранних этапах. Целями анализа являются оптимальное распределение надёжности между составными частями аппаратуры или системы, выбор структуры, обеспечивающей наибольшие значения показателей надёжности, определение необходимой степени избыточности, оптимальный выбор начальных значений параметров компонентов аппаратуры и др. Прогнозирование надёжности является, по существу, конечным этапом анализа, на котором проводится теоретическая оценка количественных показателей надёжности окончательно выбранного варианта аппаратуры или системы [2].

Потенциальная надёжность, закладываемая в процессе разработки технического устройства, может быть реализована на практике при надлежащих условиях эксплуатации. В этой связи исследуются три группы задач: анализ взаимодействия человека-оператора с техническим устройством, задачи профилактического обслуживания устройств и задачи, связанные с обеспечением ремонтной пригодности устройств.

Первый круг задач, посвященный взаимодействию человека-оператора с техническим устройством, выделился в самостоятельное научное направление. Основная проблематика этого направления заключается в разработке методов рационального проектирования пультов и органов управления технических устройств, а также в разработке методов обеспечения и оценки надежности работы системы «человек – машина».

Профилактическое обслуживание технических устройств выдвигает для решения целый ряд оптимальных задач. С одной стороны, своевременное проведение профилактических осмотров и работ предотвращает появление отказов, а с другой – связано с простоями оборудования, внесением дополнительной ненадежности из-за небрежного проведения работ, отказом от более предпочтительного непрерывного режима работы. Решение этих оптимальных задач позволяет установить оптимальную периодичность профилактических работ, их глубину и продолжительность.

Обеспечение ремонтпригодности технических устройств связано с решением следующих задач. Во-первых, разработка методов конструирования аппаратуры, обеспечивающих минимальные затраты времени на ремонт либо замену отказавшего элемента. Сюда же относится разработка методов рационального поиска места неисправности и проверки работоспособности аппаратуры [3]. Решением этих задач занимается техническая диагностика. Во-вторых, разработка методов обеспечения запасными элементами и организации систем обслуживания.

Одним из методов существенного повышения надежности при проектировании сложных технических систем в общем и информационных систем изделий специального назначения в частности является их резервирование, под которым понимается обеспечение надежности объекта за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций.

Работоспособность систем без резервирования требует работоспособности всех элементов системы. В сложных технических устройствах, к которым и относятся вычислительные системы реального времени изделий специального назначения, без резервирования в большинстве случаев не удастся достичь высокой надежности даже, если использовать элементы с высокими показателями безотказности (вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов, параметр потока отказов и др.).

В свою очередь, в системах с резервированием работоспособность обеспечивается до тех пор, пока для замены отказавших основных элементов имеются в наличии резервные, при этом по характеру реакции на появление отказа различают пассивное и активное резервирование.

При пассивном резервировании системы отказ одного или даже нескольких элементов не влияет на ее работу. Элементы объединены в систему жестко, изменения структуры системы не осуществляются.

При активном резервировании после отказа структура системы перестраивается, то есть система активно реагирует на возникновение отказа, при этом осуществляется замена отказавшего элемента, функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного.

Оба метода резервирования могут быть реализованы путем использования различных видов резервных схем, которые применяются в зависимости от необходимости резервирования. При этом резервироваться может система в целом (общее резервирование), отдельные элементы или группы элементов системы (раздельное резервирование). Может использоваться несколько независимых систем, выполняющих одну и ту же задачу и работающих автономно (автономное резервирование). Элементы системы могут заменяться элементарными резервными схемами в виде готовых блоков или ячеек (одионое резервирование). В системах,

состоящих из нескольких элементов, может использоваться наибольшее число резервных элементов, каждый из которых может заменить любой из основных элементов в случае его отказа (скользящее резервирование)[4].

В целом реализация методов резервирования с использованием различных видов резервных схем, а также дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым, а также прогнозирование, решение и учет возможного круга задач, связанных с обеспечением потенциальной надежности радиоэлектронной аппаратуры сложных технических систем в общем и информационных систем изделий специального назначения в частности позволит обеспечить оптимальное распределение надежности между составными частями аппаратуры или системы, выбор оптимальной структуры, обеспечивающей наибольшие значения показателей надежности в целях выполнения изделиями возложенных на них функций.

1. Труханов В.М. Новый подход к обеспечению надежности сложных систем. М.: Издательский дом «Спектр», 2010. – 247 с.
2. Круглов В.И. и др. Теоретические основы надежности и экспериментальная отработка сложных технических систем при испытаниях. М.: Логос, 2003. – 304 с.
3. Уласень, А. Ф. Обеспечение требуемой надежности функционирования сложных технических систем военного назначения / А. Ф. Уласень // Сб. материалов I международной научно-практической конф. «Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований». – Новосибирск: НГТУ, 2012. – С. 142–144.
4. Теоретические основы обеспечения надёжности супер-ЭВМ перспективных образцов вооружения войск ПВО СВ : моногр. / А. Ф. Уласень А. В. Морозов. – Смоленск : ВА ВПВО ВС РФ, 2013. – 197 с.

Федоров Ю.Ю., Васильев С.В., Саввина А.В.

Испытание стеклопластиковой траверсы опоры ЛЭП в условиях холодного климата

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

doi:10.18411/spc-12-02-2018-24

idsp: 000001:spc-12-02-2018-24

Ограниченность исследований по поведению полимерных волокнистых композитов в изделиях, предназначенных к эксплуатации в различных климатических зонах, существенно ограничивает возможности их широкого применения, особенно в условиях холодного климата.

В продолжение исследований [1] в данной работе представлены результаты оценки эксплуатационной стойкости материала пултрузионного стеклопластика в составе изделия, полученные на базе годовых натурных испытаний в условиях прямого воздействия факторов холодного климата.

Исследование изменения показателей свойств материала проводили на стандартных, для соответствующего метода испытания, образцах которые были изготовлены из конструкционных элементов – двух типов профильных изделий, подвергнутых различным видам климатического воздействия и механических нагрузок. Пултрузионный стеклопластик – профиль, состоит из стекломатериала (ровинг и мат) – 65%; полиэфирной смолы с катализаторами, наполнителем, диспергаторами, внутренним разделительным агентом – 35%, плотность составляет 2кг/м³.

Стеклопластиковая траверса опытной комбинированной конструкции опоры линии электропередачи на 35кВ, установленная на испытательном полигоне ОАО АК «Якутскэнерго». Траверса состоит из двух пултрузионных стеклопластиковых профилей в виде швеллера размером 140х70х17мм, объединенных в единую конструкцию, закрепленную на деревянных стойках опоры ЛЭП посредством

соответствующих металлических модулей. Экспериментальная нагрузка составляла по 200кг на каждую точку подвеса. На рис.1 приведены фотографии комбинированной опоры, где отмечены участки траверсы, выбранные для вырезки образцов для испытаний по ASTM D790.

Рис.1. Опоры ЛЭП 35кВ с опытной стеклопластиковой траверсой.

Результаты испытаний показатели прочности (σ/σ_0) при $T=20$ и -60°C , по сравнению с исходными показателями, представлены на рис.2.

Рис.2. Относительные изменения показателя предела прочности исходных и экспонированных образцов – свидетелей материала траверсы.

Результаты испытаний, позволяют сделать вывод о возможности применения полимерных композиционных материалов для сооружения опор ЛЭП в условиях холодного климата. Исследования продолжаются.

1. Федоров Ю.Ю., Васильев С.В. Исследование пултрузионных профилей из полиэфирного стеклопластика в условиях холодного климата// Сборник материалов II международной научно-практической конференции «Роль технических наук в развитии общества» - Кемерово, 2017 – С. 98-100.

Федоров Ю.Ю., Родионов А.К.

Влияние длительного нагружения материала полиэтиленовых труб на смещение скорости неустойчивого разрушения

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

doi:10.18411/spc-12-02-2018-25

idsp: 000001:spc-12-02-2018-25

В соответствии с требованиями правил безопасности в газовом хозяйстве определение технического состояния газопроводов, проложенных в вечномёрзлых грунтах на участках их оттаивания, при проявлении в процессе эксплуатации вспучивания и искривление трубопровода более чем нормативного, неоднократные продольные и поперечные перемещения должно осуществляться до достижения нормативного срока службы.

В связи с этим, очевидна актуальность проблемы разработки и обоснования оценки остаточного ресурса полиэтиленовых газопроводов проложенных в грунтах II типа. Задача сводилась к установлению связи остаточного ресурса с результатами кратковременных испытаний на прочность трубных марок полиэтиленов.

Ускоренное моделирование длительной эксплуатационного воздействия проводилось на основе принципа температурно-временного анализа (ТВА), длительным нагружением при повышенной температуре.

Из проведенных экспериментов установлено, что длительная прочность ПЭ63 на растяжение при температуре $+80^{\circ}\text{C}$ и нагрузке 3,7 МПа равна 1000 ч.

Образцы из трубы ПЭ63 SDR17,6 $\varnothing 110$ мм в форме полосок, подвергались длительному растяжению 3,7 МПа при температуре $+80^{\circ}\text{C}$ в течении 600 ч, что соответствует 60% от длительной прочности. Исходные и экспонированные образцы с нанесенным односторонним надрезом испытывались на растяжение при температуре -15°C и при скоростях нагружения 50÷300 мм/мин. На рис.1 приведены фотографии поверхностей изломов и диаграммы нагружения образцов труб ПЭ63, испытанных при скоростях 50÷200 мм/мин, и температуре $T = -15^{\circ}\text{C}$. Из которых следует что переход к неустойчивому разрушению для экспонированных образцов находится в диапазоне скоростей испытаний 100÷150 мм/мин, тогда как для исходных образцов он лежит в диапазоне 150÷200 мм/мин.

Таким образом, истощение 60% ресурса привело к уменьшению скорости неустойчивого разрушения на 50 мм/мин. Результаты могут быть применены при разработке методик оценки остаточного ресурса полиэтиленового газопровода.

Висп. мм/мин	Исходные	УКИ 600 ч.
50
100
150
200

Федоров Ю.Ю., Саввина А.В., Васильев С.В.
Способ оценки стойкости полиэтиленов к быстрой трещине

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

doi:10.18411/spc-12-02-2018-26

ids: 000001:spc-12-02-2018-26

Полиэтилен может становиться хрупким при неблагоприятном сочетании таких факторов, как высокие скорости деформации, низкие температуры, возникновение объемных равновесных напряжений, препятствующих развитию одноосной деформации [1].

В данной работе была рассмотрена и апробирована методика определения температур, при которых возможно распространение быстрых трещин в полиэтиленах. Суть способа сводится к испытаниям на растяжение модельных образцов различных марок полиэтиленов с хрупкими поверхностными слоями. Особенность методики – быстрая трещина инициируется и распространяется из нанесенного хрупкого слоя.

Полиэтилен марки ПЭ80 охрупчивают путем наполнения его дисперсными частицами каменноугольного кокса марки КЛ-1, в соотношении 50 - 60% от массы полиэтилена. Частицы кокса размерами 10 мкм и гранулы полиэтилена смешивают в миксере при температуре 1800С, из полученной смеси, методом экструзии, изготавливается пластина толщиной 2-3 мм. Затем поверхности пластин из испытываемой марки полиэтилена и полученного охрупченного слоя полиэтилена активируют электронагревательным прибором и прижимают друг к другу. При этом адгезионная прочность соединения, достигается за счет совместимости материалов, так как полиэтилены относятся к трудносклеиваемым полимерам.

Модельные образцы изготовлены в соответствии с ГОСТ 11262-80 (тип 5), из ПЭ труб диаметром 63мм SDR11. Общая длина образца 80мм. Температура испытаний: +50С, 00С, -50С, -100С, -150С, -200С, при скорости 50мм/мин. На рис.1. представлены результаты по оценке допустимой нижней температурной границы эксплуатации материала марки ПЭ100. Предлагаемый способ испытаний выявил температуру вязко-хрупкого перехода $-20^{\circ}\text{C} < T_{\text{хр}} < -15^{\circ}\text{C}$.

Рис. 1 Фотографии поверхностей разрушения и диаграммы деформирования модельных образцов полиэтилена марки ПЭ100 с хрупким слоем, при растяжении: а) -200°C – хрупкое разрушение; б) -150°C – хрупко-вязкое разрушение; в) -150°C – вязкое разрушение.

Таким образом, нами предложен метод определения допустимых величин нижней температурной границы эксплуатации материала марки ПЭ100, основанный на определении температуры хрупко-вязкого перехода в испытаниях на растяжение

образцов с предварительно нанесенным хрупким поверхностным слоем. Испытания проводятся на стандартном оборудовании с применением стандартной схемы – растяжения образцов-лопаток.

*Работа выполнена в рамках Госзаказа ФАНО РФ
(проект № АААА-А17-117040710038-8 от 07.04.2017 г.)*

1. Гвоздев И.В. Феномен быстрого распространения трещины при опрессовке ПЭ труб большого диаметра // Полимерные трубы. – № 4. – 2004 – С. 25–27.

Федоров Ю. Ю., Васильев С.В., Саввина А.В.
Климатическая стойкость нагруженного стеклопластика
в условиях холодного климата

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

doi:10.18411/spc-12-02-2018-27

idsp: 000001:spc-12-02-2018-27

В данной работе представлены результаты оценки климатической стойкости образцов пултрузионных изделий из стеклопластика, полученные на базе натурных испытаний в условиях прямого воздействия факторов холодного климата. Образцы вырезаны из пултрузионного профиля и состоит из стекломатериала (ровинг и мат) – 65%; полиэфирной смолы с катализаторами, наполнителем, диспергаторами, внутренним разделительным агентом – 35%, плотность составляет 2кг/м³.

Экспозиция образцов (прямоугольные пластины размером 800х80х3,7мм) в свободном и механически нагруженном состоянии в условиях холодного климата проводилась на специально оборудованной в соответствии с ГОСТ 9.906-83 климатической станции «Якутск».

Экспозиция проводилась на стендах в нагружающих устройствах в условиях продольного изгиба (в режиме релаксации напряжений), при уровне начальных напряжений в образце 0,2 разрушающего напряжения (σ) в испытании на продольный изгиб исходных образцов-полосок (размером 160х20х3,7) при T=20°C. Изменения показателей свойств материала контролировались в испытаниях образцов при изгибе методом продольного изгиба [1,2].

Результаты испытаний представлены на рис.1 и 2. Рассеивание значений сопротивления разрушению (σ , ε) оценивали коэффициентом вариации, которой не превысил значения 15%.

Анализ результатов показывает, что в процессе натурной экспозиции изменения значений показателей механических свойств нагруженных до 0,2 σ образцов, сопоставимы по величине с изменениями показателей для образцов в свободном состоянии. Но наблюдается некоторое снижение деформационно-прочностных свойств нагруженных образцов.

Рис.1 Изменение прочности σ (а) и деформации разрушения ε (б) свободных образцов от времени экспозиции в натурных условиях.

Рис.2 Изменение прочности σ (а) и деформации разрушения ϵ (б) механически нагруженных образцов от времени экспозиции.

1. Арнаутков А. К., Тарнопольский Ю. М. Продольный изгиб как метод определения изгибной прочности композитных материалов //Механика композитных материалов. - 2004. – Т. 40, №1. – с. 25-42.
2. Луговой А.Н. Исследование механических характеристик однонаправленно армированного стеклопластика методом продольного изгиба: Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.02.01. - Барнаул, 2005. - 24 с.

Юсупов Р.Х., Богрянов Е.А.

Аналитический обзор систем интеллектуализации элементов электрических сетей

*Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-28

idsp: 000001:spc-12-02-2018-28

Положение российской электроэнергетики и в «мирные» дни можно охарактеризовать как близкое к аварийному. По данным Федеральной сетевой компании (ОАО «ФСК ЕЭС»), 15% подстанций 6-10/0,4 кВ находится в неудовлетворительном состоянии, а более 40% воздушных и масляных выключателей давно отработали свои сроки. По причине изношенности электросетей потери энергии достигают 20-30% вместо обычных для Европы 6-8%. Около 60% электросетей и вовсе нуждаются в перекладке. При этом проблема не только в высоком уровне морального и физического износа основных электроэнергетических фондов. Наша страна заметно отстает от Европы и по ряду других показателей: надежности, экономичности, эффективности использования топлива, техническому уровню. Европа и США, столкнувшиеся с подобными проблемами, стали решать их на 10 лет раньше.

Исходя из вышесказанного, можно уверенно сказать, что электроэнергетике России необходима срочная плановая модернизация (интеллектуализация).

На данный момент существует три уровня интеллектуализации электроэнергетических систем: верхний – интеллектуализация энергосистемы, в том числе электрических сетей, в целом – как единой мегасистемы; средний – интеллектуализация комплексов оборудования (например, электростанций или подстанций); нижний – интеллектуализация отдельных видов достаточно сложного силового оборудования, оснащенного современными автоматизированными системами управления.

Интеллектуализация электрических сетей. Интеллектуальные сети SmartGrid – будущее российской энергетики. В России идея SmartGrid в настоящее время выступает в качестве концепции интеллектуальной активно-адаптивной сети, которую можно описать следующими признаками:

- насыщенность сети активными элементами, позволяющими изменять топологические параметры сети;
- большое количество датчиков, измеряющих текущие режимные параметры для оценки состояния сети в различных режимах работы энергосистемы;
- система сбора и обработки данных (программно-аппаратные комплексы), а также средства управления активными элементами сети и электроустановками потребителей;
- наличие необходимых исполнительных органов и механизмов, позволяющих в режиме реального времени изменять топологические параметры сети, а также взаимодействовать со смежными энергетическими объектами;
- средства автоматической оценки текущей ситуации и построения прогнозов работы сети;
- высокое быстродействие управляющей системы и информационного обмена.

В качестве отдельных элементов сети, устанавливаются: СТАТКОМ (статический преобразователь реактивной мощности на базе преобразователя напряжения); управляемые шунтирующие реакторы на ПС 50 кВ; статические тиристорные компенсаторы и конденсаторные установки на ПС 500 кВ; большое применение нашли различные реклоузеры.

Интеллектуализация комплексов оборудования. Широкое распространение имеют дистанционные системы наблюдения и управления SCADA (рис.1). Под SCADA понимают программный пакет, предназначенный для разработки и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

Рис. 1. Интеллектуализация комплексов оборудования

Для генераторов применяется система «thegenerationsmartening». Это, прежде всего, интеллектуализация эксплуатации генератора как элемента ИЭС России, реализуемая в двух основных направлениях путем широкого использования компьютерных технологий:

1. Интеллектуализация технологического контроля (ТК) генератора, работающего в сети под нагрузкой. Цель: генератор должен «сам» через свою систему контроля сообщать о неполадках активных частей и вспомогательных систем.
2. Интеллектуализация обследования генератора, выведенного в ремонт, с обработкой данных измерений и испытаний. Цель: максимальное выявление дефектов и их устранение во время плановых остановов, создание баз данных по результатам обследований для их накопления и дальнейшего планирования технического обслуживания и ремонтов (ТО и Р).

Интеллектуализация сложного силового оборудования, оснащённого современными автоматизированными системами управления. Применяется большое количество систем, такие как: системы самодиагностики, передачи данных между объектами, релейной защиты, микропроцессорные системы управления и др.

Так, на ТЭЦ «Энергомаш» применяются следующие АСУ ТП: РС УПС – рабочая станция управления подстанцией; ССД КАСД – сервер сбора данных комплексной автоматизированной системы диагностики; GT – GorgyTiming; АСДДУ – автоматизированная система дистанционного диспетчерского управления; 85ВМ – концентратор-мост данных; КТ1 – устройство гальвано-развязки для синхронизации SEPAM; ПЛК – программируемый логический контроллер; ПК – промышленный компьютер; СЭТ – счётчик электрической энергии типа 4ТМСЭТ.03.01; DL – контроллер ввода/вывода; NPort 5210 – преобразователь интерфейса; КСУ – консоль управления серверами; ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи; МАС – микропроцессорный автоматический синхронизатор типа М2; АС БУД – блок управления двигателем (турбиной); СКМ – система контроля механических параметров; СТК – система технологического контроля турбогенератора; СУВ – система управления возбуждением; ПУ – пусковое устройство; Momentum – контроллер для управления автоматами Masterpact и контроля параметров 0,4кВ; РУСН Masterpact – автоматические выключатели (0,4 кВ); EMCS – система контроля и управления электроэнергией (EnergyManagmentControlSystem); 6,3/10кВРУ – распределительное устройство ГТ ТЭЦ; SEPAM – микропроцессорное устройство защиты и управления 6,3/10кВ; РУ 0,4кВРУСН – распределительное устройство собственных нужд (0,4 кВ) ГТ ТЭЦ; AI, DI, DI/O, DO – аналоговые и дискретные сигналы ввода/вывода; РМ – устройства контроля электроэнергии низковольтных цепей типа РМ500; АСУ ТП ЭБ – система контроля и управления энергоблоком; КУ – коммерческий учёт (энергоносителей); УСПД КУ – устройство сбора и передачи данных коммерческого учёта.

Вывод

Внедрение интеллектуальных систем позволяет нам добиться позволит существенно повысить эффективность и надёжность работы электроэнергетики:

- снизить число отказов, т.е. повысить готовность;
- снизить недовыработки энергии, т.е. снизить убытки, связанные с отказами;
- выявить и использовать допустимые перегрузки в пиковых режимах путем уточнения диапазона регулирования мощности;
- управлять нагрузкой генераторов с учетом их технического состояния;

- достаточно быстро возвращать капитал за счет предупреждения отказов генераторов.

1. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник / Т.Б.Лещинская, И.В.Наумов. – М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 656 с.
2. Светлицкий С.Ю., Иванов С.Н., Логинов Е.Л., Михайлов С.А. Модернизация энергетики России: проблемы, пути решения, перспективы. М.: НИЭБ, 2010. – 808 с.
3. www.energyland.info (интернет-ресурс)
4. www.fsk-ees.ru (интернет-ресурс)
5. <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (интернет-ресурс)
6. <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/859-avtomatizacija-transformatornykh.html> (интернет-ресурс)
7. https://docviewer.yandex.ru/view/246687455/?*=6Un8L5OoDib%2FK%2FeLIy8qnpMJ5jh7InVybcI6Imh0dHBZoi8vd3d3LmN0YS5ydS9jbXMcZi80MzQ3NTcucGRmIiwidGl0bGUioi0MzQ3NTcucGRmIiwidWlkIjoIMjQ2Njg3NDU1IiwieXUiOiZmZA0MjMzODcxNDE5MTcxNTAyIiwibm9pZnJhbWUiOnRydWUsInRzIjoxNTE2ODgyNjkyNzg5LCJzZXJwUGFyYW1zIjoibGFuZz1ydSzuYw1IPTQzNDc1Ny5wZGYmdG09MTUxNjg4MjIwOSZ0bGQ9cnUmdGV4dD0lRDAlQjAIRDElODEIRDElODMIMjAIRDElODIIRDAIQkYIMjAIRDAIQkYIRDAIQkUIRDAIQjQIRDElODEIRDElODIIRDAIQjAIRDAIQkQIRDElODYIRDAIQjglRDAIQjgmdXJsPWh0dHBzJTJBNjBTJGTJGd3d3LmN0YS5ydSUyRmNtcyUyRmYIMkY0MzQ3NTcucGRmImxyPTIxMyZtaW1PXbkZiZsMTBuPXJ1JnNpZ249N2I0NTdhMzRhOThkNDZINDEwNTk4M2NhYmVmMjQ1ODUma2V5bm89MCJ9&page=1&lang=ru (интернет-ресурс).

Serebryakov R.A.¹, Biryuk V.V.²
The vortex gas-wind turbine

¹*Russian research Institute for electrification of agriculture*

²The Samara state aerospace University names after academician S.P.Korolev (national research University)
(Russia, Moscow)

doi:10.18411/spc-12-02-2018-29

idsp: 000001:spc-12-02-2018-29

Abstract

To raise reliability and provide emergency power supply, all the gas compressor stations are equipped with special emergency stand-by gas-turbine power units. In the context of continuous increase of cost of electric power supplied on a centralized basis, as well as gas transportation costs, it is appropriate to make efforts to reduce and even eliminate the gas compressor stations dependence on expensive energy supply from external sources

One of possible approaches to generate electricity with the use of wind energy to satisfy BOP needs of gas compressor stations, with help of vortex wind power plants. In their hyperbolic frame (stator) whirling air flow is formed that is similar to natural tornados having considerable kinetic energy store. Vortex power plants operating at by far lower wind velocity (2 – 3 m/sec) and having similar areas swept by the wind wheel, can develop power which is five-fold higher than that of bladed wind power plants with a horizontal axis.

Therefore, the creation of power plants designed to satisfy balance-of-the plant needs of gas compressor stations through the development of new types of vortex combined gas-wind power units with vertical axis and the possibility to effectively use energy potential of exhaust gases flows of gas compressor stations and kinetic energy of ram wind flow, is of utmost interest.

Depending on consumption and temperature of exhaust gases of gas turbines of compressor stations, even in calm weather electric capacity of gas-wind power plants can amount to from 80 to 200 kW. Moreover, as wind velocity increases, vortex effect is intensified and, consequently, the plant capacity is raised.

Keywords: gas compressor unit, loss of electricity, gas-turbine power units, wind energy, vortex wind power plant, exhaust gases, combined gas-wind power plant.

To satisfy balance-of-plant needs of each of hundreds of gas compressor stations equipped with gas pumping units approximately 1.5 – 2.5 MW of electric power are consumed. Electric power is supplied to gas compressor from high-voltage power transmission lines located at a distance of tens and hundreds of kilometers from them. In this process, losses during transportation and transformation of electric power supplied on a centralized basis, generally constitute 10 – 15 % of electric power consumed for compressor stations balance-of-plant needs and in general reach impressive amounts in Russia. To raise reliability and provide emergency power supply, all the gas compressor stations are equipped with special emergency stand-by gas-turbine power units [1]. In the context of continuous increase of cost of electric power supplied on a centralized basis, as well as gas transportation costs, it is appropriate to make efforts to reduce and even eliminate the gas compressor stations dependence on expensive energy supply from external sources. It should be mentioned that one of possible approaches is equipping gas-turbine compressor stations with efficient energy-saving gas-turbine or gas-vapor stand-by power units, thus rejecting inefficient stand-by equipment. However, this approach will demand heavy capital expenses.

Another way is to generate electricity with the use of wind energy to satisfy BOP needs of gas compressor stations. Yet the majority of bladed wind power generators installed at towers 30 – 40 m high, with the wind wheel blades 4 – 5 m long and horizontal axis develop power of approximately 800 – 1000 kW at average wind velocity of 5 – 7 m/sec. Relative capital investment into these wind power plants are in the range of 1 200 – 1 400 \$/kW. High cost and the possibility to obtain required capacity only in areas with high wind load make them inefficient for satisfying compressor stations balance-of-plant needs.

Vortex wind power plants have by far lower cost [2, 3, 4]. In their hyperbolic frame (stator) whirling air flow is formed that is similar to natural tornados having considerable kinetic energy store. In near axial central area of vortex formed in a stator, pressure is lowered in comparison with external atmospheric pressure. Due to this factor additional air flow mass is sucked into upward tornado-like column. In the wind wheel of this wind power plant having a vertical axis, kinetic energy of air flow is transformed into mechanical work utilized for electric power generation. Vortex power plants operating at by far lower wind velocity (2 – 3 m/sec) and having similar areas swept by the wind wheel, can develop power which is five-fold higher than that of bladed wind power plants with a horizontal axis [5, 6, 7].

Waste pipes of gas pumping units of gas compressor stations every second emit millions of kilograms of waste gases into the atmosphere at velocity of nearly twenty meters per second and at temperature of up to 400 ° C.

Figura 1 demonstrates the basic diagram of movement of flows of exhaust gases of gas compressor stations, and atmosphere air in the gas-wind power plant. The plant of this type is equipped with an input swirler of air flow, causing its vortex motion accompanied by increased tangential velocity, rarefaction in the vortex axial part and accelerated movement of flow of exhaust gases of gas pumping units. Preliminary whirled gas flow coming from the exhaust pipe of a gas compressor station is fed to the central part of the cylindrical stator of the gas-pumping unit and is mixed with air flow, thus being accelerated with it.

Due to the fact that in the axial part of the stator of a gas-wind power plant minor rarefaction is formed in relation to atmospheric pressure, there will be no gas-dynamic impedance of the exhaust line, as well as reduction of absolute efficiency of the gas turbine or the gas pumping unit capacity.

*Fig. 1. The diagram of gas-air flows in the plant stator:
 C_B , C_T – air and gas flows velocities at the inlet of the gas-wind power plant; C – absolute velocity of gas-air flow at the stator walls; C_Z , C_r , C_ϕ – velocity C projection on the coordinate axes;
 ω and z – tangential and axial velocities of gas-air flow*

If tangential component of whirled gas-air flow dominates at the hyperbolic stator periphery, in its central part axial flow velocity is considerably increased.

Construction diagram of the gas-wind power plant is presented at fig. 2. The plant frame has hyperbolic shape and is installed with air gap under the exhaust pipe of the gas-pumping unit.

With the use of curvilinear guide blades 2 air wind flow is whirled, increasing its tangential velocity, and fed into the plant hyperbolic stator 3 wherein it is mixed with preliminary whirled gases coming from the exhaust pipe 1 of the gas pumping unit. With the use of a guiding device 4 gas air flow accelerated in the plant hyperbolic frame, is fed to the blades of the axial turbine 6 driving the electric power generator 5. Under the outlet part of the stator 3 the Ventury tube is installed on bearings, thus producing additional rarefaction in the upper part of the plant frame. With the use of a guide plate 8 (vane) the Venturytube is installed in the direction of the wind, which enhances capacity of the axial turbine 6 and the electric power generator 5.

Fig. 2. The block diagram of the gas-wind power plant of the gas pumping unit:
 1 – exhaust pipe; 2 – curvilinear air channels; 3 – hyperbolic stator; 4 – guide vanes; 5 – electric generator;
 6 – axial turbine blades; 7 – Ventury tube; 8 – weathercock

The operating principle and construction diagram of the gas-wind plant make it possible to effectively utilize energy of exhaust gas flows of the gas pumping units and kinetic energy of ram air flow for electric power generation.

In addition, it is characterized by the following advantages:

- higher speed and kinetic energy of gas-air flow;
- higher mass flow through the axial turbine;
- dilution of hot exhaust gases of the gas pumping unit with air flow, reduction of temperature of gas-air mixture and of harmful substances concentration therein, which allows to reduce the height of the gas pumping units;
- due to the use of Ventury pipe, in the exhaust pipe of the gas pumping unit minor rarefaction is formed thus reducing hydraulic losses in exhaust duct and increasing absolute efficiency of the gas turbine with the same capacity of the gas pumping unit;
- major advantage – due to independent electric power supply to satisfy BOP needs the reliability of the operation of gas compressor station at main gas pipelines will be increased;
- if gas-wind power plants are installed at gas-pumping units in combination with centralized electricity supply, expenses for buying electricity from outside suppliers will be considerably reduced, and it will be possible to reduce fuel gas consumption by stand-by gas-turbine power plants.

It is essential that a major part of gas-pumping units of gas compressor stations located at great distance from power plants and transit high-voltage power transmission lines can be equipped with gas-wind power plants of this type.

1. Gritsenko E.A., Lukachev S.V., Tsibizov Y.I., Converting gas turbine engines and gas turbines for terrestrial applications, Samara, Russian Academy of science SPO, 2004, 266 pp.2. Biryuk V.V., Vortex energy systems for transport, Samara, Russian Academy of sciences SPO, 2007, pp.167-171
2. Serebryakov R.A., Biryuk V.V., Vortex effect – vortex energy technologies, Research in Agriculture electric engineering, volume 4, 2013, No. 4, pp. 74-78
3. Serebryakov R.A., Biryuk V.V., Vortex wind turbine, Aerospace Technology, series XII, Samara, 2000, pp.48-73
4. Serebryakov R.A., Some problems in the theory of vortex energy, scientific works FANO FGBNU VIESH, volume 85, 2000, pp.34-54
5. Serebracov R.A., Vortex energy, scientific works FANO FGBNU VIESH, volume 86, 2000, pp. 80-92.7. Serebryakov R.A., Biryuk V.V., Piralishvili Sh. A., A vortex energy in energy – efficient technologies, a collection of XIX reports of school-seminar “Problems of gas dynamics and heat and mass transfer in energy technology”, Orekhovo-Zyevo, M, publishing house Moscow energy Institute, 2013, pp. 15-16.

Serebryakov R.A.¹, Batuhitin S.G.²
The regenerative water-air heat exchanger

¹*Russian research Institute for electrification of agriculture
(Russia, Moscow)*

²*FBOU vpo “zabaikalsky state university”
(Russia, Chita)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-30

idsp: 000001:spc-12-02-2018-30

Abstract

The article describes an energy-efficient scheme for using solar energy in district heat supply systems reducing capital and operation costs and to a great extent replacing conventional heat sources. The versatility of systems using this scheme provides their multi-zone applications: from cottages to heating industrial premises and greenhouse complexes.

The principle of the suggested scheme is as follows: a solar collector is attached through heated medium is to an air duct and to antifreeze circulating in the contour tank – accumulator – solar collector. The method of intensification of heat exchange due to the use of intensifiers of hole type. Such intensification efficiency is determined by calculation of daily heat absorption of two-dimensional air collector with intensification by holes and without it, as well as economic effect of the implementation of the suggested method. In accordance with calculations, the suggested scheme of heating and intensification of heat exchange on the surface of integrated collector can provide significant economic effect if implemented.

Keywords: solar collector, heat-carrying medium, design, simulation system, experiment, consumer, control, heat, energy saving, load optimization.

The strategic aim of state energy policy in the field of development of rational fuel-power balance is the optimization of production structure, domestic consumption and export of fuel-power resources with due consideration of requirements of energy security, economical and energy efficiency and improvement of Russia foreign economical

performance. It should be considered that the overriding priority of the "Energy Strategy of Russia for the Period until 2030" is the growth of importance of renewable energy source in satisfying public energy demands. Without implementation of technologies that can drive out organic fuel from the country fuel balance, It is impossible to full fill basic provisions of the Strategy envisaging maximum efficient use of natural energy resources and potential of power-generating sector for steady economic growth and the improvement of the quality of life of the RF population. For most RF regions the most promising of renewable energy sources is solar energy.

The Heat Supply Scheme

So far a wide range of various schemes of solar energy use in hot water supply and heating systems has been developed. Heating premises with hot air using heat sources of various types in many cases allows to considerably reduce capital and operational costs. Solar heating with the use of collectors of various types will make it possible to considerably increase such systems efficiency and to expand replacement of conventional heat sources. In such systems, depending on temperature mode, water or air are heated. Combined heating is applied – water for hot water supply and air for heating. As our final objective is heating air in premises, it is exactly the schemes that allow to obtain maximum efficiency, excluding intermediate diary processes and conversion. As energy source heat of combusted fuel, as well as heat generated by solar collectors, can be used [1].

The versatility of such systems determines their multi-zone application - from cottages to heating huge industrial premises and greenhouses complexes.

The advantages of air heating are as follows [2]:

1. Heat economy - heat is generated directly in heated premises.
2. Improved living conditions in premises, as air heated by 40-70 °C is sufficient for positive pressure ventilation.
3. Fast response as the hot air heating system makes it possible to provide full heating of premises for 1.5-2 hours.
4. The absence of intermediate heat-carrying medium, that allows to exclude the construction of water heating systems. In winters a serious risk of defreezing the system is excluded.
5. High degree of automation allows to generate heat as required.

Most of the advantages of this system are possible only when non-freezing solutions are used in solar collectors. Air can be heated both in an intermediate heat exchanger from liquid heated in the collector, and directly init. The Fig. 1 shows the scheme of the solar heat use allowing to combine these methods [3]

The given scheme will make it possible to use the advantages of air heating systems in the implementation of solar collectors of combined type (with combined heating of air and liquid heat-carrying medium) and to lower down the temperature of radiant heat absorbing plate, and so radiation loss as well.

The principle of the suggested scheme is as follows: a solar collector is attached through heated medium to an air duct and antifreeze circulating in the contour "tank – accumulator – solar collector". Air through solar radiation equipment and due to forced convection in flowing tube and a plate is heated, after which it is supplied to the air heating system. As to the tank through a storage tank through accumulating heat-carrying medium is connected to cold water pipe and extra new heat source powered through submerged heating surface. At Fig. 1 connection circuit and operation mode of the solar plant are presented.

Fig. 1. Solar air heating system:

1 – storage tank; 2 – pump of solar contour; 3 – solar air collector; 4 – calorifier; 5 – automated control system; 6 – intake air ventilator; 7 – triple valve of the solar contour.

The collector efficiency (Fig. 1) can be considerably increased through intensification of heat exchange on surfaces with semispherical holes due to increased heat exchange surface area.

As early as in 1990-ies R. Serebryakov, G.I. Kiknadze, Yu. K. Krasnov and others in their works [4, 5, 6] studied a new class of quasipotential as and liquid swirl flows formed either due to merging of specifically directed jets of working continuous medium, or due to streamlining its three-dimensional “holes” (so-called vortex generators”) at heat exchange or carrying areas.

Highly-efficient practical application of such flows became possible due to large-scale thermodynamic research and design and development works. Thus, in accordance with experimental data, vortex flows for me din keeping with exact solutions of hydrodynamic equations increase gas or liquid consumption twice in comparison with flows with other structures at similar gas load in pipe lines of similar size and form. Such swirled flows are self-organized in flows of energy carriers stream lining energy exchange surfaces formed by special profiles “vortex generator” [5, 6], considerably intensify heat and mass exchange while aerodynamic drag of energy exchange channels is reduced.

Calculation of daily heat absorption

To determine intensification efficiency, daily heat absorption of flat-plate water-air collector with hole intensification and without it [7].

Climatological data: Chita: longitude - 113 hours 23 min., latitude - 52 hours 6min., October 1, 2013.

Surface orientation: incidence angle to horizon - 45 °, azimuth direction 180°.

Plate: accepted size 1000x100x1mm, material– copper, wall thickness - 2 mm.

Pipes: number – 10, diameter – 25 mm, material – copper, wall thickness – 1 mm, coverage - 50%, thermal interface – tin, layer thickness – 500 μ.

Absorber: paint –matblack (degree of absorption- 95, blackness - 5, selectivity – 0.4).

External insulation: glass – two layers, thickness 1 mm, attenuation coefficient 0.4 1/mm, air passage size 30 mm.

Air parameters: air temperature at the inlet - 00C, air consumption - 1000 m3/hour.

When calculating daily heat absorption of there generative water-air heat exchanger with high efficiency of heat exchange with the use of standard method, coefficients of heat transfer are increased in proportion to average (on the hole surface) relative coefficients of heat transfer. To consider increase of heat exchange surface, it is necessary to assess its relative increase K_F and include it in standard technique.

For suggested geometric parameters of hemispherical holes K_F assumes values from 1.09 to 1.116 independenceon packing density (for preliminary calculation $K_F = 1,1$ was assumed). Calculations showed that flow pattern was turbulent: $Re=696364$. Forsuchpatternduring intensification in spherical intensifier it is assumed that $\bar{\alpha} = 1.25$ (Fig. 2 [8]).

Results and their discussion

The results of the calculation of daily heat absorption of the flat-plate water-air collector are presented in Table 1.

Fig.2. Average (on the hole surface) relative coefficients of heat transfer for spherical hole

Table 1

Results of the calculation of a flat-plate collector (air inlet temperature = ambient temperature = 0°C)

№	Local time	Heat usefully absorbed by the collector (without intensification), W:	Heat usefully absorbed by the collector (intensification: $K_F = 1.1$, $\bar{\alpha} = 1.25$),
			W:
	1	2	3
1	9:00	0	0
2	10:00	150	152
3	11:00	362	377
4	12:00	550	590
5	13:00	625	635
6	14:00	670	675
7	15:00	655	660
8	16:00	585	595
9	17:00	455	465
10	18:00	260	267
11	19:00	50	52
12	20:00	0	0
13	Total	4362	4468

Intensification provide deficiency increase by 2.43%. Yearly efficiency of the collector efficiency will amount to 106 kW/m².

Considering the current tariff in the Chita district, heat supply system (1 925 rouble/Gcal) economic efficiency is 175.5 rouble/m².

Conclusions

The calculation of economic efficiency of the suggested scheme of solar air heating and intensification of the integrated collector by holes demonstrated considerable economic effect from the implementation of these methods.

1. Batukhtin AG Modern methods of increasing the efficiency of joint operation of solar heating installations and district heating systems /Batukhtin, S.G. Batukhtin // Scientific and technical statements of SPbSPU. - 2009. - №3. - P. 48-53.
2. There is an alternative to boiler houses! Heating with warm air // Energy saving and energy problems of the Western Urals. - 2008. - № 1-2. (July) - P.18-22.
3. The patent of the Russian Federation for invention № 2403511, Solar installation and the way of its work / authors: Batukhtin AG, BatukhtinSGOpubl. 10.11.2010, Bul. №31.
4. Kiknadze GI Self-organization of tornado-like vortex structures in gas and liquid flows and intensification of heat and mass change / G.I.Kiknadze, V.G. Olenikov // Preprint Institute of Thermophysics, SB AS USSR. - Novosibirsk. - 1990. - № 227-90. - 46 sec.
5. Author's certificate № 247798, registration in the State. Register of inventions of the USSR 04.01.1987 / authors: Serebryakov RA, Kiknadze GI, Volov VT, Judenkov NA
6. Patent of the Russian Federation for invention No. 2546340, / Combined solar water-air collector / authors: Serebryakov RA, Batukhtin SG Opubl. 10.04.2015, Bul. №10.
7. Bass MS, Batukhtin AG, Batukhtin SG Program for determining optimal technical and economic performance of TPPs / Certificate of state registration of the computer program №2009614238.
8. Sapozhnikov S.Z. Fundamentals of gradient thermometry / S.Z.Sapozhnikov, V.Yu. Mityakov, A.V. Mityakov. - SPb.: Publishing house of Polytechnic. Un-ta, 2012. 203 p.

Научное издание

**Научный диалог:
Вопросы точных и технических наук**

Сборник научных трудов, по материалам
XIV международной научно-практической конференции
12 февраля 2018 г.

SPLN 001-000001-0251-TT

Подписано в печать 19.02.2018. Тираж 400 экз.
Формат. 60x84 1/16. Объем уч.-изд. л. 5.29
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович