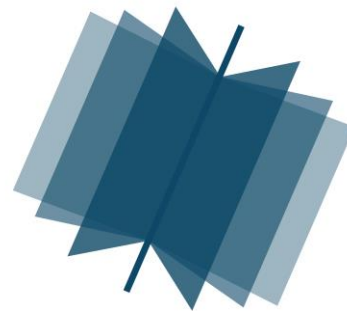


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2016



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Миллер А.В.
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,
д. 4, корп. А, оф. 17.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org

Подписано в печать 20.05.2016.
Тираж 900 экз.
Заказ 26134
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

**№5 (47) 2016
Часть 3
Май**

Сборник по результатам I заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217**.

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

Психологические науки: Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

Физико-математические науки: Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свиистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Географические науки: Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

Биологические науки: Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

Архитектура: Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

Ветеринарные науки: Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

Медицинские науки: Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

Исторические науки: Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

Политические науки: Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

Фармацевтические науки: Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА УЗЛОВ КЛАСТЕРА ВИРТУАЛИЗАЦИИ ЧАСТНОГО ОБЛАКА ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОЧИХ СТОЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ	6
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО НЕТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ФОРСИРОВАНИИ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОДНОПУТНЫХ ЛИНИЙ	14
МОДИФИКАЦИЯ ОСЕЙ КООРДИНАТ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕОМЕТРИЧЕСКИХ КРИВЫХ. II. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ И ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	18
КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (FAB LAB) ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ	23
УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ	34
КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ «ЭЛЕКТРОЛИЗ 600+»	37
ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ОБРАЩАЕМОСТИ ДЕТЕЙ ЗА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩЬЮ	40
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ	42
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫЙ ПРОДУКТ	46
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОСКОЙ ТЕРМОУПРУГОЙ ВОЛНЫ	48
РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ	52
НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В СИЛОВОМ ОБОРУДОВАНИИ	56
СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	59
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА	62
РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	64
CLOUD-NATIVE ПРИЛОЖЕНИЯ	66
К ВОПРОСУ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АНКЕРНЫХ ОПОР ЛЭП	69
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ УДАЛЁННЫХ ОБЪЕКТОВ АСУ НА ПЛАТФОРМЕ JAVAFX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ	72
A HYBRID SYSTEM OF EVALUATING IRON WEIGHT ON ITS RELEASE FROM BLAST FURNACE	75
АНАЛИЗ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ СОВРЕМЕННОЙ МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛЛЕКЦИЙ	78
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗЕНКЕРАМИ С МНП	82
МЕТОДИКА СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ НА ТРАЕКТОРНОМ И ПИЛОТАЖНОМ УРОВНЯХ	87
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЛИТКОВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	92
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ (ОС) ANDROID	94
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ МАСЛА НА ПЕРЕГРЕВ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ	98
АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ НЕЙТРАЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-35 кВ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА	103
ДИАГРАММА ПАРЕТО КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ	106
EVALUATION OF MODERN MEASURING DEVICES POWER QUALITY INDICATORS	109
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК	113
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ	116
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА	118

АНАЛИЗ ПОДРУЛИВАЮЩИХ И ДРУГИХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ	121
ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АНТИСЛЕЖИВАТЕЛЯ ДЛЯ НИТРАТА КАЛИЯ	124
ПОВРЕЖДЕННОСТЬ КАК ОСНОВНАЯ МЕРА УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ	126
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	134
ПЕРСПЕКТИВНАЯ АУСТЕНИТНАЯ СТАЛЬ ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ	138
ПРЕИМУЩЕСТВА ВМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	143
АНАЛИЗ ТИПОВ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ	145
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА	150
МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И СИНТАКСИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА НА ПЕРСИДСКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ УСЛОВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ	153
РАЗРАБОТКА НАКОПИТЕЛЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МАХОВИКОВОГО ТИПА НА МАГНИТНЫХ ОСЯХ	158
БИОЭНЕРГЕТИКА КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ	162
ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ STM32	164
МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОБЛАСТЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ	167
ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ИЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ФОСФОГИПСА	169
ОНТОЛОГИИ В СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ: ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	173
НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АМОРФНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СПЛАВОВ	176
ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ФЕРМ И РЕШЕТЧАТЫХ СИСТЕМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ	180
АВТОРСКИЙ НАДЗОР КАК ОДНА ИЗ ФОРМ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ	184
МЕТОД ПОСТАНОВКИ ДОЗВУКОВЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА	187
статья изъята: ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕШЛАМОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ТИПА ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	190
КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В РЕЖИМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	195
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	197
ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	202
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ БАЙЕСА ПРИ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	205
СОСТАВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	209
ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА	211
СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ	214

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.187

Аверьянихин А.Е.¹, Котельницкий А.В.², Муравьев К.А.³^{1,3}Ассистент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», ²магистрант, Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА УЗЛОВ КЛАСТЕРА ВИРТУАЛИЗАЦИИ ЧАСТНОГО ОБЛАКА ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОЧИХ СТОЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ****Аннотация**

В данной статье рассмотрены проблемы построения облачных центров обработки данных на основе инфраструктуры виртуальных рабочих столов (VDI). Основное внимание уделено вопросам оценки оптимального числа необходимых узлов кластера виртуализации по критерию эффективности. Внедрение облачных технологий обеспечивает равномерное использование ресурсов, упрощает администрирование парка технических средств и позволяет масштабировать виртуальные машины под текущие задачи. Однако, динамическое изменение количества потребляемых ресурсов в облаке затрудняет оценку необходимого оборудования. Объектом исследования являются алгоритмы размещения виртуальных машин на вычислительных серверах и разработка математического аппарата оценки требуемого числа узлов кластера виртуализации. В статье описываются формулы расчета нижней и верхней оценки требуемого количества ресурсов в кластере в зависимости от использования алгоритма размещения виртуальных машин на вычислительных серверах. Полученные формулы позволяют рассчитать необходимое количество узлов кластера при динамическом изменении уровня потребляемых ресурсов виртуальными машинами.

Ключевые слова: частное облако, VDI, виртуализация.Averyanikhin A.E.¹, Kotelnitsky A.V.², Muraviev K.A.³^{1,3}Assistant, department of Design and Production Technology of the Electronic Equipment, ²undergraduate Bauman MSTU**METHOD OF CALCULATION OF OPTIMUM NUMBER OF KNOTS OF THE CLUSTER OF VIRTUALIZATION OF THE PRIVATE CLOUD OF VIRTUAL DESKTOPS BY CRITERION OF EFFICIENCY****Abstract**

In this article, problems of cloud data center creation based on virtual desktop infrastructure (VDI) are considered. The main attention is paid assessment of optimum number of necessary virtualization cluster nodes. Cloud technologies integration provides unified resource usage, simplifies IT infrastructure administration and allows scaling virtual computers under the current needs. However, dynamic change of consumed resources quantity in a cloud complicates an assessment of the necessary equipment. Algorithms of virtual machines placement on computing servers and development of mathematical apparatus of an assessment of demanded number of virtualization cluster nodes is an object of a research. Formulas of the bottom and top assessment of demanded quantity of resources in a cluster depending on use of virtual machine placement algorithm on computing servers are described. The received formulas allow researchers to calculate necessary number of cluster nodes at a dynamic change of consumed level of resources by virtual machines.

Keywords: private cloud, VDI, virtualization.**Введение**

Облачные технологии - результат развития архитектур информационных систем (ИС). Под термином "облачные технологии" (ОТ) будем понимать модель, которая обеспечивает многопользовательский доступ к вычислительным ресурсам (ВР) посредством распределенной гетерогенной сетевой инфраструктуры. Управление загрузкой ВР осуществляется оперативно по запросу пользователя при минимальных эксплуатационных затратах. Принципиальной особенностью ОТ является акцент на преобладающем самообслуживании его пользователей. Как показывает анализ развития on-line сервисов, объем применения ОТ неуклонно растет [1].

Доступ к необходимым пользователю ВР обеспечивает облачный провайдер. Если он является сторонней организацией и ресурсы предоставляются посредством интернет - облако будет называться публичным (public cloud). При таком подходе полное техническое обслуживание затребованных ресурсов осуществляется сторонней организацией. При этом количество ресурсов в облаке является условно бесконечным – потребитель получает ровно столько ресурсов, сколько запрашивает.

Если облачным провайдером является ИТ отдел организации, а ресурсы предоставляются внутри ИС, то облако является частным (private cloud). Частное облако, это облако организации, которое для пользователей выглядит как публичное. Оно обладает всеми достоинствами частного облака, но функционирует на базе локального ЦОД. Такой подход получил наибольшее распространение в данное время. Он позволяет сохранить пользователям полный контроль над своими данными, которые не всегда возможно разместить в публичном облаке по требованиям безопасности и конфиденциальности [2].

При создании частного облака ИТ инфраструктура организации централизуется и виртуализуется. То есть все ВР собираются в один вычислительный кластер, затем делятся на логические разделы (виртуальные машины (ВМ)) и выдаются пользователям. Таким образом общие аппаратные ресурсы организации могут быть использованы для разных задач. Как показывает статистика, ВМ демонстрируют производительность на уровне аналогичных аппаратных платформ [3]. Внедрение частного облака уменьшает сложность ИТ инфраструктуры, повышает ее управляемость, а также позволяет оптимизировать использование имеющихся ресурсов. Экономия в облачной модели достигается за счет эффективного использования разделяемого пула ВР. Оптимизация возможна и за счет централизованного администрирования - качество управления повышается, число системных администраторов уменьшается [4].

Существуют также общественные облака (community cloud) для использования сообществами пользователей или организаций, а также гибридные облака (hybrid cloud). Гибридным облаком называется комбинация частного и публичного облака – организация использует свое частное облако, но при нехватке собственных ресурсов дополнительные мощности заказываются в публичных облаках.

Существуют три основные сервисные модели облака: SaaS (Software as a Service — «программное обеспечение как сервис»), IaaS (Infrastructure as a Service — «инфраструктура как сервис») и PaaS (Platform as a Service — «платформа как сервис») [5].

Программное обеспечение как услуга - Cloud Software as a Service (SaaS). В этом случае пользователю предоставляется программное обеспечение (ПО) - приложения провайдера, выполняемые на "облаке". ПО используется различными клиентами в гетерогенной среде. Потребитель не управляет и не контролирует саму облачную инфраструктуру, на которой выполняется приложение, будь то сети, серверы, операционные системы, системы хранения или даже некоторые специфичные для приложений возможности. В ряде случаев, потребителю может быть предоставлена возможность доступа к некоторым пользовательским конфигурационным настройкам.

Платформа как услуга - Cloud Platform as a Service (PaaS). Используется разработчиками и интеграторами ПО. Потребителю предоставляются средства для развертывания на облачной инфраструктуре создаваемых или приобретаемых приложений, разрабатываемых с использованием поддерживаемых провайдером инструментов и языков программирования.

Инфраструктура как услуга - Cloud Infrastructure as a Service (IaaS). Потребителю предоставляются средства обработки данных, хранения, сетей и других базовых ВР, на которых потребитель может развертывать и выполнять произвольное ПО, включая операционные системы и приложения. Потребитель не управляет и не контролирует саму облачную инфраструктуру, но может контролировать операционные системы, средства хранения, развертываемые приложения и, возможно, обладать ограниченным контролем над выбранными сетевыми компонентными (например, сетевой экран хоста, управляемого потребителем).

Каждая из перечисленных сервисных моделей может иметь свои подвиды, в зависимости от типа предоставляемых услуг. Одну из актуальных задач предприятий решает сервисная модель DaaS (Desktop as a Service) – рабочий стол как сервис.

DaaS является одним из видов частного облака сервисной модели IaaS. Если в классическом IaaS обычно предоставляются ресурсы для размещения серверных приложений, то DaaS предоставляет ресурсы для использования графического интерфейса пользователя операционных систем, размещенных на сервере. DaaS базируется на соответствующей ИТ инфраструктуре – инфраструктуре виртуальных рабочих мест или VDI (Virtual Desktop Infrastructure).

Традиционно каждое рабочее место представляет собой персональный компьютер и набор периферийных устройств. Такой подход имеет ряд недостатков [6-8]:

- устаревание парка персональных компьютеров и необходимость его замены каждые 4-5 лет;
- высокие затраты обслуживания, каждый персональный компьютер необходимо отдельно настраивать;
- простаивание ресурсов при отсутствии сотрудника на рабочем месте;
- отсутствие доступа к данным вне рабочего места.

На смену традиционному принципу организации рабочего пространства приходит концепция DaaS [9].

Виртуализация рабочего места — это разделение персонального компьютера на две части: серверную и клиентскую. Основная функциональная часть переносится на сторону сервера. На клиентской части остается только периферия. То есть, в наиболее распространенном варианте, перед конечным пользователем остается монитор, мышка, клавиатура и небольшое устройство для подключения вышеперечисленного к сети. При этом пользователь может подключиться к своему компьютеру не только со своего рабочего места, но и с любого устройства подключенного к сети интернет.

Такой подход обладает рядом преимуществ перед классическим использованием персональных компьютеров [10 - 12]:

- упрощение администрирования: каждое рабочее место является копией однократно настроенного виртуального компьютера;
- повышение мобильности сотрудников: архитектура виртуальных рабочих мест позволяет настроить удаленное подключение к любому виртуальному компьютеру в корпоративной сети;
- упрощение обновления оборудования: при замене серверного оборудования есть возможность сохранить все персональные виртуальные компьютеры всех сотрудников в неизменном виде;
- экономия ресурсов: за каждым виртуальным компьютером не закреплены определенные физические ресурсы, что позволяет использовать меньше вычислительных ресурсов, чем это необходимо для исходного количества персональных компьютеров.

Для создания DaaS облака необходимо создать соответствующую VDI инфраструктуру. Так как, вычислительные ресурсы в облаке выделяются пользователями самостоятельно, предсказывать потребляемую нагрузку затруднительно. Кроме того, каждая ВМ может потреблять разное количество ресурсов, в зависимости от ее нагрузки. Для определения потребляемых ВМ ресурсов применяют алгоритмы предсказания нагрузки [13].

Также в данном случае играет важную роль организация системы хранения данных (СХД) и алгоритм размещения виртуальных машин на вычислительных серверах – чем плотнее будут располагаться ВМ, тем меньше нужно серверов. Плотное расположение ВМ на серверах позволит также выключать ВС при низкой загрузке, что обеспечит режим энергоэффективности [14]. Основной проблемой является автоматическое выделение оптимального количества аппаратных ресурсов в комплексе виртуализации для обеспечения эффективной и бесперебойной работы облака.

1 Инфраструктура облака виртуальных рабочих мест

Первоочередной задачей при проектировании облака виртуальных рабочих мест (ВРМ) является оценка потребности в вычислительных ресурсах. Для выполнения заявленной задачи, на первом этапе, определим структуру проектируемого комплекса.

В составе облака можно выделить программную и аппаратную составляющие. Аппаратными компонентами являются: системы хранения данных, вычислительные сервера, сетевая инфраструктура и клиентские устройства. Программные компоненты: ПО управления СХД, монитор виртуальных машин, ПО управления монитором виртуальных машин, клиентское ПО удаленного доступа. Структура типового аппаратно-программного комплекса виртуализации изображена на рисунке 1.

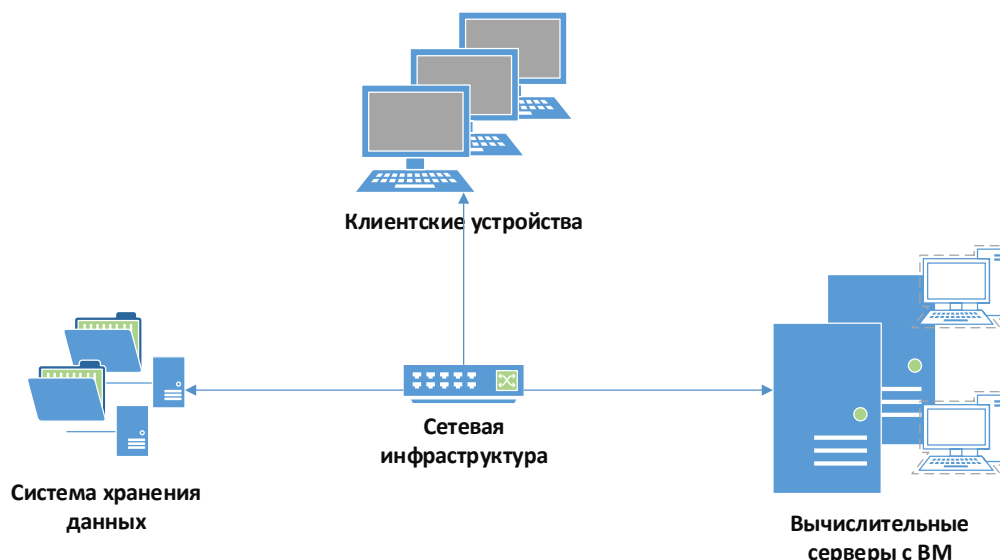


Рис. 1 - Структура типового аппаратно-программного комплекса виртуализации рабочих мест

Для запуска приложений пользователи с клиентских устройств удаленно подключаются к виртуальным машинам, запущенным на вычислительных серверах. При этом файлы виртуальных машин (виртуальные жесткие диски) хранятся в системе хранения данных. Обмен данными между компонентами системы обеспечивается при помощи сетевой инфраструктуры, состоящей из коммутационного оборудования (коммутаторы или маршрутизаторы) и среды передачи (кабелей).

На клиентских местах должно быть установлено специальное ПО для удаленного доступа к виртуальным машинам. Работу виртуальных машин обеспечивает монитор ВМ, установленный на ВС. Отдельные компоненты монитора ВМ могут также обеспечивать балансировку нагрузки между ВС. Данные ВМ хранятся на системе хранения данных. Обращения к этим данным от монитора ВМ обрабатываются контроллерами СХД.

Для обеспечения отказоустойчивости применяют несколько ВС, которые заменяют друг друга в случае отказа. При этом, ВМ запущенные на одном сервере, мигрируют на другой без остановки (работа ВМ в этом случае приостанавливается на несколько секунд). СХД так же должна содержать несколько контроллеров, для бесперебойной обработки запросов от ВС. Данные в СХД хранятся в RAID массивах, что позволяет сохранить данные, даже если некоторые диски вышли из строя. На рисунке 2 видно, что структура комплекса обеспечивает отказоустойчивость всех элементов системы:



Рис. 2 – Обеспечение отказоустойчивости комплекса виртуализации

Особенностью частных облаков ориентированных на работу с виртуальными рабочими столами, является большой объем графической информации, передаваемый от ВС к клиентскому устройству. Таким образом, при проектировании частного облака с предоставлением рабочего стола, необходимо уделить отдельное внимание пропускной способности сетевой инфраструктуры.

2 Математическая модель частного облака виртуальных рабочих мест

Для оценки необходимых ресурсов для построения частного облака среды конструкторско-технологического проектирования [8, 10, 11] построим ее математическую модель. За основу, возьмем математическую модель представленную в работе [15], дополнив ее расчетом оптимального количества узлов кластера по критерию эффективности. При этом будем учитывать непредсказуемость развертывания и уничтожения виртуальных машин в частном облаке. Пример подобного поведения системы показан на рисунке 3. В течение некоторого периода времени развертываются виртуальные машины 2, 5 и 11. ВМ 1 и 5 останавливаются, а 6, 7 и 8 продолжают работу. При этом все эти действия происходят в разное время.

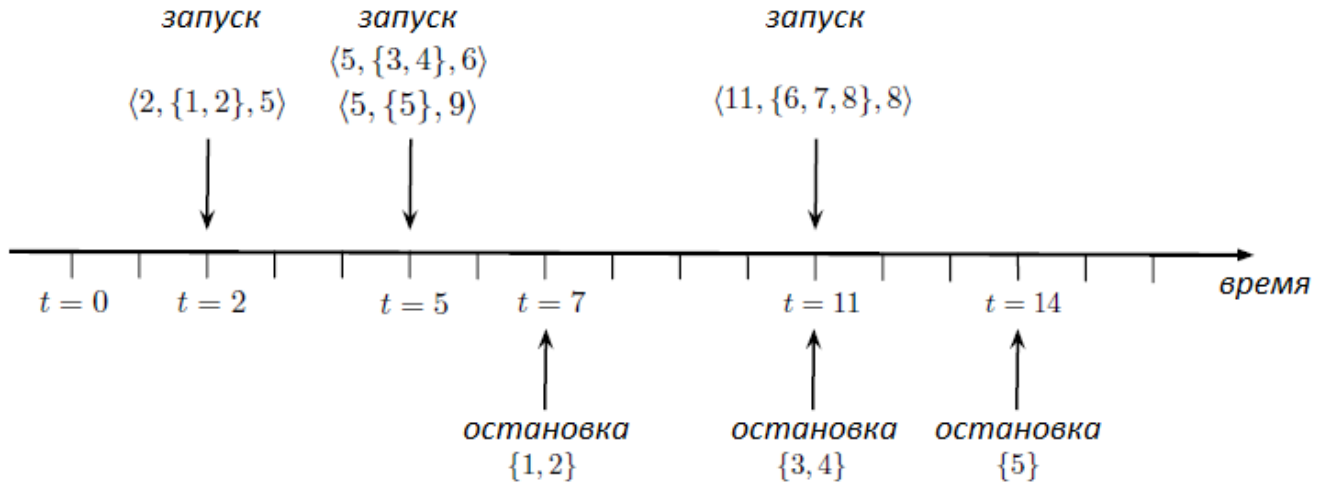


Рис. 3 – Поведение виртуальных машин в облаке

Будем считать, что аппаратно-программный комплекс состоит из M вычислительных серверов. Каждый сервер может быть описан с помощью R параметров (процессор, оперативная память и так далее). Каждый j сервер обладает известной емкостью C_{jk} , для каждого ресурса k , где $j \in \{1..M\}$ и $k \in \{1..R\}$. Обозначим $k=1$ за параметр процессора.

Каждая ВМ i требует некоторое минимальное количество ресурсов r_{ik} по каждому параметру k . Назовем это *резервом* ресурсов. В случае если на вычислительном сервере отсутствует минимальное количество ресурсов, виртуальная машина не будет развернута.

Если *резерв*, это статически определенный параметр, то *запрос* это динамически изменяющийся параметр определяющий реальную потребность в ресурсах.

В каждый момент времени активные ВМ можно условно разделить на уже размещенные ВМ, и те которые необходимо разместить. Запишем это в виде формулы:

$$\mathbf{active}(t) = \left\{ \frac{\mathbf{placed}(t)}{\mathbf{removed}(t)} \right\} \cup \mathbf{added}(t) \quad (1)$$

где $\mathbf{placed}(t)$ это уже размещенные ВМ, $\mathbf{removed}(t)$ – выключенные ВМ, $\mathbf{added}(t)$ – ВМ, готовые к размещению.

Размещение ВМ облаке может быть описано двумя переменными: потребления процессорного ресурса и размещение на вычислительном сервере.

Первая переменная описывает сколько виртуальных процессоров было назначено виртуальной машине. Вторая переменная показывает связь между вычислительным сервером и ВМ. То есть бинарная переменная $x_{ij}(t)=1$ если в момент времени t виртуальная машина i находится на вычислительном сервере j .

Примем, что комплекс виртуализации достаточно велик для размещения всех запросов. В этом случае выполняется равенство:

$$\sum_{j=1}^M x_{ij}(t) = 1, \forall i \in \mathbf{active}(t) \quad (2)$$

Для каждого типа ресурсов должно быть гарантирована возможность их размещения. Сумма всех зарезервированных ресурсов не должна превышать емкость сервера по данному ресурсу.

$$\sum_{i \in \mathbf{active}(t)} x_{ij}(t) \cdot r_{ik} \leq C_{jk}, \forall j = 1..M, k = 1..K \quad (3)$$

Выражение для процессорного ресурса будет выглядеть:

$$\sum_{i \in \mathbf{active}(t)} x_{ij}(t) \cdot a_i(t) \leq C_{jCPU}, \forall j = 1..M \quad (4)$$

Перейдем от оценки ресурсов сервера к оценке ресурсов всего облака. При построении частного облака мы можем прогнозировать будущую загрузку ВС, так как количество пользователей облака конечно и известно нам. Перспективным является использование нейросетевых технологий для реализации динамического предсказания

загрузки ВС [16-20]. При построении публичного облака такая возможность отсутствует, так как количество пользователей заранее не известно. В этом случае возможно использовать статические методы прогнозной оценки, реализуемые на основе наполненных данных по эксплуатации комплекса.

Определим необходимое число ВС частного облака. При этом, примем, что количество ВМ и их потребление процессорного ресурса известно.

Пусть нам необходимо разместить N виртуальных машин на M вычислительных серверах. Суммарное количество ресурсов всех ВМ не должно превышать суммарного количества ресурсов вычислительных серверов:

$$\sum_{i \in \text{active}(t)} x_{ij}(t) \cdot a_i(t) \leq \sum_{j=1}^M C_{jCPU} \quad (5)$$

Данное условие является необходимым, однако оно не гарантирует размещения всех ВМ на серверах. Например, может случиться так, что даже при выполнении этого условия некоторым ВМ не хватит ресурсов: эти ресурсы будут в доступны в небольшом количестве на всех серверах, но не найдется ни одного сервера с достаточным количеством этого ресурса для размещения ВМ. Количество необходимых вычислительных серверов будет зависеть от оптимальности размещения ВМ в облаке.

Задача оптимального размещения ресурсов по сути является задачей об упаковке применимой к технологии виртуализации [21]. Данная задача известна также как «задача об упаковке в контейнеры» или «задача о рюкзаке». Доказано, что данная задача является NP-трудной [22], поэтому для ее решения применяют алгоритмы которые дают приближительный результат [22, 23]. Для небольших объемов данных можно воспользоваться не полиномиальными алгоритмами [23]. Самым очевидным таким алгоритмом является перебор, имеющий экспоненциальную сложность. Если при размещении ресурсов нужно учесть один параметр, используются одномерные алгоритмы, если таких параметров много, используются многомерные алгоритмы.

Учитывая, что при размещении новой ВМ разрешены миграции уже размещенных ВМ, можно воспользоваться алгоритмами офлайн размещения. Такие алгоритмы дают наиболее близкий к оптимальному результат. Например, доказано, что алгоритм FFD дает результат не более чем $\frac{11}{9} \cdot OPT$ [22], где OPT – минимально возможное количество серверов. Однако, при применении офлайн алгоритмов, добавление каждого нового сервера может привести к большому количеству миграций уже существующих ВМ. Таким образом, применение данных алгоритмов возможно только в системах, где включение и выключение ВМ происходит не так часто, и допустима приостановка работы ВМ на несколько секунд (происходит во время переключения ВМ с сервера на сервер). Миграция ВМ также создает дополнительную нагрузку на локальную сеть, поскольку при миграции происходит перемещение данных оперативной памяти с сервера на сервер.

Применение офлайн алгоритмов допустимо в комплексах виртуализации рабочих мест в условиях ограниченных ресурсов. В этом случае, ВМ не выключаются по окончании работы пользователя, что обеспечивает низкое количество новых размещений и, соответственно, миграций. В том случае, если миграция осуществляется во время работы пользователя с ВМ, происходит замирание мыши на несколько секунд, что также не является критичным.

Для нахождения нижней границы оценки минимального количества вычислительных серверов, воспользуемся оценкой Мартелло-Тосса (Martello&Toth) [23]. При этом, добавим параметр времени, для динамической оценки емкости комплекса виртуализации. Примем, что все вычислительные сервера в нашем облаке одинаковые, то есть:

$$C_{jk} = C_k, \forall j = 1..M, k = 1..K \quad (6)$$

Учтем также, что потребление ресурсов виртуальных машин может меняться во времени. В момент времени t для произвольного $0 \leq \alpha \leq \frac{1}{2} \cdot C_{CPU}$ разобьем множество планируемых для развертывания виртуальных машин $\text{active}(t)$ на подмножества $a1(t)$, $a2(t)$, $a3(t)$, так что:

$$\begin{aligned} a1(t) &= \{i \in \text{active}(t) \mid a_i(t) > C_{CPU} - \alpha\} \\ a2(t) &= \{i \in \text{active}(t) \mid C_{CPU} - \alpha \geq a_i(t) > \frac{1}{2} \cdot C_{CPU}\} \\ a3(t) &= \{i \in \text{active}(t) \mid \frac{1}{2} \cdot C_{CPU} \geq a_i(t) > \alpha\} \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, подмножество $a1(t)$ будет состоять из больших ВМ, $a2(t)$ из средних, а $a3(t)$ из маленьких. Нижней оценкой оптимального количества серверов будет являться:

$$M_1(\alpha, t) = |a1(t)| + |a2(t)| + \max\left(0, \frac{[\sum_{i \in a3(t)} a_i(t) - (C_k \cdot |a2(t)| - \sum_{i \in a2(t)} a_i(t))]}{C_k}\right) \quad (8)$$

Произвести нижняя оценка оптимального количества серверов необходимо также с учетом выбранного параметра α :

$$M_2(\alpha, t) = |a1(t)| + |a2(t)| + \max\left(0, \frac{|a3(t)| - \sum_{i \in |a2(t)|} \frac{C_k - a_i(t)}{\alpha}}{\frac{C_k}{\alpha}}\right) \quad (9)$$

Полученные результаты округляются до целого в большую сторону. Итоговой нижней оценкой оптимального количества серверов будет являться:

$$M(t) = \max\left\{M_1(\alpha, t), M_2(\alpha, t), 0 \leq \alpha \leq \frac{1}{2}\right\} \quad (10)$$

В случае консервативной оценки необходимого количества серверов, предположим, что пиковые значения потребления ресурсов всех ВМ наступает одновременно. Будем считать также что в этот момент количество

развернутых ВМ максимально. При таком подходе мы перестраховываемся от возможной нехватки ресурсов на серверах. Запишем формулы для данного подхода.

Пусть $|active_{max}| = \max(|active(t)|)$. То есть в множестве $active_{max}$ количество ВМ максимально. В таком случае:

$$\begin{aligned} a1_{max} &= \{i \in active_{max} \mid \max(a_i(t)) > 1 - \alpha\} \\ a2_{max} &= \{i \in active_{max} \mid 1 - \alpha \geq \max(a_i(t)) > \frac{1}{2}\} \\ a3_{max} &= \{i \in active_{max} \mid \frac{1}{2} \geq \max(a_i(t)) > \alpha\} \end{aligned} \quad (11)$$

Нижняя оценка оптимального количества серверов:

$$M_{1max}(\alpha) = |a1_{max}| + |a2_{max}| + \max\left(0, \frac{[\sum_{i \in a3_{max}} \max(a_i(t)) - (c_k |a2_{max}| - \sum_{i \in a2_{max}} \max(a_i(t)))]}{c_k}\right), \quad (12)$$

$$M_{2max}(\alpha) = |a1_{max}| + |a2_{max}| + \max\left(0, \frac{|a3_{max}| - \sum_{i \in a2_{max}} \frac{c_k - \max(a_i(t))}{\alpha}}{c_k}\right), \quad (13)$$

$$M_{max} = \max\left\{M_{1max}(\alpha), M_{2max}(\alpha), 0 \leq \alpha \leq \frac{1}{2}\right\} \quad (14)$$

Более реалистичную оценку можно получить по формулам 8-10 в момент времени t' при условии:

$$\sum_{i \in active(t')} x_{ij}(t') \cdot a_i(t') = \max\left(\sum_{i \in active(t)} x_{ij}(t) \cdot a_i(t)\right), \quad (14)$$

То есть, общая загрузка серверов в момент времени t' максимальна. Такой подход к оценке необходимого количества вычислительных серверов является агрессивным и позволяет найти минимум необходимых ресурсов.

Очевидно, что верхнюю оценку оптимального количества серверов можно получить, умножив полученный по формуле 10 результат на коэффициент R , зависящий от используемого алгоритма размещения ВМ на серверах. Коэффициент R является гарантированной относительной точностью алгоритма и вычисляется по формуле:

$$R = \frac{L}{OPT}, \quad (15)$$

где L – получившееся число серверов данным алгоритмом, OPT – оптимальное количество серверов. Максимальное значение коэффициента R рассчитано для большинства известных алгоритмов [23] и является табличным значением. В таблице 1 приведены значения коэффициента R для самых распространенных алгоритмов: «следующий подходящий» (NF), «первый подходящий» (FF), «наилучший подходящий» (BF), «первый подходящий с упорядочиванием» (FFD), «следующий подходящий с упорядочиванием» (NFD), «наилучший подходящий с упорядочиванием» (BFD).

Таблица 1 – Значение коэффициента R для различных алгоритмов оптимального размещения

	Онлайн алгоритмы			Офлайн алгоритмы		
Алгоритм	NF	FF	BF	NFD	FFD	BFD
Значение R	2.000	1.700	1.700	1.691	1.222	1.222

При проведении подобной оценки необходимо учитывать динамическое изменение потребляемых ресурсов в облаке – пользователи самостоятельно запускают и останавливают ВМ в общем пуле ресурсов. В связи с этим для определения необходимого количества ресурсов нужно определить каким образом будет изменяться количество запущенных ВМ в облаке, а также как будет меняться их потребность в ресурсах.

Заключение

Внедрение облачных технологий в ИТ инфраструктуру предприятий позволяет значительно сократить расходы на ее сопровождение за счет оптимизации использования аппаратных ресурсов и упрощения администрирования. Облако виртуальных рабочих мест (DaaS) в данном случае не является исключением – его внедрение приведет к виртуализации рабочих мест и централизации ИТ инфраструктуры. При переходе организации от классических персональных компьютеров к виртуальным рабочим местам необходимо построить инфраструктуру виртуальных рабочих мест (VDI).

При проектировании VDI облака необходимо решить задачу оценки необходимого числа узлов кластера виртуализации на котором будут располагаться виртуальные машины пользователей. Другим фактором, от которого зависит необходимое количество узлов является алгоритм размещения виртуальных машин на ВС. Выбор оптимального алгоритма определяет наиболее плотное размещение ВМ, что приведет к уменьшению необходимого числа узлов.

Для того чтобы учесть вышеперечисленные условия в работе предложена модель оценки необходимого количества узлов кластера виртуализации, основанная на решении задачи об оптимальной упаковке. Использование такого аппарата становится жизненно важным при проектировании облачных платформ с большим объемом потребления. Данный алгоритм определения необходимого количества узлов универсален и может применяться при решении задач проектирования облачных платформ самого разного назначения [6-8, 10-12].

Литература

1. XaaS Check 2010 Status Quo und Trends im Cloud Computing. XaaS Check [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.xaas-check.eu/download.php?cat=00_Willkommen&file=2010-XaaS-Check-Report.pdf, свободный. Яз. нем. (дата обращения 04.12.2013).
2. Беккер М.Я., Гатчин Ю.А., Кармановский Н.С., Терентьев А.О., Федоров Д.Ю. Информационная безопасность при облачных вычислениях: проблемы и перспективы - Научно-технический вестник Санкт-Петербургского университета информационных технологий, механики и оптики. 2011 №1(71) с.98.
3. Jamal M., Qadeer A., Waqar M., Waheed A., Ding J., Virtual Machine Scalability on Multi-Core Processors Based Servers for Cloud Computing Workloads - University of Engineering and Technology 2008, Lahore, Pakistan.
4. Prodan R., Ostermann S. A Survey and Taxonomy of Infrastructure as a Service and Web Hosting Cloud Providers - Institute of Computer Science, 2009 Innsbruck.
5. Cloud-based Desktop Services for Thin Clients [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biblio.ugent.be/input/download?func=downloadFile&recordId=3234753&fileId=3234767>, свободный. Яз. англ. (дата обращения 08.05.2014).
6. Власов А.И., Журавлева Л.В., Шарипов Н.Р., Шарипова А.Ф. Архитектура адаптивных мультисервисных информационно-образовательных систем // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 152-154.
7. Власов А.И., Овчинников Е.М. Банковские и корпоративные автоматизированные информационные системы. принципы, средства и системы документооборота коммерческого банка - Москва. УЦ "Газпром". 1999. 107 с.
8. Верейнов К.Д., Власов А.И., Дудко В.Г., Тимошкин А.Г. Концепция комплексной автоматизации систем управления производством и разработками на базе современного аппаратного и программного обеспечения // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Автоматизированные системы управления производством и разработками. 1994. № 2. С. 50-66.
9. Calcavecchia N., Biran O., Hadad E., Moatti Y. VM Placement Strategies for Cloud Scenarios - IBM Haifa Research Lab, 2011, Haifa, Israel.
10. Власов А.И., Михненко А.Е. Информационно-управляющие системы для производителей электроники // Производство электроники. 2006. № 3. С. 15-21.
11. Власов А.И., Михненко А.Е. Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли // Производство электроники. 2006. № 4. С. 5-12.
12. Яковлев В.Л., Яковлева Г.Л., Власов А.И. Методология построения интегрированных финансово-экономических экспертно-аналитических систем // В сборнике: Молодые ученые - науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения Сборник тезисов докладов международной конференции СНГ. 1999. С. 81-85.
13. Prasad Saripalli, GVR Kiran, Ravi Shankar R, Harish Narware, Nitin Bindal Load Prediction and Hot Spot Detection Models for Autonomic Cloud Computing - Fourth IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing 2011.
14. Pedram M., Hwang I., Power and Performance Modeling in a Virtualized Server System - University of Southern California, 2009 Los Angeles.
15. Bichler M., Speitkamp B. A Mathematical Programming Approach for Server Consolidation Problems in Virtualized Data Centers - Ieee transactions on services computing. 2010 VOL.3 p.4.
16. Шахнов В.А., Власов А.И., Поляков Ю.А., Кузнецов А.С. Нейрокомпьютеры: архитектура и схемотехника - М.: Изд-во Машиностроение. 2000. Приложение к журналу "Информационные технологии". 64 с.
17. Власов А.И. Аппаратная реализация нейровычислительных управляющих систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1999. № 2. С. 61-65.
18. Власов А.И., Колосков С.В., Пакилев А.Е. Нейросетевые методы и средства обнаружения атак на сетевом уровне // В сборнике: Нейроинформатика-2000 2-я Всероссийская научно-техническая конференция: сборник научных трудов в 2 частях. Сер. "Научная сессия МИФИ-2000". 2000. С. 30-40.
19. Власов А.И., Цыганов И.Г. Архитектура корпоративной многоагентной автоматизированной системы фильтрации информационных потоков // Информационные технологии. 2005. № 1. С. 34-41.
20. Власов А.И., Иванов В.В., Косолапов И.А. Методы упреждающего прогнозирования состояния широкополосной сети связи // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С. 1.
21. Hochbaum D. Approximation Algorithms for NP-Hard Problems - PWS Publishing 1996, Boston, p. 46-93
22. Гимади Э.Х., Залюбовский В.В. Задача об упаковке в контейнеры: асимптотически точный подход // Известия высших учебных заведений. 1997 №12(427), с.1.
23. Martello S., Toth P. Knapsack problems. Algorithms and Computer Implementations - John Wiley & Sons. 1990 Chichester p.32-36.

References

1. XaaS Check 2010 Status Quo und Trends im Cloud Computing. XaaS Check [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.xaas-check.eu/download.php?cat=00_Willkommen&file=2010-XaaS-Check-Report.pdf, svobodnyj. Jaz. nem. (data obrashhenija 04.12.2013).
2. Bekker M.Ja., Gatchin Ju.A., Karmanovskij N.S., Terent'ev A.O., Fedorov D.Ju. Informacionnaja bezopasnost' pri oblachnyh vychislenijah: problemy i perspektivy - Nauchno-tehnicheskij vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki. 2011 №1(71) s.98.
3. Jamal M., Qadeer A., Waqar M., Waheed A., Ding J., Virtual Machine Scalability on Multi-Core Processors Based Servers for Cloud Computing Workloads - University of Engineering and Technology 2008, Lahore, Pakistan.
4. Prodan R., Ostermann S. A Survey and Taxonomy of Infrastructure as a Service and Web Hosting Cloud Providers - Institute of Computer Science, 2009 Innsbruck.

5. Cloud-based Desktop Services for Thin Clients [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://biblio.ugent.be/input/download?func=downloadFile&recordId=3234753&fileId=3234767>, svobodnyj. Jaz. angl. (data obrashhenija 08.05.2014).
6. Vlasov A.I., Zhuravleva L.V., Sharipov N.R., Sharipova A.F. Arhitektura adaptivnyh mul'tiservisnyh informacionno-obrazovatel'nyh sistem // Nauchnoe obozrenie. 2012. № 6. S. 152-154.
7. Vlasov A.I., Ovchinnikov E.M. Bankovskie i korporativnye avtomatizirovannye informacionnye sistemy. Principy, sredstva i sistemy dokumentooborota kommercheskogo banka - Moskva. UC "Gazprom". 1999. 107 s.
8. Verejnov K.D., Vlasov A.I., Dudko V.G., Timoshkin A.G. Konceptija kompleksnoj avtomatizacii sistem upravlenija proizvodstvom i razrabotkami na baze sovremennogo apparatnogo i programmno obespechenija // Voprosy radioelektroniki. Serija: Avtomatizirovannye sistemy upravlenija proizvodstvom i razrabotkami. 1994. № 2. S. 50-66.
9. Calcavecchia N., Biran O., Hadad E., Moatti Y. VM Placement Strategies for Cloud Scenarios - IBM Haifa Research Lab, 2011, Haifa, Israel.
10. Vlasov A.I., Mihnenco A.E. Informacionno-upravljajushhie sistemy dlja proizvodelej elektroniki // Proizvodstvo elektroniki. 2006. № 3. S. 15-21.
11. Vlasov A.I., Mihnenco A.E. Principy postroenija i razvertyvanija informacionnoj sistemy predprijatija elektronnoj otrasli // Proizvodstvo elektroniki. 2006. № 4. S. 5-12.
12. Jakovlev V.L., Jakovleva G.L., Vlasov A.I. Metodologija postroenija integrirovannyh finansovo-jekonomicheskikh jekspertno-analiticheskikh sistem // V sbornike: Molodye uchenye - nauke, tehnologijam i profobrazovaniju dlja ustojchivogo razvitija: problemy i novye reshenija Sbornik tezisov dokladov mezhdunarodnoj konferencii SNG. 1999. S. 81-85.
13. Prasad Saripalli, GVR Kiran, Ravi Shankar R, Harish Narware, Nitin Bindal Load Prediction and Hot Spot Detection Models for Autonomic Cloud Computing - Fourth IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing 2011.
14. Pedram M., Hwang I., Power and Performance Modeling in a Virtualized Server System - University of Southern California, 2009 Los Angeles.
15. Bichler M., Speitkamp B. A Mathematical Programming Approach for Server Consolidation Problems in Virtualized Data Centers - Ieee transactions on services computing. 2010 VOL.3 p.4.
16. Shahnov V.A., Vlasov A.I., Poljakov Ju.A., Kuznecov A.S. Nejrokomputery: arhitektura i shemotekhnika - M.: Izd-vo Mashinostroenie. 2000. Prilozhenie k zhurnal "Informacionnye tehnologii". 64 s.
17. Vlasov A.I. Apparatnaja realizacija nejrovychislitel'nyh upravljajushhih sistem // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. 1999. № 2. S. 61-65.
18. Vlasov A.I., Koloskov S.V., Pakilev A.E. Nejrosetevye metody i sredstva obnaruzhenija atak na setevom urovne // V sbornike: Nejroinformatika-2000 2-ja Vserossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija: sbornik nauchnyh trudov v 2 chastjah. Ser. "Nauchnaja sessija MIFI-2000". 2000. S. 30-40.
19. Vlasov A.I., Cyganov I.G. Arhitektura korporativnoj mnogoagentnoj avtomatizirovannoj sistemy fil'tracii informacionnyh potokov // Informacionnye tehnologii. 2005. № 1. S. 34-41.
20. Vlasov A.I., Ivanov V.V., Kosolapov I.A. Metody uprezhdajushhego prognozirovaniya sostojanija shirokopolosnoj seti svjazi // Programmye produkty i sistemy. 2011. № 1. S. 1.
21. Hochbaum D. Approximation Algorithms for NP-Hard Problems - PWS Publishing 1996, Boston, p. 46-93
22. Gimadi Je.H., Zaljubovskij V.V. Zadacha ob upakovki v kontejery: asimptoticheski tochnyj podhod // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. 1997 №12(427), s.1.
23. Martello S., Toth P. Knapsack problems. Algorithms and Computer Implementations - John Wiley & Sons. 1990 Chichester p.32-36.



Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.147

Агапова Ю.Ю.¹, Какунина А.Г.²¹ ORCID: 0000-0001-5560-9727, аспирант; ² ORCID: 0000-0003-2664-4851, соискатель,

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО НЕТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ФОРСИРОВАНИИ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОДНОПУТНЫХ ЛИНИЙ**Аннотация**

В статье рассматривается возможность увеличения провозной способности железнодорожной однопутной магистрали в условиях положительной динамики экспорта угля и его погрузки на железнодорожном транспорте, в том числе в адрес тихоокеанских портов. В работе проведен анализ наличной пропускной способности участков железнодорожной линии. На основе прогнозных значений грузопотока до 100 млн. тонн в год выполнен расчет потребной пропускной способности перегонов Восточного полигона Байкало-Амурской магистрали (БАМ). Дана оценка поэтапного освоения провозной способности с использованием инновационных вагонов с повышенной осевой нагрузкой.

Ключевые слова: провозная способность, масса поезда, инновационный вагон.

Agapova Y.Y.¹, Kakunina A.G.²¹ ORCID: 0000-0001-5560-9727, Postgraduate student; ² ORCID: 0000-0003-2664-4851, Postgraduate student,

Far Eastern State Transport University

PROSPECTS OF INNOVATIVE NON TRACTION ROLLING STOCK IN THE FORCING OF THE LINE CARRYING CAPACITY OF RAILWAY SINGLE TRACKS**Abstract**

The article discusses the possibility of increasing the carrying capacity of a single-track railway line in terms of positive dynamics of coal export and its loading on rail transport, including the Pacific ports direction. The available carrying capacity of sections of the railway line was analyzed in this work. The calculation of required carrying capacity of the running line of the Eastern operating domain The Baikal-Amur mainline (BAM) was worked out based on the freight traffic predicted value up to 100 mln. tons per year. The phased development of carrying capacity using innovative wagons with higher axle load was assessed.

Keywords: carrying capacity, train weight, innovative wagon.

Железные дороги в России исторически несли основную транспортную нагрузку, особенно в отношении грузов. Постепенное развитие трубопроводного и автомобильного грузового транспорта создало значительную конкуренцию в условиях, когда стоимость поддержания огромной железнодорожной инфраструктуры остается высокой. Структурные сдвиги и межвидовая конкуренция ведут к росту зависимости РЖД от нескольких основных видов грузов, в частности экспортной ориентации. Без учета трубопроводов на железнодорожный транспорт в России в последние годы приходится более 85% грузооборота, то есть на дальних маршрутах железные дороги успешно выигрывают конкурентную борьбу за грузы.

По тоннажу погрузки первое место на железнодорожном транспорте занимает каменный уголь, составляя 26% от всех грузов. На втором месте нефть и нефтепродукты — 21%, также большую долю составляют строительные грузы (щебень и др.) — 11,5%. В перевозках же энергетических товаров велика доля экспортных поставок: 48% угля и 45% нефтяных грузов. По данным Росстат Минэнерго России наблюдается динамика роста экспорта угля и его погрузок на железнодорожном транспорте: с третьего квартала 2015 г. устойчивая тенденция к росту, как погрузок угля, так и его экспорта (рис.1) [1].

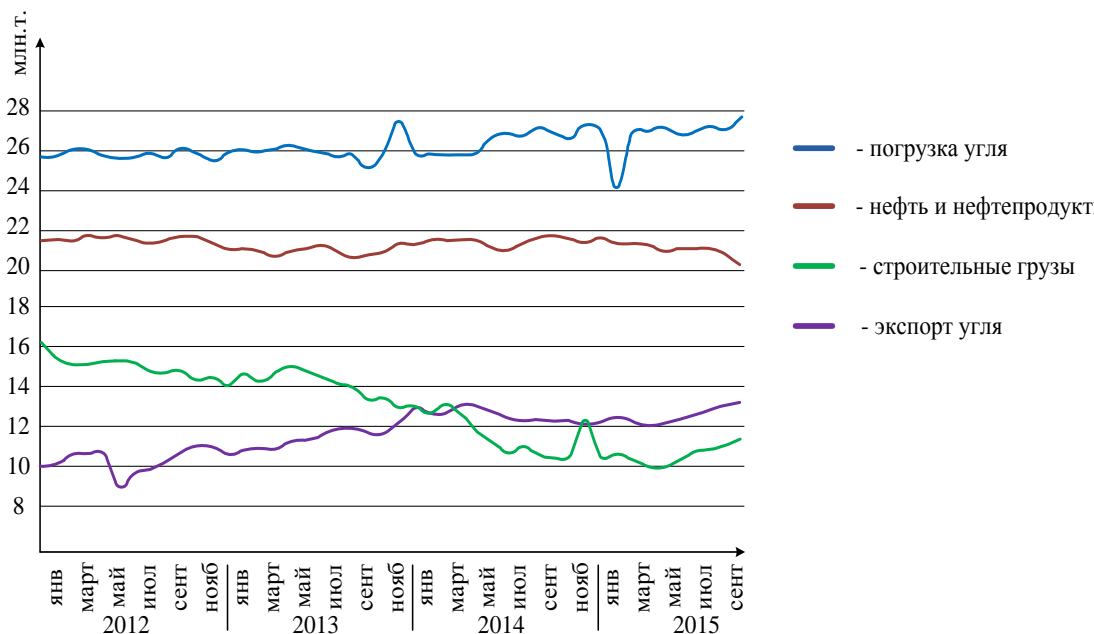


Рис.1 - Объемы погрузки угля, нефти и нефтепродуктов, строительных грузов на железнодорожном транспорте и экспорт угля

В феврале 2016 года доля экспортных грузов, отправляемых со всей сети российских железных дорог в адрес тихоокеанских терминалов, превысила 36% [2]. Таким образом, остается актуальным вопрос о наращивании провозных и пропускных мощностей железнодорожных магистралей ведущих к портам Дальнего Востока, в частности Восточного полигона Байкало – Амурской магистрали.

В настоящее время для реализации таких объемов перевозок магистраль нуждается в значительном техническом перевооружении, особенно её однопутных участков, которые не имеют достаточного резерва пропускных возможностей (рис.2).

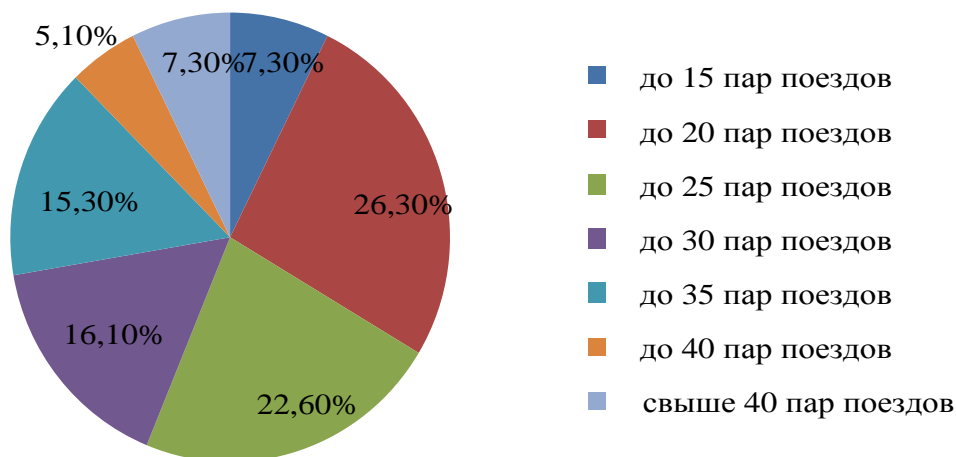


Рис. 2 - Наличная пропускная способность перегонов Восточного полигона БАМа

Согласно положениям Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года, на направлении Кузбасс - Дальний Восток предельная масса грузового поезда будет увеличена до 7,1 тыс. тонн. В настоящее время максимальная масса на участках Восточного полигона БАМ в границах железнодорожных станций Хани и Ванино составляет 5600 тонн. Однако для перехода на перевозку массовых грузов поездами повышенной массы и длины необходимо решить несколько проблем. Во-первых, завершить реконструкцию станций, поскольку только 80% из них имеют пути, способные принять состав из 71 вагона. Инфраструктура пути требует серьезной доработки, а в ряде мест - полной реконструкции. Во-вторых, необходимо принять окончательное решение о формировании подвижного состава для тяжеловесных поездов.

При поэтапном увеличении провозной способности соответственно будут увеличиваться и требуемые размеры движения. Так при массе поезда 5600 или 6300 т каждые последующие 10 млн. тонн груза в год потребуют дополнительно 7 поездов в сутки; при массе - 7100 т – 5 поездов в сутки, следовательно, дефицит пропускной способности перегонов рассматриваемого направления будет возрастать прямо пропорционально росту объемов перевозок (рис.3).

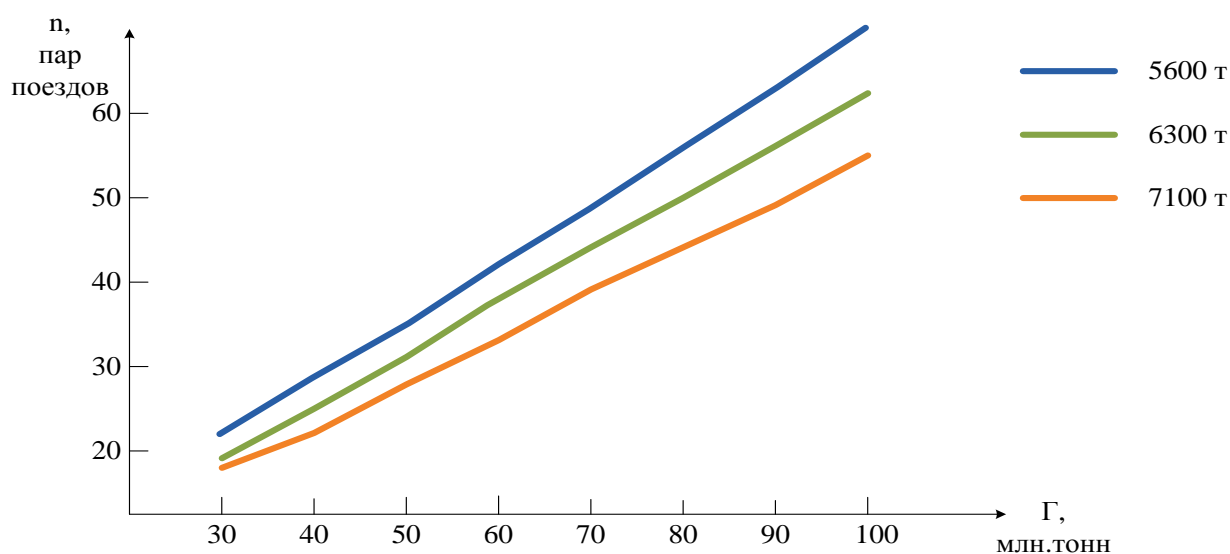


Рис. 3 - Потребные размеры движения при поэтапном увеличении провозной способности

Увеличения массы поезда предполагается достичь с помощью использования вагонов с повышенной грузоподъемностью, а также увеличения их количества в одном составе.

Для организации тяжеловесного движения в настоящее время используются инновационные вагоны с осевыми нагрузками 25 тс производства ПАО «Научно-производственная корпорация «Объединенная Вагонная Компания», ОАО «Научно-производственная корпорация «УралВагонЗавод», ОАО «Алтайвагон». На сети сейчас уже 35 тыс. таких полувагонов [3], а исходя из данных представленных на рис.1 следует, что самым востребованным родом подвижного состава являются как раз полувагоны, спрос на которые с каждым годом растет все больше. На сегодняшний день они не требуют технического обслуживания в пути следования, что значительно ускоряет их продвижение, а заодно сокращает те затраты, которые возникают при осмотре обычных вагонов на технических станциях. Но кроме того бытует мнение о том, что инновационные вагоны оказывают негативное воздействие на путь, но в последние годы верхнее основание значительно усилилось. На всех главных направлениях сети перешли вместо деревянных шпал на железобетонные шпалы усиленной конструкции [3]. Инновационные вагоны применимы на существующей инфраструктуре в полной мере. Ведь они создавались под технические параметры инфраструктуры. Более того, самые последние модели грузовых вагонов имеют параметры, опережающие возможности инфраструктуры, например, в них заложена осевая нагрузка 27 тс [4].

Таким образом, при формировании составов поездов повышенной массы из вагонов с осевой нагрузкой 25 и 27 тс потребная пропускная способность однопутной железнодорожной линии уменьшается (рис. 5,6) в сравнении с формированием поездов установленной массы из вагонов базовой модели (рис.4).

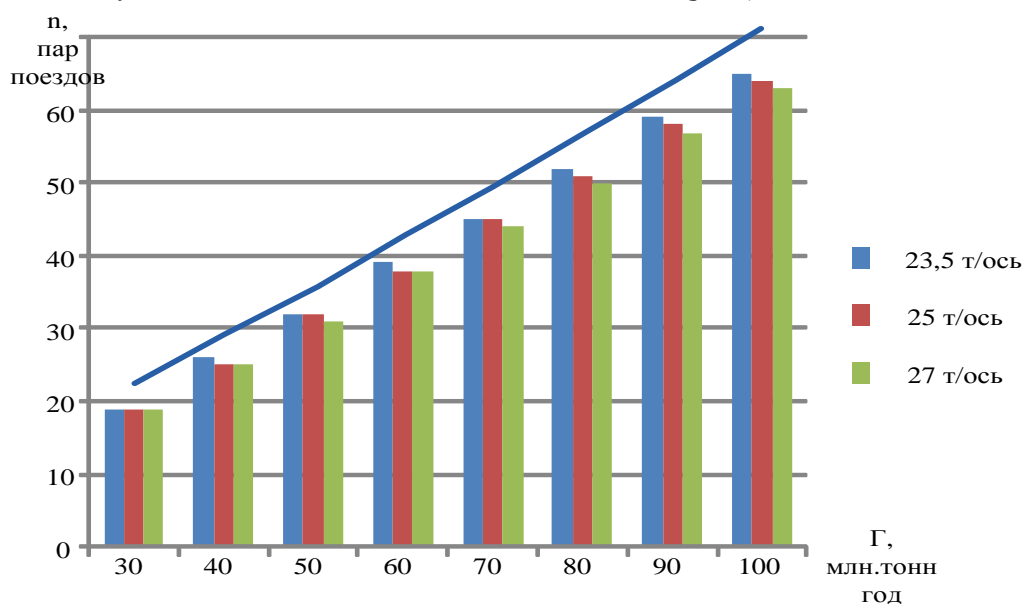


Рис. 4 - Потребные размеры движения при поэтапном увеличении провозной способности при формировании поездов массой 5600 тонн

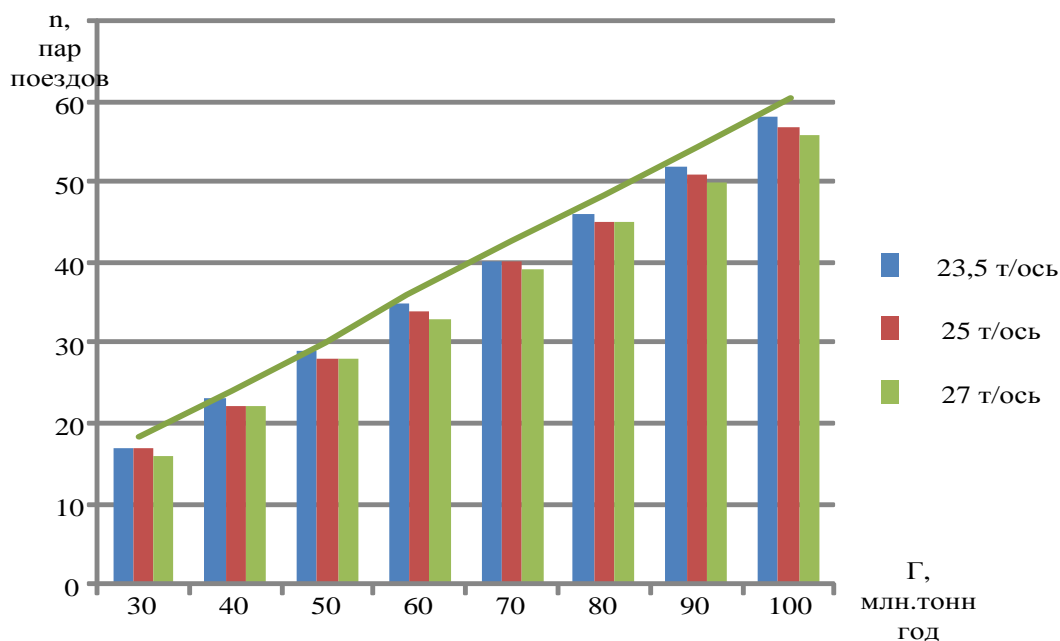


Рис. 5 - Потребные размеры движения при поэтапном увеличении провозной способности при формировании поездов массой 6300 тонн

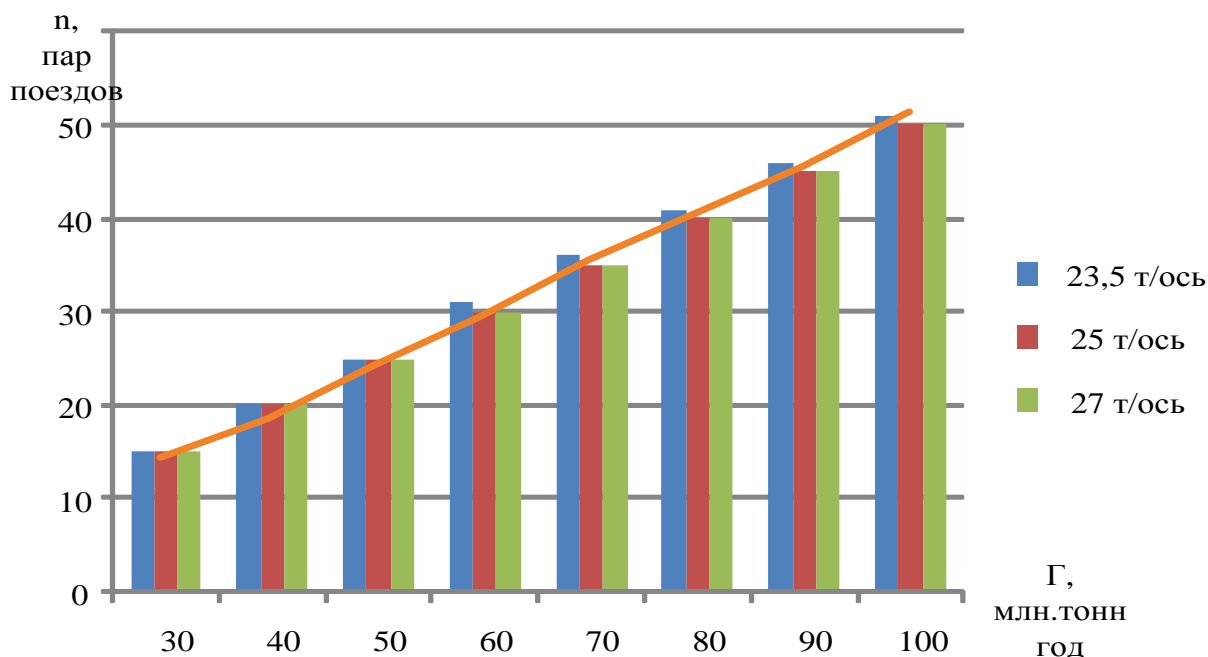


Рис. 6 - Потребные размеры движения при поэтапном увеличении провозной способности при формировании поездов массой 7100 тонн

Использование вагонов с повышенной осевой нагрузкой позволяет сократить дефицит пропускной способности на каждом этапе освоения планируемых объемов грузовых перевозок на Восточном полигоне Байкало-Амурской магистрали. Так при условии формирования поездов повышенной массы - 6300 тонн дефицит пропускной способности сократится на этапах увеличения объемов перевозок:

- от 30 до 40 млн.тонн в год до 16%;
- от 50 до 80 млн.тонн в год до 13%;
- от 90 до 100 млн.тонн в год до 15%,

а при формировании поездов массой 7100 тонн на каждом этапе дефицит сократится на 23%.

Приоритетными задачами является строительство участков пути для тяжеловесных перевозок с осевыми нагрузками, как минимум до 30 тс. Переход на осевые нагрузки 27 тонн даст увеличение грузоподъемности на 14%. Переход на 30-тонные допустимые осевые нагрузки даст увеличение производительности на 20–30%. В сравнении с такими вагонами, вагон старой постройки окажется не эффективным и спрос на новые вагоны возрастет. Только в России потребуется заменить 1,2 млн. имеющихся вагонов. Этим будут удовлетворены желания операторов, собственников вагонов и грузоотправителей [5].

Создание инновационных технологий является колоссальным ресурсом для повышения эффективности железнодорожных перевозок, значимости и конкурентоспособности железных дорог.

Применение инновационного нетягового подвижного состава позволит не только удовлетворить возрастающие объемы погрузки топливно-энергетических ресурсов в адрес портов Дальневосточного региона, но и сократить потребные размеры грузового движения, по сравнению с использованием вагонов базовой модели в составе поездов, кроме того это существенно повысит уровень безопасности движения.

Литература

1. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс] / Бюллетень социально-экономического кризиса в России. Динамика грузоперевозок в России. Декабрь 2015. №8. URL : <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7400.pdf> (дата обращения 20.04.2016)
2. Усов П. Впервые за 15 лет на ДВЖД снизилась повреждаемость вагонов [Электронный ресурс] // Gudok.ru / Грузовые перевозки. URL : <http://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1328856&sphrase=0> (дата обращения 21.04.2016)
3. Иванов П. А. В скорости мировым лидерам не уступаем // Пульс управления. Журнал для руководителей компаний транспортной отрасли. 2016. №1. С. 42-45.
4. Левчук Т. Инновационный вагон – брать или не брать? [Электронный ресурс] // Транспорт России / Железнодорожный транспорт, 2014. URL : <http://www.transportrussia.ru/zheleznodorozhnyy-transport/innovatsionnyy-vagon-brat-ili-ne-brat.html> (дата обращения 21.04.2016)
5. Бороненко Ю. П. Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения // Тезисы докладов VIII международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». 2013. С. 5-8.

References

1. Analiticheskij centr pri Pravitel'stve Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs] / Bjulleten' social'no-jekonomicheskogo krizisa v Rossii. Dinamika gruzoperevozok v Rossii. Dekabr' 2015. №8. URL : <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7400.pdf> (data obrashhenija 20.04.2016)

2. Usov P. Vpervye za 15 let na DVZhD snizilas' povrezhdaemost' vagonov [Elektronnyj resurs] // Gudok.ru / Gruzovye perevozki. URL : <http://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1328856&sphrase=0> (data obrashheniya 21.04.2016)
3. Ivanov P. A. V skorosti mirovym lideram ne ustupaem // Pul't upravleniya. Zhurnal dlja rukovoditelej kompanij transportnoj otrasli. 2016. №1. S. 42-45.
4. Levchuk T. Innovacionnyj vagon – brat' ili ne brat'? [Elektronnyj resurs] // Transport Rossii / Zheleznodorozhnyj transport. URL : <http://www.transportrussia.ru/zheleznodorozhnyj-transport/innovatsionnyj-vagon-brat-ili-ne-brat.html> (data obrashheniya 21.04.2016)
5. Boronenko Ju. P. Strategicheskie zadachi vagonostroitelej v razvitii tjazhelovesnogo dvizhenija // Tezisy dokladov VIII mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Podvizhnoj sostav XXI veka: idei, trebovaniya, proekty». 2013. S. 5-8.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.044

Агаянц И.М.¹, Кузнецов А.С.², Корнюшко В.Ф.³¹Доктор технических наук, профессор, ²ассистент, аспирант, ³доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Московский Технологический Университет, институт Тонких химических технологий

**МОДИФИКАЦИЯ ОСЕЙ КООРДИНАТ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РЕОМЕТРИЧЕСКИХ КРИВЫХ. II. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ
И ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Аннотация

Рассмотрены приемы количественной интерпретации кинетических кривых процесса структурирования эластомерных систем посредством их описания на основе математических моделей нелинейных относительно параметров. Проведен анализ взаимосвязей между параметрами моделей и вулканизационными характеристиками. Показана целесообразность построения обобщенных графических зависимостей между коэффициентами моделей, вулканизационными характеристиками, а также такими новыми величинами, такими как степень вулканизации, скорость вулканизации, ускорение процесса. Установлены пределы изменения параметров моделей.

Ключевые слова: реометрическая кривая, модель, вулканизационная характеристика, параметры модели, анализ соотношений, пределы изменения величин процесса.

Agayants I.M.¹, Kuznetsov A.S.², Kornushko V.F.³¹ PhD in Engineering, professor, ² Postgraduate student, ³ PhD in Engineering, professor, head of the department of Informational systems in chemical technology, Moscow Technological Institute

**MODIFICATION AXES IN RHEOMETER CURVES QUANTITATIVE INTER PRE TATION. REPORT II.
THE RELATIONSHIP OF PARAMETERS OF THE MODEL AND CURE CHARACTERISTICS ANALYSIS**

Abstract

We consider methods of quantitative interpretation of kinetic curves of process structuring elastomeric systems through their descriptions on the basis of mathematical models of non-linear with respect to parameters. The analysis of the relationships between the model parameters and cure characteristics is performed. The expediency of constructing generalized graphical relationships between model coefficients, cure characteristics, and these new values, such as degree of cure, the cure rate, speeding up the process is shown. The limits of the model parameters change are established.

Keywords: rheometer curve model, cure characteristics, parameters of the model, relations analysis, the range of variation of the process variables.

Введение

В настоящее время на производстве изделий из эластомеров широко используются методы контроля процессов смешения и структурирования эластомерных систем с помощью данных виброреометрии.[1, 2] При этом для анализа процесса применяется прежде всего сама реометрическая кривая, дающая определенную информацию о продолжительности индукционного периода вулканизации, продолжительности вулканизации до достижения оптимума, плато вулканизации. Также с кривой снимают некоторые числовые характеристики, показатели процесса структурирования эластомерных систем. Это время начала подвулканизации t_{10} и оптимальное время вулканизации t_{90} . Реометрические кривые полученные в производственных условиях, характеризуются низкой воспроизводимостью, даже в условиях параллельного эксперимента.[1-4] Поэтому обоснованным является использование принципа нормировки, что позволяет снизить влияние неконтролируемых переменных и практических совместить несколько кривых параллельного опыта в одну.

Описание реограмм на основе нелинейных относительно параметров математических моделей позволяет установить относительно простые функциональных соотношения между параметрами моделей и вулканизационными характеристиками, а также использовать такие новые характеристики процесса структурирования, как скорость, ускорение процесса и процентильная ширина.

Анализ основных соотношений между параметрами математических моделей и вулканизационными характеристиками.

Для описания реограмм были выбраны несколько 4-х и 5-ти параметрических моделей. Данные модели относятся к разряду моделей для описания кривых распределений и реализуется в прикладной программе Table Curve 2D (SYSTAT).[4]

Математические выражения для используемых моделей имеют следующий вид:

$$M = a + \frac{b}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)} \quad (1)$$

(8011)

$$M = a + \frac{b}{1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d} \quad (2)$$

(8013)

$$M = a + b \cdot \left(1 - \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right) \right)^{-e} \right) \quad (3)$$

(8092)

В данных соотношениях (с учетом ошибки опыта) параметр a равен величине минимального крутящего момента M_{min} , параметр b соответствуют приращению крутящего момента $M_{max} - M_{min}$, значение параметра c равно вулканизационной характеристике t_{50} .

В ранее проведенных работах показано, что, в связи с низкой воспроизводимостью реограмм целесообразнее использовать не сами значения крутящего момента (момента сопротивления материала деформированию) M , а его безразмерную нормированную характеристику β , вычисляемую по следующей формуле: $\beta = (M - M_{min}) / (M_{max} - M_{min})$. ($\beta \in [0; 1]$) [4, 5]

При этом, с учетом подстановок, выражения для моделей запишутся следующим образом:

$$\beta = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d} \quad (5)$$

$$\beta = 1 - \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right) \right)^{-e} \quad (6)$$

Данная величина характеризует степень завершенности процесса структурирования эластомерных систем. При этом первая производная $\frac{d\beta}{dt}$ представляет собой скорость протекания процесса структурирования и после преобразований записывается следующим образом:

$$1 - \beta = 1 - \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}; \frac{\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)} = \frac{1}{d} \times \beta \times (1 - \beta);$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{1}{d} \times \frac{\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}{\left(1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)\right)^2} \quad (7)$$

Аналогично для моделей 8013 и 8092:

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{d}{c} \times \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d} \right)^{\frac{d-1}{d}} \times \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d} \right) \right)^{\frac{d+1}{d}} \quad (8)$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{e}{d} \cdot \frac{\exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right)}{\left(\exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right) + 1\right)^{\frac{d+1}{d}}}. \quad (9)$$

Выражая время t через степень вулканизации β , получим дифференциальное уравнение следующего вида:

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{1}{d} \cdot \beta \cdot (1 - \beta). \quad (4)$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{d}{c} \cdot \beta^{\frac{d-1}{d}} \cdot (1 - \beta)^{\frac{d+1}{d}}. \quad (5)$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{e}{d} \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - (1 - \beta)^{1/e}). \quad (6)$$

Вторая производная $\frac{d^2\beta}{dt^2}$ характеризует ускорение процесса и может быть выражена следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\beta} \left(\frac{1}{d} \times \beta \times (1 - \beta) \right) &= \frac{1}{d} \times (1 - \beta) - \frac{1}{d} \times \beta = \frac{1}{d} (1 - 2 \times \beta) \\ \frac{d^2\beta}{dt^2} &= \frac{1}{d} \times \beta \times (1 - \beta) \times \frac{1}{d} \times (1 - 2 \times \beta) = \frac{1}{d^2} \times \beta \times (1 - \beta) \times (1 - 2 \times \beta). \\ \frac{d^2\beta}{dt^2} &= \frac{1}{d^2} \times (1 - 2 \times \beta) \times \frac{1 - 2 \times \beta}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)} = \frac{-1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}. \\ \frac{d^2\beta}{dt^2} &= \frac{1}{d^2} \times \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)} \times \frac{\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}{\left(1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)\right)} \times \frac{\left(-1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)\right)}{1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)}; \\ \frac{d^2\beta}{dt^2} &= \frac{1}{d^2} \times \frac{\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right) \times \left(\exp\left(-\frac{t-c}{d}\right) - 1\right)}{\left(1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right)\right)^3}. \end{aligned} \quad (10)$$

Выражения для моделей 8013 и 8092 получаются аналогично и записываются следующим образом:

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{\beta^{\left(\frac{d-1}{d}-1\right)} \times (1 - \beta)^{\frac{d+1}{d}} \times (d-1) - \beta^{\frac{d-1}{d}} \times (1 - \beta)^{\left(\frac{d+1}{d}-1\right)} \times (d+1)}{c} \quad (11)$$

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{1}{d} \cdot \left((e+1) \cdot (1 - \beta)^{1/e} - e \right) \cdot \frac{e}{d} \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - (1 - \beta)^{1/e}). \quad (12)$$

Получение соотношений между параметрами моделей c , d , e и вулканизационными характеристиками t_{10} , t_{50} и t_{90} представляет самостоятельный интерес для интерпретации полученных моделей с учетом физико-химических подходов. [1, 4, 7]

После некоторых преобразований и вычислений вулканизационные характеристики выражаются через параметры моделей следующим образом:

$$\begin{aligned}
\frac{1}{\beta} &= 1 + \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right); \quad \frac{1}{\beta} - 1 = \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right); \quad \frac{1-\beta}{\beta} = \exp\left(-\frac{t-c}{d}\right); \quad \frac{\beta}{1-\beta} = \exp\left(\frac{t-c}{d}\right). \\
\ln\left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) &= \frac{t-c}{d}; \quad t = c + d \times \ln\left(\frac{\beta}{1-\beta}\right); \quad t_{90} = c + d \times \ln\left(\frac{0.9}{0.1}\right) = \tilde{n} + d \times \ln 9 = c - d \times \ln \frac{1}{9}. \\
t_{10} &= c + d \times \ln\left(\frac{0.1}{0.9}\right) = c + d \times \ln \frac{1}{9} = c - d \times \ln 9. \quad t_{90} - t_{10} = d \times (\ln 9 - (\ln 1 - \ln 9)) = \frac{d}{2} \times \ln 9; \quad \frac{\Delta t}{1.5} = \frac{1}{2 \times \ln 9}. \\
4.39 &= \frac{1}{2 \ln 9}; \quad 1.5 \times \ln 9 = t - 10; \quad t = 10 + 1.5 \times \ln 9 \quad \frac{0.9}{0.1} = \exp\left(\frac{t-10}{1.5}\right) \\
t_{90} - t_{10} &= d \times 2 \times \ln 9 = 4.3944 \times d.
\end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
\beta &= \frac{1}{1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d}; \quad \frac{1}{\beta} - 1 = \left(\frac{c}{t}\right)^d = \frac{1-\beta}{\beta}; \quad \frac{1}{\beta} = 1 + \left(\frac{c}{t}\right)^d; \quad \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{\frac{1}{d}} = \frac{c}{t}; \quad t = \frac{c}{\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{\frac{1}{d}}} \\
t_{10} &= \frac{c}{\left(9\right)^{\frac{1}{d}}}; \quad t_{50} = c; \quad t_{90} = \frac{c}{\left(\frac{1}{9}\right)^{\frac{1}{d}}} = c \times 9^{\frac{1}{d}}; \quad t_{90} - t_{10} = c \times 9^{\frac{1}{d}} - \frac{c}{\left(9\right)^{\frac{1}{d}}} = c \times \left(9^{\frac{1}{d}} - 9^{-\frac{1}{d}}\right)
\end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
\beta &= 1 - \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right)\right)^{-e}; \quad 1 - \beta = \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right)\right)^{-e}. \\
\frac{1}{\beta} &= \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right)\right)^e; \quad \left(\frac{1}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{e}} = \left(1 + \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right)\right). \\
\left(\frac{1}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{e}} - 1 &= \exp\left(\frac{t + d \cdot \ln(2^{1/e} - 1) - c}{d}\right); \quad d \times \ln\left(\left(\frac{1}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{e}} - 1\right) = t + d \times \ln\left(2^{\frac{1}{e}} - 1\right) - c \\
t &= d \times \ln\left(\left(\frac{1}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{e}} - 1\right) - d \times \ln\left(2^{\frac{1}{e}} - 1\right) + c \quad t = d \times \frac{\ln\left(\frac{1}{1-\beta}\right)^{\frac{1}{e}} - 1}{2^{\frac{1}{e}} - 1} + c. \\
t_{50} &= c; \quad t_{10} = d \times \frac{\ln\left(\frac{10}{9}\right)^{\frac{1}{e}} - 1}{2^{\frac{1}{e}} - 1} + c; \quad t_{90} = d \times \ln \frac{10^{\frac{1}{e}} - 1}{2^{\frac{1}{e}} - 1} + c \\
t_{90} - t_{10} &= d \cdot \ln\left(\frac{10^{1/e} - 1}{10^{1/e} - 9^{1/e}}\right) + \frac{d}{e} \cdot \ln 9.
\end{aligned} \tag{15}$$

Для полученных функциональных соотношений между коэффициентами моделей и параметрами процесса структурирования для модели 8092 были получены обобщенные графические решения (семейство изолиний) для скорости $\frac{d\beta}{dt}$, ускорения процесса $\frac{d^2\beta}{dt^2}$ и процентильной широты $t_{90}-t_{10}$ от параметров d и e модели. (рис. 1.)

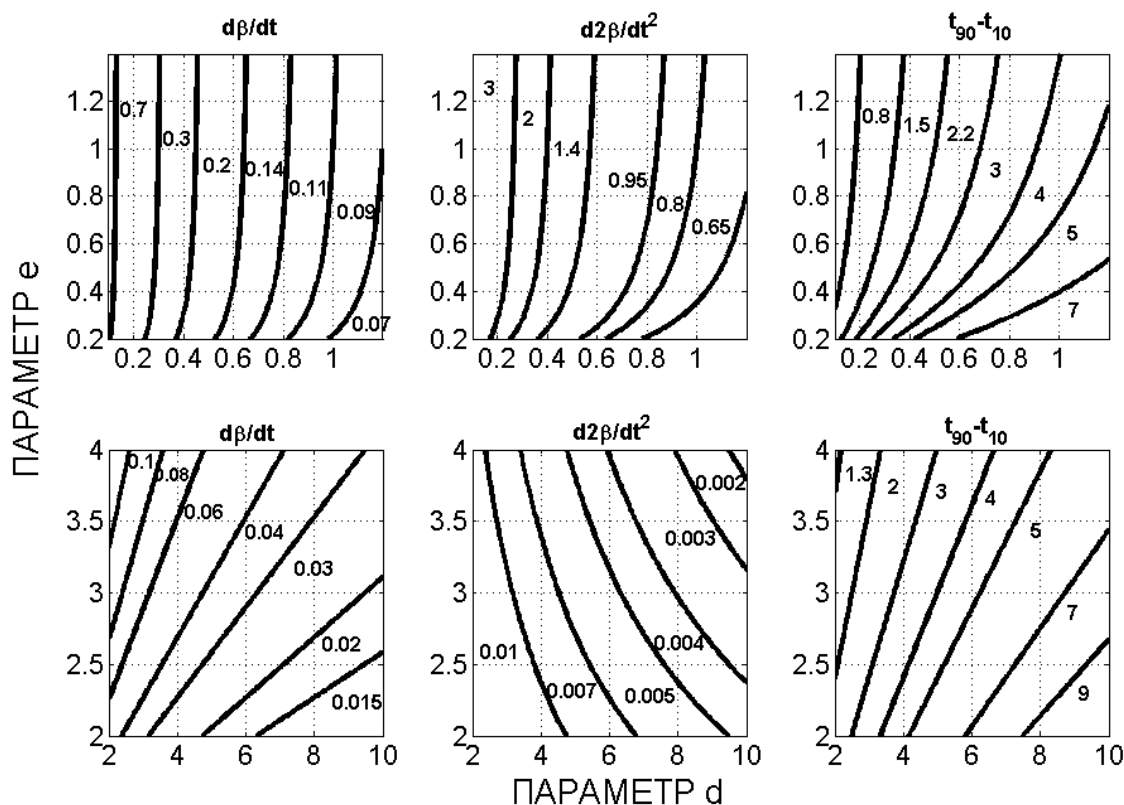


Рис. 1 – Контурные графики изменения скорости вулканизации $\frac{d\beta}{dt}$, ускорения $\frac{d^2\beta}{dt^2}$ и процентильной широты $t_{90}-t_{10}$ от коэффициентов d и e для модели 8092
(верхний ряд – $t=t_{10}$, нижний ряд – $t=t_{90}$).

Модель (1) формально представляют собой интегральную кривую распределения, расстояние между линиями степени вулканизации $\beta=0.9$ и $\beta=0.1$ по горизонтали может рассматриваться как процентильная широта $(t_{C(90)}-c)/d-(t_{C(10)}-c)/d=t_{C(90)}-t_{C(10)}$. Процентильная широта, определяемая соотношением (13), тем больше, чем меньше значение параметра e и чем больше значение параметра d . Та же зависимость наблюдается и для изолиний скорости вулканизации.

Выводы:

1. Построение обобщенных графических решений позволяет отследить тенденции изменения вулканизационных характеристик при варьировании параметров модели.
2. Применение подобных моделей целесообразно по причине того, что их коэффициенты имеют физический смысл, т.е. выражаются через вулканизационные характеристики. Такой подход позволяет интерпретировать модели на основе физико-химических представлений.
3. Предложенные модели математического описания реограмм могут быть использованы для создания информационной базы данных, т.к. хранить параметры моделей в цифровом виде более удобно чем реограммы.

Литература

1. Агаянц И.М., Кузнецов А.С., Овсянников Н.Я. Модификация осей координат при количественной интерпретации кинетических кривых. / Тонике химические технологии, 2015 г. №2 с. 67–70.
2. Агаянц И.М. Азы статистики в мире химии. – М.: Издательство МИТХТ, 2012. –440 с. : ил.
3. Monsanto Accelerator Rheographs, Brussels, 1987; Measuring visco-elastic properties using the MDR 2000 rheometer, Louvain-la-neuve, 1989, 20p.
4. Кашкина Ю.В. Количественная интерпретация кинетических кривых процесса вулканизации в системе организации рабочего места технолога - резинщика: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2005. 24 с.
5. Агаянц И.М. Натуральный каучук, в поисках рецепта. – М.: , 2010. –701 с.
6. Агаянц И.М., Наумова Ю.А., Кузнецов А.С. Анализ корреляционных соотношений в области реометрических исследований резин./ Вестник МИТХТ, 2013 г., т. 8 № 1., с 15–19.
7. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 416 с.

References

1. Agajanc I.M., Kuznecov A.S., Ovsjannikov N.Ja. Modifikacija osej koordinat pri kolichestvennoj interpretacii kineticheskikh krivyh. / Tonike himicheskie tehnologii, 2015 g. №2 s. 67–70.
2. Agajanc I.M. Azy statistiki v mire himii. – M.: Izdatel'stvo MITHT, 2012. –440 s. : il.
3. Monsanto Accelerator Rheographs, Brussels, 1987; Measuring visco-elastic properties using the MDR 2000 rheometer, Louvain-la-neuve, 1989, 20p.

4. Kashkinova Ju.V. Kolichestvennaja interpretacija kineticheskikh krivyh processa vulkanizacii v sisteme organizacii rabocheho mesta tehnologa - rezinshhika: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Moskva, 2005. 24 s.
5. Agajanc I.M. Natural'nyj kauchuk, v poiskah recepta. – M.: , 2010. –701 s.
6. Agajanc I.M., Naumova Ju.A., Kuznecov A.S. Analiz korrelyacionnyh sootnoshenij v oblasti reometricheskikh issledovanij rezin./ Vestnik MITHT, 2013 g., t. 8 № 1., s 15–19.
7. Gartman T.N., Klushin D.V. Osnovy komp'yuternogo modelirovanija himiko-tehnologicheskikh processov. – M.: IKC «Akademkniga», 2006. 416 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.284

Арабов Д.И., Власов А.И.¹, Гриднев В.Н.¹, Григорьев П.В.¹Кандидат технических наук, доцент,

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (FAB LAB) ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация

В данной работе представлена концепция применения ресурсов центров цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники. Рассматриваются аспекты развертывания линейки технологического оборудования цифрового прототипирования. В статье приведен операционный анализ типового ТП прототипирования: фрезерование проводящего рисунка, монтажных, переходных отверстий и контура ПП, металлизация переходных отверстий (2 способа), нанесение паяльной маски, нанесение рисунка шелкографии. Кратко рассмотрен процесс генерации проекта ПП для передачи на линейку оборудования LPKF с подробным описанием этапов технологического процесса. В заключении даны рекомендации по опытному производству.

Ключевые слова: FAB LAB, печатная плата (ПП), Altium Designer, изделия электронной техники, электронная аппаратура, фрезерование, паяльная маска, металлизация.

Arabov D.I., Vlasov A.I.¹, Gridnev V.N.¹, Grigoriev P.V.¹PhD, associate professor,

Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University,

Department of Design and Technology of Electronic Devices

THE CONCEPT OF DIGITAL TOOL PRODUCTION (FAB LAB) FOR PROTOTYPING OF PRODUCTS OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Abstract

In this work the concept of application of resources of the centers of digital tool production (FAB LAB) for prototyping of products of electronic equipment is submitted. Aspects of expansion of a line of processing equipment of digital prototyping are considered. The operational analysis of standard TP of prototyping is provided in article: milling of the carrying-out drawing, assembly, transitional openings and a contour of software, metallization of transitional openings (2 ways), drawing a soldering mask, drawing of silk-screen printing. Process of generation of the software project for transfer on a line of the equipment LPKF with the detailed description of stages of technological process is briefly considered. In the conclusion recommendations about pilot production are made.

Keywords: FAB LAB, printed circuit board (PCB), Altium Designer, products of electronic equipment, electronic equipment, milling, soldering mask, metallization.

Введение

Данная статья посвящена концепции развертывания модульного цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники, интегрированного с синхронными производственными технологиями в условиях комплексной автоматизации [1, 2].

Технологии прототипирования изделий электронной техники предусматривает решение целого ряда задач по передаче (экспорта) цифровой, конструкторской и технологической документации на этапы цифрового производства. Вопросы обеспечения совместимости форматов данных в рамках единого информационного пространства предприятия являются первоочередными [3, 4]. В любом производстве основополагающими факторами являются производительность, стоимость и качество продукции. Технология FAB LAB относительно данных факторов занимает центральную позицию, обеспечивая относительную легкость и дешевизну развертывания.

Начальный этап цифрового инструментального производства является комплексное проектирование узлов и деталей изделий электронной техники с использованием средств САПР. В последнее время все большее распространение находят параметрические средства автоматизированного проектирования, наилучшим образом ориентированные на реализацию комплексных проектов в условиях синхронного проектирования [5]. Обобщенную концепцию развертывания интегрированного цифрового производства нельзя отделять от классической CALS инфраструктуры (рисунок 1) в концепции "бережливого производства" [6].

Вопросы, связанные с автоматизацией проектных схмотехнических, конструкторских и технологических процедур подробно рассмотрены в [7-15]. В этой работе основное внимание уделим особенностям применения FAB LAB на примере изготовления коммутационных структур. Технологии коммутационных структур – основа современного производства ЭА и её узлов [16, 17]. Возможности их штучного изготовления во многом определяют параметры эффективности развертываемого FAB LAB комплекса.

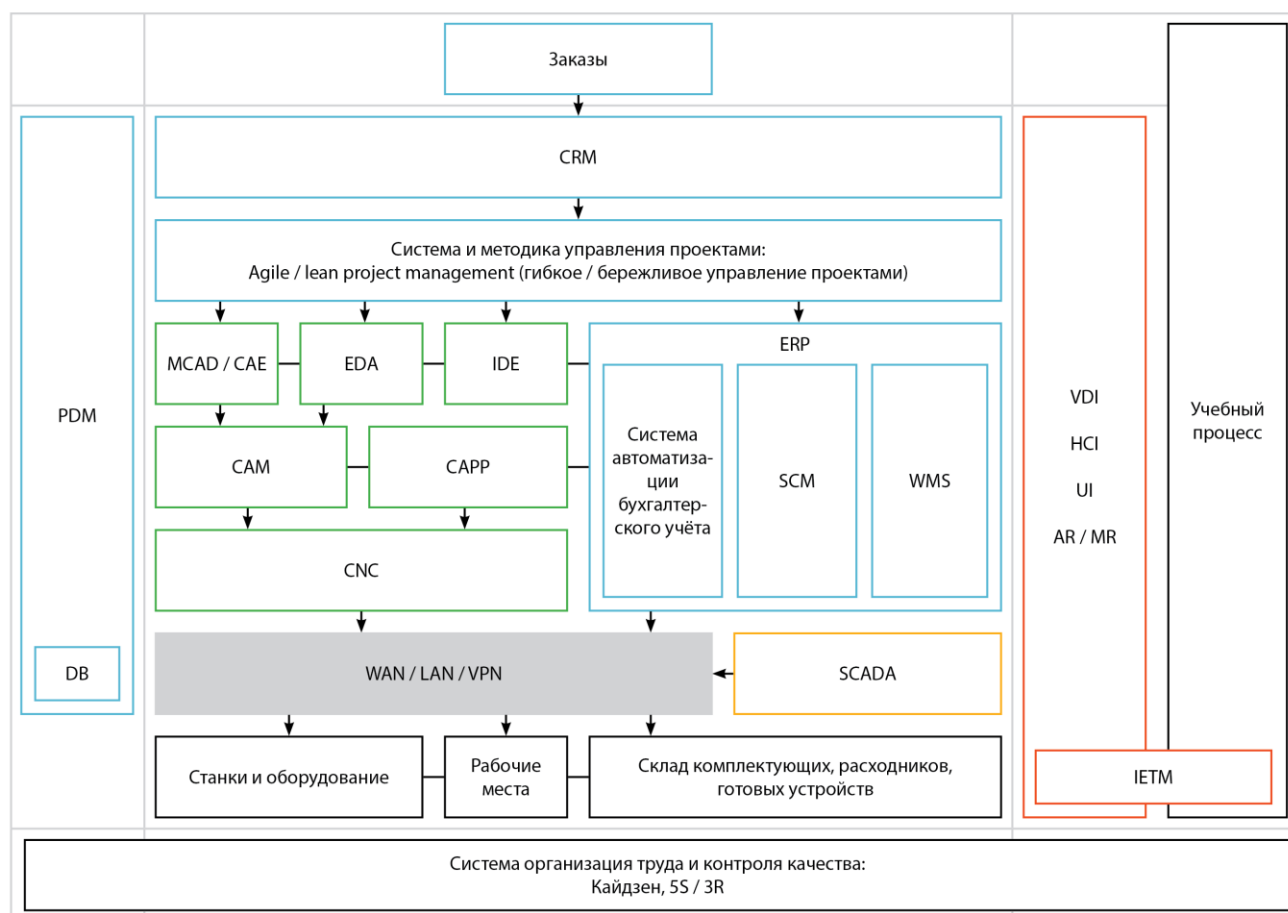


Рис. 1 - Концепция развертывания цифрового инструментального производства в рамках единой CALS инфраструктуры

Существует целый ряд задач, требующих изготовления уникальных коммутационных структур, например:

- макетирование и прототипирование ЭА и её узлов на различных этапах проектирования;
- изготовление штучной неотчетливой аппаратуры по частным заказам частным или непрофильным подрядчиком, не имеющим собственного серийного производства ПП;
- изготовление оснастки для тестирования электронных компонентов, узлов изготавливаемой ЭА, особенно при мелкосерийном и опытном производстве;
- изготовление плат в радиокружках, высших учебных заведения в учебных, научно-исследовательских и других целях;
- изготовление узлов ЭА при ремонте в ситуациях, когда замена на штатные узлы заводского производства затруднена или невозможна.

Технологическая линейка LPKF полностью покрывает все необходимые процессы для опытного изготовления электронных устройств в концепции цифрового производства, начиная от изготовления печатных плат, монтажа и пайки электронных компонентов и визуальной инспекции.

В данной статье будет рассмотрена технология FAB LAB на примере оборудования фирмы LPKF (www.lpkf.ru). Данное оборудование рассчитано для мелкосерийного (лабораторного) производства. В качестве типовой можно рассматривать следующую конфигурацию лабораторного комплекса LPKF:

- станок фрезерно-сверлильный LPKF ProtoMat S103;
- устройство УФ экспонирования UV- Exposure for ProMask;
- станок для печати трафаретов ProtoPrint S RP;
- устройство для монтажа компонентов ProtoPlace S Полуавтоматический установщик компонентов;
- конвекционная печь ProtoFlow S/N2.

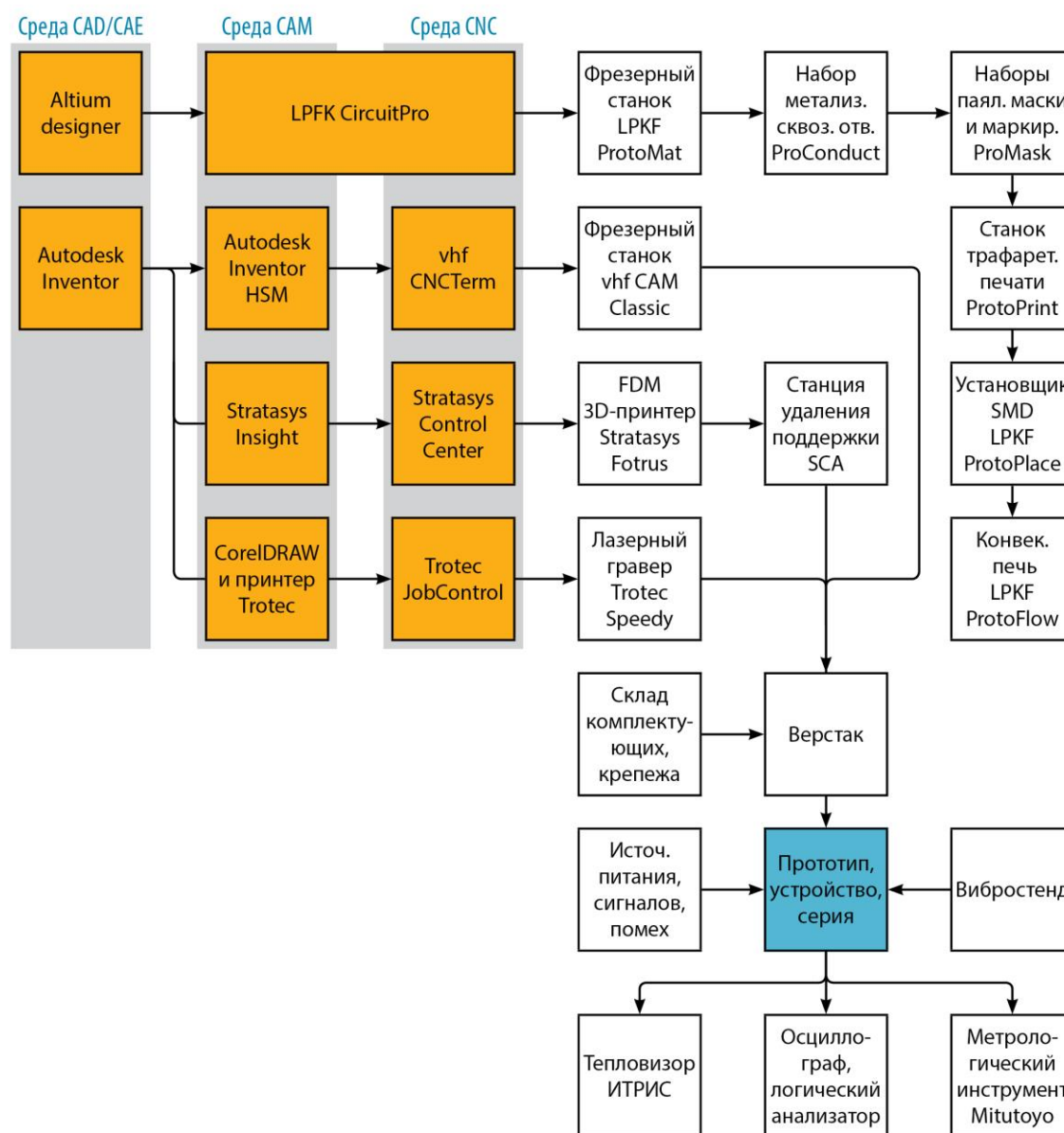


Рис. 2 - Типовая конфигурация цифрового инструментального производства коммутационных структур

Данный комплекс специализирован для производства печатных плат (в основном двухсторонних и односторонних).

1 Структура и состав типового цифрового инструментального производства

Типовой состав цифрового инструментального производства (FAB LAB) включает: лазерные резак, плазменные резак, водоструйные резак, ножовые резак для резки листовых материалов, станки с ЧПУ (3 или более осей), субтрактивные фрезерные и токарные станки, средства быстрого прототипирования (обычно «3D-принтер» из пластика или пластиковых деталей), оборудование для фрезеровки печатных плат (2 мерные, высокоточные фрезерные станки), рабочие места для разработки, сборки и тестирования электронных изделий (рисунок 3).

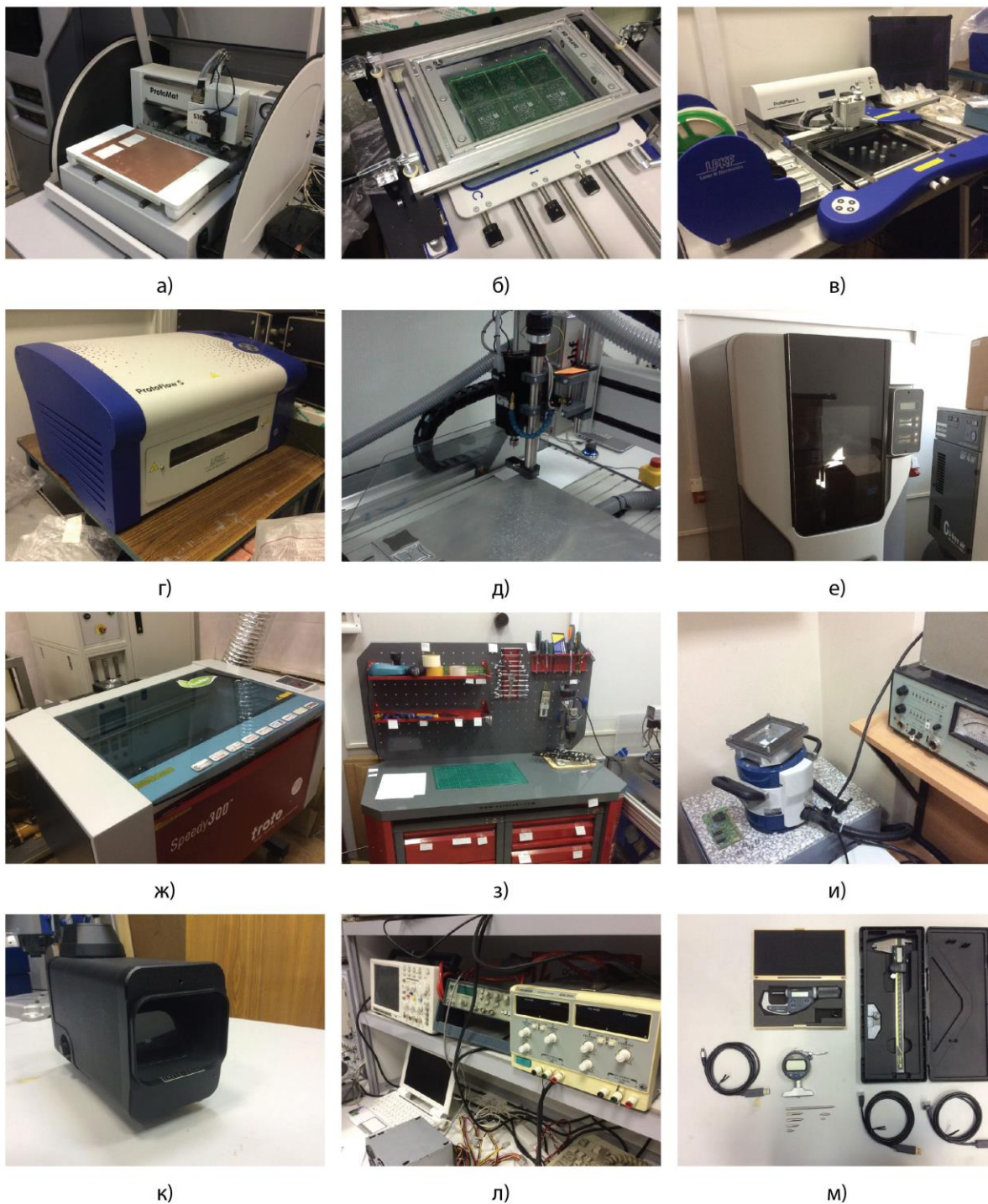


Рис.3 – Типовой состав FAB LAB

(а - Фрезерно-сверлильный станок LPKF ProtoMat, б - Трафаретный принтер LPKF ProtoPrint, в - Установщик компонентов LPKF ProtoPlace, г - Конвекционная печь LPKF ProtoFlow, д - Фрезерно-сверлильный станок vhf CAM, е - 3D-принтер Stratasys Fortus, ж - Лазерный гравер Trotec Speedy, з - Верстак КРОН, и - Вибростенд, к - Тепловизор ИРТИС, л - Электроизмерительное оборудование, м - Метрологический инструмент Mitutoyo)

Преимущественно цифровое инструментальное производство включает фрезерный станок и принтер 3D печати. Более крупные лаборатории предусматривают уже расширенный комплекс оборудования, содержащий, к примеру, в себе уже оборудование фрезеровки печатных плат, оборудования монтажа и пайки компонентов, оборудование нанесения паяльной маски и шелкографии, ПО (программное обеспечение), устройства визуального, функционального и электрического контроля, а также печь (обычно односекционная).

Обобщенный маршрут изготовления коммутационной структуры представлен в таблице 1 (рисунок 2).

Таблица 1 - Обобщенный маршрут прототипирования печатной платы

№	Наименование операции	Наименование оборудования	Примечание
010	Фрезерование проводящего рисунка по программе, импортируемой из специализированного САПР	LPKF ProtoMat S103	В качестве САПР может использоваться Altium Designer
020	Операция послойное наращивание ПП	LPKF MultiPress S	
030	Металлизация переходных и сквозных отверстий	LPKF Easy Contact и LPKF Contac RS (Pro Conduct)	
040	Проявление фотошаблона будущей паяльной маски и шелкографии	LPKF Image Exposure (Pro Mask)	
050	Нанесение паяльной маски и рисунка шелкографии	LPKF Pro Legend	
060	Нанесение паяльной пасты на посадочные места ПП	LPKF ProtoPrint S	
070	полуавтоматический монтаж SMD компонентов	LPKF ProtoPlace S	
080	Пайка в односекционной печи	LPKF ProtoFlow S	
090	Монтаж и пайка BGA комп.	LPKF ProtoPlace BGA	

Используя рассмотренный типовой состав FAB LAB (рисунок 3) полностью реализуются технологии цифрового инструментального производства.

2 Анализ методов изготовления макетов электронных коммутационных структур

Существует большое разнообразие методов по изготовлению макетов электронных коммутационных структур (ЭКС):

- соединения проводников (чаще всего зон припоя и перемычек);
- скрайбирование;
- макетные платы;
- ЛУТ (лазерно-утюжной);
- фотолитография;
- лазерная гравировка;
- механическое фрезерование.

Метод соединения проводников является самым простым из известных. Данная технология позволяет создавать простые коммутационные структуры. Такой метод находит практическое применение в простых лабораториях, в быту и в целях обучения. Трудоемкость данного метода весьма существенная, поэтому применяется для простых ЭКС.

Скрайбирование довольно – трудоемкий метод получения проводящего рисунка, так как механическая резка фольгированного стеклотекстолита занимает большое количество времени. Однако он является недорогим и простым с точки зрения технологичности [17, 18]. Область применения данного метода, как и метода соединения проводников – это изготовление простых ПП.

Макетные платы удобны для демонстрации функционирования устройства, так как все соединения реализуются при помощи перемычек, устанавливаемых в электрически связанные отверстия и пазы. Данный метод экономит время на создание проводящего рисунка. Технология макетных плат позволяет также исправлять недочеты или модифицировать ранее созданные ЭКС при помощи других технологий.

Лазерно-утюжной метод (ЛУТ) является самым простым с точки зрения технологического процесса. Однако вероятность получения четкого рисунка без обрывов проводников не высокая. Популярность данного метода обусловлена дешевизной технологии и низкой трудоемкостью. Такой метод позволяет с определенной долей вероятности получить готовый проводящий рисунок на фольгированном стеклотекстолите (субтрактивный метод).

Фотолитографический метод в определенной степени схож с ЛУТ. Однако точность и качество получения проводящего рисунка выше по сравнению с ЛУТ [17]. Трудоемкость данного метода выше, чем у ЛУТ, так как добавляется определенное количество операций, которые в свою очередь увеличивают время технологического цикла. Данный метод может быть реализован с использованием FAB LAB технологий.

Лазерная гравировка считается наиболее точным и качественным методом получения проводящего рисунка ЭКС, однако сложность и цена оборудования гораздо выше по сравнению с другими методами. Такой метод в быту не применяется. Обычно оборудование такого типа используется в промышленных целях или в технологии FAB LAB. Точность и качества связаны с автоматизацией и программным обеспечением оборудования. Программа, импортируемая из специализированной CAD программы, обрабатывается при помощи специализированного ПО.

Фрезерование наподобие лазерной гравировки является точным и качественным методом получения проводящего рисунка, однако по точности немного уступает лазерной технологии. Данный метод также дороже чем ранее описанные методы. Он может быть полностью автоматизированным как лазерная гравировка, однако не исключается и неавтоматизированное фрезерование. При неавтоматизированном фрезеровании точность намного ниже чем при автоматизированном методе.

Проанализируем результаты оценки качественных и точностных показателей рассмотренных выше методов (рисунок 4).

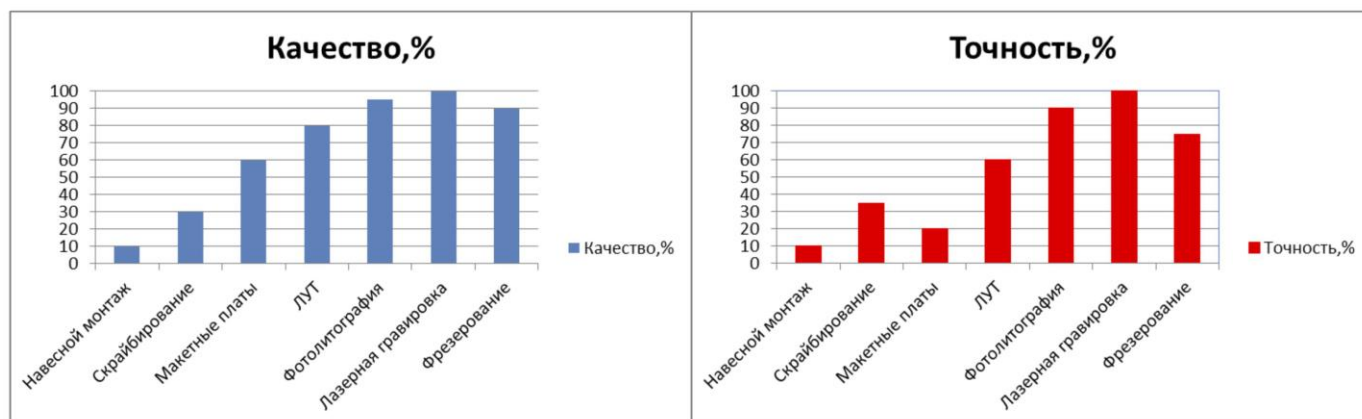


Рис.4 – Анализ методов получения ЭКС

Оценка показателей качества, представленное в процентном соотношении на рисунке 4, подразумевает процент брака, приходящий на партию изготовленных изделий. Из всех методов наиболее качественным и точным является лазерная гравировка, однако он является наиболее дорогостоящим и сложным с точки зрения обучения персонала.

3 Процесс подготовки проекта ПП и импортирования документации в автоматизированное производственное оборудование

Благодаря развитию технологии FAB LAB стало возможно производство устройств и механизмов различной сложности и точности. Современные технологии позволяют применять технологию автоматизации (Altium Designer, SolidWorks, AutoCAD и пр.).

Рассмотрим на примере Altium Designer процесс генерации файла GERBER слоев (верхний, нижний, сверловки, контур печатной платы (ПП), шелкографии, паяльной маски).

Большинство организаций, производящих ПП, не требуют от заказчика действий по генерации готового документа, который в дальнейшем будет читаться автоматизированным оборудованием, а сами за него выполняют данную работу. Однако некоторые требуют от заказчика уже сформированный проект стандарта RS274X.

Обычно FAB LAB лаборатории оснащены простыми трехкоординатными ЧПУ станками. Линейка LPKF представляет собой автоматизированный фрезерный станок с прилагаемым программным обеспечением, позволяющим создавать ПП различной сложности и точности.

В случае ЛУТ генерируем слой проводящего рисунка, который в дальнейшем будем печатать на специальной бумаге и впоследствии утюгом накатывать на фольгированный стеклотекстолит. Впоследствии нанесенный на фольгированный стеклотекстолит резистивный шаблон чернил лазерного принтера будет защищать участки будущего проводящего рисунка от травящего компонента (хлорного железа или медным купоросом).

В случае фотолитографического метода, ранее описанный метод (для автоматизированного производства) также неприменим. Используется также слой проводящего рисунка и который в дальнейшем распечатывается на прозрачной пленке.

Далее рассмотрим технологический процесс производства печатной платы при помощи технологии FAB LAB на примере линейки оборудования LPKF с применением дополнительной технологической оснастки.

4. Применение технологии FAB LAB на практике для производства ПП

Проанализируем процесс изготовления двухсторонней ПП:

1. Импорт Gerber и NC Drills файлов в ПО CircuitPro Oy оборудования LPKF ProtoMat S.
2. Фрезеровка проводящего рисунка на двух сторонах и контура ПП на оборудовании ProtoMat S.
3. Фрезеровка трафарета для нанесения паяльной пасты на оборудовании ProtoMat S.
4. Печать трафарета для проявления паяльной маски.
5. Металлизация переходных и сквозных отверстий при помощи инструмента LPKF Pro Conudct или оборудования для гальванического осаждения проводника LPKF Contac RS.
6. Нанесение паяльной маски при помощи оборудования LPKF Pro Legend.
7. Нанесение паяльной пасты при помощи оборудования LPKF ProtoPrint.
8. Установка компонентов поверхностного монтажа на оборудовании LPKF ProtoPlace S.
9. Пайка в печи LPKF ProtoFlow S.
10. При наличии установка BGA-компонентов на оборудовании LPKF Proto BGA.

После того как вся необходимая документация была подготовлена для производства ПП, необходимо настроить оборудование перед началом эксплуатации (калибровка, импорт документации в ПО автоматизированного оборудования и т.д.).

На этапе подготовки электронной документации к производству ПП при помощи САПР Altium Designer производится экспортирование (генерация) файлов ПП, а именно:

- Gerber – документ, который содержит:
 - 1) Слои металлизации;
 - 2) Слои шелкографии (обычно 2);
 - 3) Слои паяльной пасты;
 - 4) Слои паяльной маски;
 - 5) Слой фрезерования групповой заготовки;
 - 6) Слой фрезерования контура ПП.

- NC Drills – документ сверловки ПП;
- Схемотехнический рисунок (электрическая принципиальная схема)
- Файл (программа) монтажа компонентов на специализированном автомате;
- Step-модель ПП для будущей разработки конструкции.

Следующим этапом будет **процесс импортирования файлов Gerber и NC Drills** в программное обеспечение CircuitProU для фрезерования ПП при помощи LPKF PtoMat S. На рисунке 5 представлен интерфейс программы.

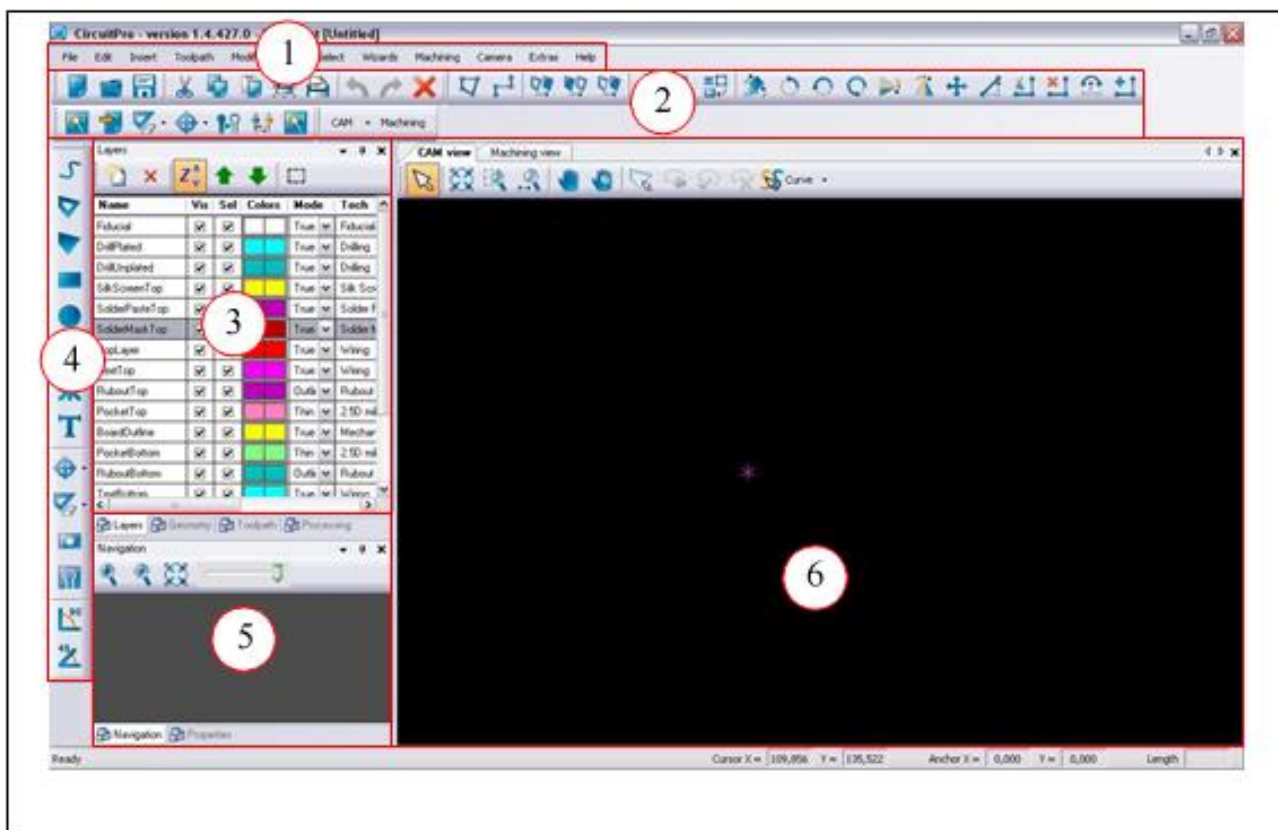


Рис. 5 – Интерфейс ПО CircuitProU

После успешной загрузки файлов в ПО оператор **калибрует** автоматизированное оборудование, а именно:

- задание режима обработки;
- проверка статуса наличия головок;
- выбор соответствующих головок для обработки ПП;
- настройка глубины фрезерования (проверяется при помощи микроскопа).

После загрузки Gerber и NC Drills необходимо указать назначение слоев и соотнести определенному типу инструмента. Следующим шагом будет назначение рабочей области обработки ПП (установка реперных позиций) и запуск программы обработки ПП. По окончании обработки одной стороны ПП, оператор должен перевернуть ПП и зафиксировать на рабочем столе автомата. После этого производятся аналогичные действия как и при обработке первой стороны.

Также данное устройство имеет функцию дозирования паяльной пасты при помощи специального дозирующего шприца, поставляемого в комплекте с оборудованием.

Этап **металлизации переходных и сквозных отверстий** при помощи LPKF ProConduct и Contac RS следует за процессом фрезерования ПП при помощи автоматизированного оборудования LPKF ProtoMat S103. Однако для многослойных также производится металлизация сквозных отверстий, но только после послойного наращивания (для переходных отверстий процесс выполняется также как и в простых ПП). Оборудование для металлизации сквозных и переходных отверстий представлено на рисунке 6.



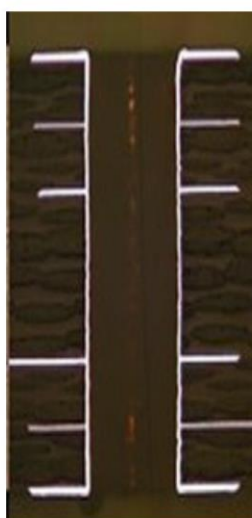
Рис. 6 – LPKF Contac RS (справа) и Mini Contac (слева) (www.lpkf.ru)

Металлизация отверстий производится при помощи ручного инструмента (металлические заклепки с пистолетом), или оборудования для химического осаждения меди (материала металлизации). Для многослойных плат преимущественно применяется последний метод металлизации сквозных отверстий.

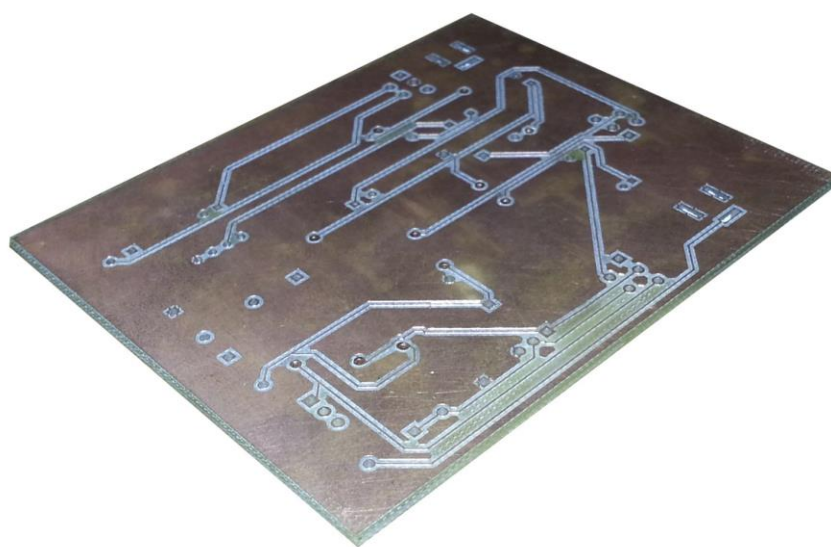
LPKF Contac RS Гальванические системы LPKF Contac RS и MiniContac RS предназначены специально для профессиональной металлизации прототипов печатных плат, а также малых серий. Компактные настольные системы позволяют использовать их при ограниченном месте в лабораторных условиях. Профессиональные знания химии здесь не требуются.

Не требующая использования формальдегида технология, а также подключаемая система LPKF Reverse Pulse Plating позволяют обеспечивать надежную металлизацию проделываемых отверстий даже при малых их диаметрах.

На рисунке 7 представлена 6-слойная плата в разрезе с применением химического меднения при помощи оборудования LPKF Contac RS.



а)



б)

Рис. 7 – Разрез ПП в области сквозного отверстия (а) и общий вид прототипа ПП (б)

Для **реализации многослойных структур** используется оборудование линейки LPKF – MultiPress S. Оно осуществляет послойное наращивание ранее обработанных слоев ПП. Система LPKF MultiPress S спрессовывает многослойные печатные платы с электросхемами из твердых, твердо-гибких и гибких материалов, а также из СВЧ-материалов. За короткое время температура достигает 250°. Соразмерное распределение давления по всей поверхности пресса обеспечивает однородное соединение материала.

Эффективная теплоизоляция и термоотвод гарантируют короткие фазы нагрева и охлаждения. Результатом является оптимальное время процесса. До 9 различных профилей времени, температуры и давления могут быть запрограммированы и активизированы.

После операции послойного наращивания слоев ПП или металлизации сквозных отверстий идет **процесс нанесения паяльной маски** при помощи LPKF ProMask/ProLegend.

Приведем список оборудования необходимого для нанесения паяльной маски:

- лазерный принтер LPKF CircuitCAM – для печати фотошаблона;
- LPKF UV Exposure – экспозиция фотошаблона;
- печь для сушки нанесенной маски;
- валики для нанесения раствора;
- компоненты раствора;

- кисточки;
- LPKF Cleaner – очиститель паяльной маски.

Представленная выше технологическая оснастка и оборудование применяется в данной технологической операции.

Процесс начинается с печатания фотошаблона, который будет закрывать незащищенные места проводящего рисунка (то есть контактные площадки). Фотошаблон может печататься как на обычном лазерном принтере, так и на специализированном фирмы LPKF (Circuit CAM). Фотошаблон должен наноситься на специальную прозрачную пленку.

После нанесения фотошаблона следует процесс подготовки раствора паяльной маски и дальнейшее её нанесение на поверхность платы (обе стороны).

После нанесения паяльной маски плата предварительно просушивается в печи приблизительно 10 минут при температуре 80°C.

После сушки плата отправляется на устройство экспонирования LPKF UV Exposure. ПП устанавливается в специальные зажимы устройства вместе с фотошаблоном, который закрывает требуемые участки проводящего рисунка. Работа устройства занимает около 30 секунд, затем плата извлекается и удаляется фотошаблон.

После этого ПП помещается в ванну с порошком проявителя и горячей водой для очистки непроявленных областей защитной маски при помощи кисточек, поставляемых линейкой LPKF.

Затем ПП отправляется в печь для завершающего отвердевания паяльной маски на 30 минут при температуре 160°C. После извлечения из печи поверхность платы должна быть очищена от грязи и лишнего реагента при помощи LPKF Cleaner.

Процесс **нанесения паяльной пасты** осуществляется при помощи трафарета, изготовленного при помощи сверлильно-фрезерного станка LPKF ProtoMat S, и оборудования линейки LPKF – ProtoPrint S (рисунок 7б).



Рис.7 – LPKF ProtoPlace S (а) и LPKF ProtoPrint S (б) (www.lpkf.ru/)

Настольный ручной прецизионный принтер LPKF ProtoPrint S трафаретной печати для профессионального макетирования плат с многовыводными компонентами для поверхностного монтажа и для производства малых серий высококачественных плат. Высокоразрешающая печать, точное вертикальное разделение трафарета и печатной платы и простая растяжка трафаретных рам обеспечивают современную трафаретную печать.

Для начала изготавливается трафарет для нанесения паяльной пасты (может вырезаться на LPKF ProtoMat S или другом специализированном оборудовании). Затем плата устанавливается на подвижный прецизионный стол с регулировкой по осям X,Y,Z и сверху платы при помощи прецизионных крепежных винтов крепится рамка для нанесения паяльной пасты вместе с трафаретным шаблоном.

В рамку выдавливается паяльная паста и при помощи ракеля, поставляемого в комплекте оборудования, выдавливается на посадочные места через отверстия трафарета.

Чтобы избежать искажения в нанесении паяльной пасты поверх ПП натягивается пленка при помощи зажимов, встроенных в оборудование. Тем самым измеряется погрешность нанесения и в последующих итерациях она компенсируется вследствие настройки регулировочных винтов.

Следующим этапом производства электронного устройства будет Установка компонентов поверхностного монтажа SMD (surface mounted device) на ПП при помощи LPKF ProtoPlace S (рисунок 7а).

Оборудование также имеет визуальный контроль пайки (монитор высокого разрешения), подвижный стол, полуавтоматическую головку и питатели компонентов (бункер и кассеты).

Данное оборудование является полу автоматизированным типом.

Компоненты засыпаются в бункера с номерами, соответствующими определенному типу компонента, а также в ленточные кассеты.

После успешного нанесения паяльной пасты оператор с большой точностью (благодаря микроскопу встроенного в монтажную головку) может установить компонент любого размера. Также в головке присутствует функция фиксации положения, благодаря которой достигается большая точность позиционирования элементов.

Операции, производимые на оборудовании ProtoPlace S:

- подготовка комплектующих (компонентов, распределенных по ячейкам и ленточным кассетам);
- установка платы в специальные зажимы подвижного стола;

- монтаж компонентов, извлекаемых из питателей, непосредственно на соответствующие посадочные места;
- контроль качества монтажа компонента.

Также данное оборудование, как и LPKF ProtoMat 103S, имеет функцию дозирования паяльной пасты благодаря встраиваемому шприцу.

После операции монтажа компонентов на оборудовании LPKF ProtoPlace S следует операция **пайки в односекционной печи** LPKF ProtoFlow S.

Конвекционная печь LPKF ProtoFlow S для производства прототипов печатных плат. С наивысшей достижимой температурой 320°C она годится также для бессвинцовой пайки.

Устройством LPKF ProtoFlow S легко управлять с помощью четырех навигационных кнопок, кроме того, оно имеет многочисленные программные профили. LCD-монитор и интуитивно обслуживаемое программное обеспечение дополняют определяемые оператором специфические функции. Большой проем для наблюдения позволяет вести контроль за протекающим процессом.

Все параметры процесса перепроверяются, управляются и архивируются с помощью компьютера.

LPKF ProtoFlow S позволяет расширить свои возможности с помощью четырех устанавливаемых в различных местах температурных датчиков. Они протоколируют значения температуры на электронных компонентах или на печатной плате. Посредством монитора компьютера температурный профиль можно наблюдать и контролировать в реальном времени.

Операции, производимые на оборудовании:

- установка ПП в выдвижной стол при помощи регулируемых фиксаторов;
- выбор при помощи кнопочного меню и дисплея тип температурного профиля для соответствующего типа платы и припоя.
- запуск процесса пайки.

Пайка BGA компонентов при помощи LPKF ProtoPlace BGA производится при помощи специализированного оборудования линейки LPKF – ProtoPlace BGA.

Монтаж компонентов с выводами, расположенными с нижней стороны корпуса, требует надёжной и точной юстировки компонентов перед пайкой. Это позволяет отказаться от использования дорогостоящих систем контроля и избежать сложного ремонта.

Система LPKF ProtoPlace BGA создана для точного размещения компонентов в корпусах BGA, CSP и Flip Chip, а также для компонентов с малым и сверхмалым шагом выводов. Система предназначена для использования как в лабораториях, так и в серийном производстве.

В результате мы рассмотрели технологический цикл изготовления прототипа устройства при помощи технологии FAB LAB, реализованной на оборудовании линейки LPKF. Как было описано выше, данная технология прототипирования пользуется высокой популярностью для единичного производства и лабораторных условий.

Развертывая FAB LAB комплексы в рамках синхронных технологии производства необходимо уделять внимание 3D моделированию устройства в комплексе, вопросам развития 3D step моделей в библиотеках посадочных мест, общим процедурам сквозного управления проектами, контроля и мониторинга бизнес процессов [19, 20].

Нельзя игнорировать и процесс формирования документации, он очень скрупулезный и ответственный, так как в зависимости от качества синтезированного файла будет зависеть качество печатной платы, полученной в процессе производства. Для этого инженеры должны уделять внимание не только предыдущим этапам проектирования электронных коммутационных структур, но и также данному процессу проектирования ПП. Они должны тщательно согласовывать документацию с поставщиками, проверять и корректировать проект печатной платы перед тем как передать на производство. Активно использовать методы генерационного синтеза, картирования, ведения библиотек шаблонов для повышения степени повторяемости отдельных элементов и конструкций [21 - 23].

Заключение

В данной изложена концепция применение ресурсов центров цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования электронных коммутационных структур. Представлен анализ различных технологий изготовления электронных устройств и приведена статистика, указывающая на преимущества и недостатки методов прототипирования. Даны рекомендации по типовому составу производственных лабораторий FAB LAB и их применения на примере производственного оборудования фирмы LPKF.

В настоящее время данная технология набирает популярность у производителей. Также она популярна в целях обучения начинающих специалистов по производству электроники. Опытная конфигурация FAB LAB развернута в лаборатории цифрового инструментального производства кафедры ИУ4 "Проектирование и технология производства ЭА" МГТУ им.Н.Э.Баумана (www.iu4.ru).

Литература

1. Арабов Д. И., Лавин С. С., Иевский Д. С. и др. Разработка концепт-дизайна модельного ряда «Навигатор» систем GPS/ГЛОНАСС/ГАЛИЛЕО//Сборник трудов 9-ой международной конференции «Научные технологии и интеллектуальные системы -2007». -М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 23-24 апреля 2007. -С. 239-264.
2. А.А.Арабов, А.И. Власов, В.Н.Гриднев, Д.Е. Зотьева, В.В.Маркелов FAB-LAB технологии быстрого прототипирования изделий электронной техники // Материалы II международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: методология, теория и практика. – Нижний Новгород, ЦСРНИ, 2 июня 2014 г. – С.157 –161.
3. А.И.Власов, А.Е.Михненко Информационно-управляющие системы для производителей электроники // Производство электроники: технологии, оборудование материалы. - 2006. - №3.- С.15-21.
4. Власов А.И., Михненко А.Е. Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли // Производство электроники: технологии, оборудование материалы. 2006. № 4. С. 5-12.

5. Дембицкий Н.Л., Назаров А.В. Модели и методы в задачах автоматизированного конструирования радиотехнических устройств - Москва, Изд-во МАИ. 2011. Сер. Научная библиотека. 203 с.
6. Власов А.И., Ганев Ю.М., Карпунин А.А. Системный анализ "бережливого производства" инструментами визуального моделирования // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2015. №4. С.19-25.
7. Курносенко А.Е., Соловьев В.А., Арабов Д.И. Программные модули для организации совместного проектирования электронной и механической составляющих изделия в САПР SOLID EDGE/NX // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 3 (155). С. 85-89.
8. Камышная Э.Н., Парфенов Е.М., Шерстнев В.В. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭА И ЭВА - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1988. Том 1. 34 с.
9. Горюнов П.Н., Камышная Э.Н., Маркелов В.В. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1993. Том 2. 23 с.
10. Горюнов П.Н., Камышная Э.Н., Маркелов В.В. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 1995. Том 3. 36 с.
11. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2003. Том 4. 34 с.
12. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Резчикова Е.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2000. Том 5. 35 с.
13. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2000. Том 6. 43 с.
14. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2001. Том 7. 24 с.
15. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А. Программное обеспечение конструкторских расчетов РЭС И ЭВС - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2003. Том 8. 28 с.
16. ТЕХНОЛОГИЯ ЭВА, Оборудование и автоматизация / Алексеев В.Г., Гриднев В.Н., Нестеров Ю.И. и др. – М.: Высшая школа, 1984. – 392 с.
17. Гриднев В.Н., Гриднева Г.Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств - Москва, Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2014. Сер. «Конструирование и технология электронных средств». Том 2. 344 с.
18. А.А. Адамова, А.И. Власов Визуальное моделирование адаптации подготовки производства к выпуску новой продукции // Информационные технологии в пр. и производстве. – 2014. - №2. - С.46-56.
19. Маркелов В.В., Власов А.И., Камышная Э.Н. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 1 (5). С. 35-42.
20. Власов А.И. Пространственная модель оценки эволюции методов визуального проектирования сложных систем // Датчики и системы. 2013. № 9 (172). С. 10-28.
21. Власов А.И., Журавлева Л.В., Тимофеев Г.Г. Методы генерационного визуального синтеза технических решений в области микро- наносистем // Научное обозрение. 2013. №1. - С.107-111.
22. Журавлева Л.В., Власов А.И. Визуализация творческих стратегий с использованием ментальных карт // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 1 (21). С. 133-140.
23. Тимошкин А.Г., Власов А.И. О Стратегии и тактике маркетинговой политики многопрофильной компьютерной фирмы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1996. № 9. С. 59-61.

References

1. Arabov D. I., Lavin S. S., Ievskij D. S. i dr. Razrabotka koncept-dizajna model'nogo rjada «Navigator» sistem GPS/GLONASS/GALILEO//Sbornik trudov 9-oj mezhdunarodnoj konferencii «Naukoemkie tehnologii i intellektual'nye sistemy -2007». -M.: MGTU im. N. Je. Bauman, 23-24 aprelja 2007. -S. 239-264.
2. A.A.Arabov, A.I. Vlasov, V.N.Gridnev, D.E. Zot'eva, V.V.Markelov FAB-LAB tehnologii bystrogo prototipirovanija izdelij jelektronnoj tehniki // Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: metodologija, teorija i praktika. – Nizhnyj Novgorod, CSRNI, 2 ijunja 2014 g. – S.157 –161.
3. A.I.Vlasov, A.E.Mihnenko Informacionno-upravljajushhie sistemy dlja proizvodelej jelektroniki // Proizvodstvo jelektroniki: tehnologii, oborudovanie materialy. - 2006. - №3.- S.15-21.
4. Vlasov A.I., Mihnenko A.E. Principy postroenija i razvertyvanija informacionnoj sistemy predprijatija jelektronnoj otrasli // Proizvodstvo jelektroniki: tehnologii, oborudovanie materialy. 2006. № 4. S. 5-12.
5. Dembickij N.L., Nazarov A.V. Modeli i metody v zadachah avtomatizirovanogo konstruirovaniya radiotekhnicheskikh ustrojstv - Moskva, Izd-vo MAI. 2011. Ser. Nauchnaja biblioteka. 203 s.
6. Vlasov A.I., Ganev Ju.M., Karpunin A.A. Sistemnyj analiz "berezhlivogo proizvodstva" instrumentami vizual'nogo modelirovanija // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2015. №4. S.19-25.
7. Kurnosenko A.E., Solov'ev V.A., Arabov D.I. Programmnye moduli dlja organizacii sovmestnogo proektirovanija jelektronnoj i mehanicheskoy sostavljajushhih izdelija v SAPR SOLID EDGE/NX // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2014. № 3 (155). S. 85-89.
8. Kamysnaja Je.N., Parfenov E.M., Sherstnev V.V. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeA I JeVA - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Bauman. 1988. Tom 1. 34 s.
9. Gorjunov P.N., Kamysnaja Je.N., Markelov V.V. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Bauman. 1993. Tom 2. 23 s.
10. Gorjunov P.N., Kamysnaja Je.N., Markelov V.V. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Bauman. 1995. Tom 3. 36 s.
11. Kamysnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.A. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Bauman. 2003. Tom 4. 34 s.

12. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Rezchikova E.V., Solov'ev V.A. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Baumana. 2000. Tom 5. 35 s.
13. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.A. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Baumana. 2000. Tom 6. 43 s.
14. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.A. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Baumana. 2001. Tom 7. 24 s.
15. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.A. Programmnoe obespechenie konstruktorskih raschetov RJeS I JeVS - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Baumana. 2003. Tom 8. 28 s.
16. TEHNOLOGIJA JeVA, Oborudovanie i avtomatizacija / Alekseev V.G., Gridnev V.N., Nesterov Ju.I. i dr. – M.: Vysshaja shkola, 1984. – 392 s.
17. Gridnev V.N., Gridneva G.N. Proektirovanie kommutacionnyh struktur jelektronnyh sredstv - Moskva, Izd-vo MGTU im.N.Je.Baumana. 2014. Ser. «Konstruirovaniye i tehnologiya jelektronnyh sredstv». Tom 2. 344 s.
18. A.A. Adamova, A.I. Vlasov Vizual'noe modelirovanie adaptacii podgotovki proizvodstva k vypusku novoj produkcii // Informacionnye tehnologii v pr. i proizvodstve. – 2014. - №2. - С.46-56.
19. Markelov V.V., Vlasov A.I., Kamyshnaja Je.N. Sistemnyj analiz processa upravleniya kachestvom izdelij jelektronnoj tehniki // Nadezhnost' i kachestvo slozhnyh sistem. 2014. № 1 (5). S. 35-42.
20. Vlasov A.I. Prostranstvennaja model' ocenki jevoljucii metodov vizual'nogo proektirovaniya slozhnyh sistem // Datchiki i sistemy. 2013. № 9 (172). S. 10-28.
21. Vlasov A.I., Zhuravleva L.V., Timofeev G.G. Metody generacionnogo vizual'nogo sinteza tehniceskikh reshenij v oblasti mikro- nanosistem// Nauchnoe obozrenie. 2013. №1. - S.107-111.
22. Zhuravleva L.V., Vlasov A.I. Vizualizacija tvorcheskikh strategij s ispol'zovaniem mental'nyh kart // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. 2013. № 1 (21). S. 133-140.
23. Timoshkin A.G., Vlasov A.I. O Strategii i taktike marketingovoj politiki mnogoprofil'noj komp'juternoj firmy // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. 1996. № 9. S. 59-61.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.172

Бажин В.Ю.¹, Мартынов С.А.²

¹Доктор технических наук, ²ORCID: 0000-0001-7201-0142, магистрант,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Аннотация

В статье обсуждаются вопросы повышения эффективности управления тепловыми и химическими процессами в дуговых печах при разработке алгоритма управления их безаварийной работы дуговой печи. Выполнено моделирование различных процессов разрушения электрода таких как: эрозия боковых поверхностей электрода, его торца, обвалка колодцев в программной среде ANSYS 15.0, позволяет выявить отклонения и эффективно решить вопросы организации автоматизированного мониторинга работы печей в условиях действующего производства.

Ключевые слова: автоматизация, мониторинг, дуговые печи, алгоритм, электрод, расплав.

Bazhin V.Yu.¹, Martynov S.A.²

¹PhD in Engineering, ²ORCID: 0000-0001-7201-0142, graduate student,
National Mineral Resources University "Mining University"

THERMAL MANAGEMENT AND ELECTROCHEMICAL PROCESSES IN ARC FURNACES

Abstract

The article discusses the issues of improving the efficiency control of thermal and chemical processes in arc furnaces in the development of the control algorithm of trouble-free operation of electric arc furnaces. The simulation of different processes of destruction of the electrode such as erosion of the side surfaces of the electrode, its end, deboning wells in the software environment ANSYS 15.0, allows you to identify deviations and efficiently solve the issues of organization of monitoring of furnaces in the conditions of production.

Keywords: automation, arc furnace, algorithm, electrode.

Известно, что прототипом современных дуговых печей ДСП является изобретенная в 1899г. во Франции инженером П. Эру (P. Heroult) печь прямого действия с двумя электродами. В России первая печь такого типа была установлена в 1910 на Обуховском заводе в Петербурге. Исследованию и разработке способов повышения эффективности процесса производства металла в ДСП посвящено ряд работ зарубежных и отечественных ученых: Морозов А.Н., Поволоцкий Д.Я., Зинуров И.Ю., Стомахин А.Я., Егоров А.В., Малиновский В.С., Фукс Г., Педро А.А., Гелер К.[3]

В настоящее время в дуговых печах производится около 850 млн. тонн металла в год или 33% от всего валового выпуска. При этом, остаются нерешенные проблемы такие как, повышение эффективности дуговых при снижении простоя печей в результате безаварийной работы. [5]

В последние годы из-за существенного сокращения продолжительности плавки и дефицита времени на принятие оперативных технологических решений требования к качеству автоматизации значительно повысились.

Во время производства стали в электродуговых печах существуют высокие потери электроэнергии. В первую очередь они связаны с неудовлетворительным качеством углеграфитовых электродов, и их неправильной эксплуатацией. Также другими причинами, снижающим эффективность работы печной установки являются:

- низкое качество отечественных электродов, что приводит к их быстрому разрушению,

- изгиб электрода из-за упора о токонепроводящие элементы при его погружении в шихту;
- удар электродов о твёрдую поверхность шихты во время зажигания дуги с локальными разрушениями,
- обгорание торца электрода и разрушение боковых поверхностей электрода из-за эрозии,
- попадание огарков и золы в расплав и обвалка колодцев во время процесса плавления.

В тепловом анализе обычно вычисляют температуры и скорость теплового потока, также можно вычислить удельный тепловой поток. Стационарный тепловой анализ позволяет найти отклик системы на установившуюся температурную нагрузку, через решение уравнения:

$$[C(T)]\{\dot{T}\} + [K(T)]\{T\} = \{Q(t, T)\}$$

где t – время, $\{T\}$ – температурное поле, $[C]$ – матрица удельной теплоёмкости, $[K]$ – матрица теплопроводности, $\{Q\}$ – вектор скорости генерации тепла в системе.

В стационарном тепловом анализе исключаются все изменяющиеся во времени параметры допускаются нелинейные эффекты:

$$[K(T)]\{T\} = \{Q(T)\}.$$

Для статического анализа в уравнении движения все зависящие от времени слагаемые равны нулю:

$$[K]\{x\} = \{F\}.$$

Цель линейного статического анализа – найти отклик в конструкции на статическую нагрузку. Вычисляемыми параметрами являются смещение, силы реакции, напряжения и деформации, по уравнению движения:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F(t)\}$$

где $[M]$ – матрица масс, $[C]$ – матрица демпфирования, $[K]$ – матрица жесткости, $\{x\}$ – перемещение, $\{F\}$ – сила. [2]

Моделирование в ANSYS эрозии электрода

При горении дуги, вследствие разогрева происходит интенсивное эрозионное разрушение графитированного электрода с боковых поверхностей и с торца за счет окисления, сублимации зерен графита, разрушения материала связующего. Повышенная эрозия материала электрода в расплав приводит к чрезмерному науглероживанию расплава. Уменьшение диаметра электродов вследствие эрозии боковых поверхностей приводит к дополнительным потерям мощности. На основании входных данных был смоделирован процесс погружения электродов в шихту в программной среде ANSYS 15.0 (рис. 1). [6]

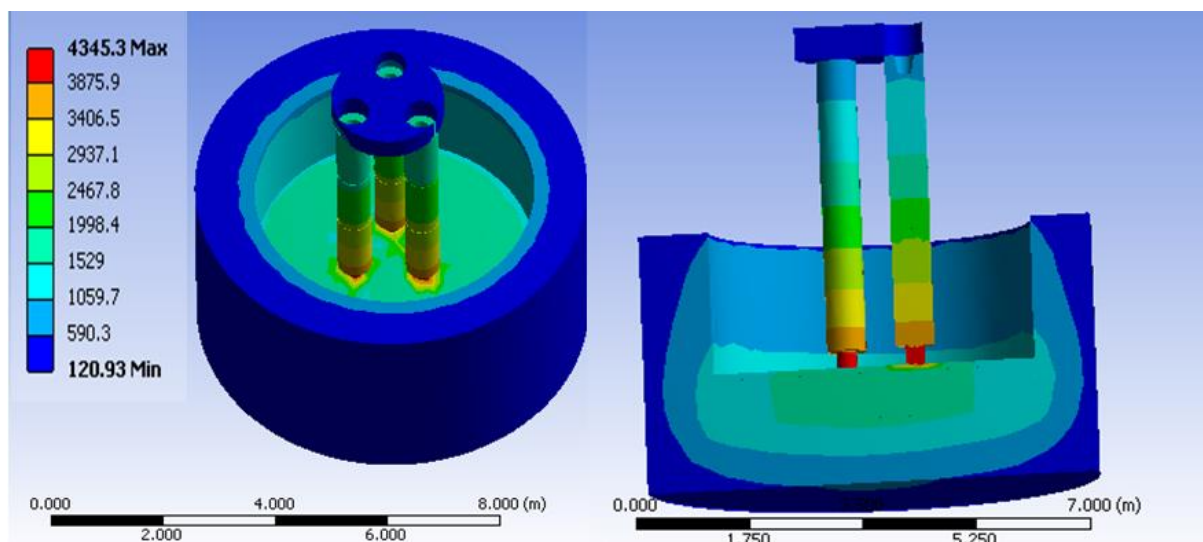


Рис.1 - Температурное поле в пространстве печи.

По мере расплавления шихты электрод опускается вниз, образуя колодцы. В процессе работы печи эти колодцы могут обваливаться, что приводит к короткому замыканию и дополнительным механическим нагрузкам на ниппельное соединение электрода (рис. 2). Обвалы колодцев могут быть двух типов: обвал токонепроводящей шихты, которая не образует короткого замыкания, а только механически воздействует на электрод, и обвал обычной шихты.

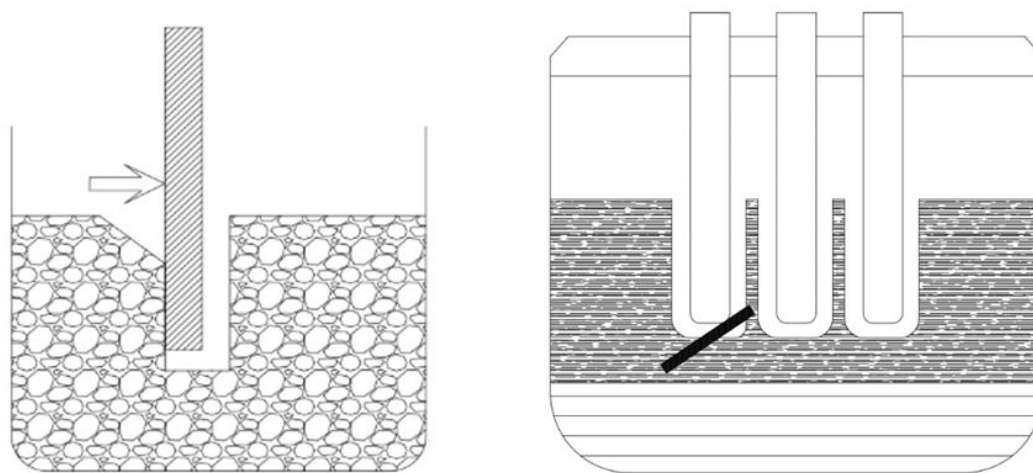


Рис.2 – Обвалка колодцев и упор электрода на электронепроводящую препятствие

Вследствие упора электрода в токонепроводящую шихту из-за наличия явления блуждания дуги происходит ее перемещение в направлении токопроводящей среды с расплавлением этого участка электропроводной шихты. Наблюдается постепенное удлинение дуги и увеличение напряжения. После этого, регулятор дает команду на дальнейшее опускание электрода. Электрод при движении продавливает препятствие, заставляя его смещаться в направлении наименьшего сопротивления. При этом, второй конец электрода жестко закреплён в контактном соединении электрододержателя, поэтому и происходит его изгиб. Вследствие явлений частичного радиального смещения токонепроводящей шихты, а также (либо) проскальзывания электрода относительно ее контактной поверхности, степень изгиба электрода может возрастать. Поскольку площадь поперечного сечения ниппельного соединения электрода существенно меньше его сплошного сечения, то на практике поломка электрода возникает в основном по ниппельному соединению во время процесса плавления верхних слоев шихты.

Построение алгоритма работы печи

В качестве меры предотвращения поломок электродов в результате взаимодействия его с токонепроводящей шихтой предлагается следующее решение: прерывание процесса плавления, поднятие электрода и устранение из печи самой токонепроводящей шихты.

В процессе поднятия электрода, предпринимаемого из-за обрушения токонепроводящей шихты на его боковую поверхность, длина плеча, на котором на электрод действует усилие реакции со стороны шихты, практически не меняется. Условие работы электрода вплоть до его выхода из контакта с шихтой не ухудшаются, а после выхода улучшаются.

Для уменьшения процесса эрозии на боковых поверхностях можно исключить моменты во время процесса плавления, когда мощность на дуге будет выделяться чрезмерно большая, больше чем допустима по технологии. Также предлагается обрабатывать боковые поверхности электрода специальным покрытием, уменьшающим взаимодействие с кислородом. Для уменьшения температуры электрода предлагается сделать его полым на $1/3$ или $1/2$ его длины и охлаждать изнутри, а другой конец сделать наращиваемым. [4]

Известно, что температурный перепад в теле электрода, т. е. разница между температурой стенки ТСТ и центра ТЦ электрода, не должен превышать некоторого критического значения, в противном случае из-за термических напряжений возможно образование разного рода трещин, приводящих к обрыву электрода по скоксованной части. Отмеченная зависимость температур стенки и в центре электрода от потребляемой мощности предполагает возможность непрерывного контроля температурного перепада в теле электрода и при работе печи. [1]

Выводы

Моделирование процессов, происходящих в электродуговой печи в программной среде позволило сделать ряд выводов и особенностей работы электродуговых печей в экстремальном режиме:

- выполнен аналитический обзор проблем эффективного управления процессами в дуговых печах,
- рассмотрены особенности разрушения свечи электрода под воздействием механической деструкции, перегрева, и электрохимического воздействия,
- смоделированы технологические ситуации разрушения электродов при помощи ПК ANSYS 15.0,
- разработан алгоритм управления безаварийной работы дуговой печи.

Проведенные мероприятия позволяют повысить экономическую эффективность процесса плавки.

Литература

1. Автоматизированный контроль параметров работы на основе электрофизических явлений в ванне руднотермической печи. [Текст] / Белоглазова И.И., Бажин В.Ю., Суслов А.П. Педро А.А. / LAP Lambert Academic Publishing: 2016. – С. 175-180.
2. ANSYS Workbench 10-11 - учебные материалы [Электронный ресурс] URL: <http://cae.ustu.ru/cont/soft/ansys.htm>.
3. Дуговая сталеплавильная печь [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 6.04.2016).
4. Разработка алгоритмов и систем управления дуговыми сталеплавильными печами, снижающие поломки электродов. [Текст] / Маслов Д.В. / Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2014.

5. Разработка методов расчета и способов снижения угара металла при выплавке стали в дуговой сталеплавильной печи. [Текст] / Шишимиров М.В. / Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2003.

6. Электроды дуговых печей [Электронный ресурс] URL: <http://uas.su/books/2011/dsp/32/razdel32.php> (дата обращения 6.04.2016).

References

1. Automated control of operation parameters based on electro physical phenomena in the bath of ore-thermal furnace. [Text] Beloglazov I. I., Bazhin V. Yu., Suslov, A. P. Pedro A. / LAP Lambert Academic Publishing: 2016. – P. 175-180
2. ANSYS Workbench 10-11 - learning materials [Electronic resource] URL: <http://cae.ustu.ru/cont/soft/ansys.htm>
3. Electric arc furnace [Electronic resource] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (accessed 6.04.2016).
4. Development of algorithms and control systems of electric arc furnaces, which reduces damage to the electrodes. [Text] / D. V. Maslov / Author. Dis. Candidate. Tech. rich. Moscow, 2014.
5. Development of methods of calculation and ways to reduce the waste of metal in smelting steel in an electric arc furnace. [Text] / Shishimirov M. V. / Author. Dis. Candidate. Tech. rich. Moscow, 2003.
6. Electrodes of arc furnaces [Electronic resource] URL: <http://uas.su/books/2011/dsp/32/razdel32.php> (accessed 6.04.2016).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.113

Бажин В.Ю.¹, Смольников А.Д.², Петров П.А.³

¹Доктор технических наук, ²Аспирант, ³ORCID: 0000-0002-2883-9823, Кандидат технических наук, Санкт-Петербургский горный университет

КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ «ЭЛЕКТРОЛИЗ 600+»

Аннотация

Для развития российской алюминиевой промышленности в соответствии с мировыми тенденциями необходима новая концепция энергоэффективного производства алюминия в криолит-глиноземных расплавах в электролизерах на силу тока 600 кА и выше. В этой статье выявлена и обоснована возможность внедрения новой высокоамперной технологии получения алюминия. Также приведены основные отличительные особенности высокоамперных технологий по сравнению с электролизерами средней мощности. Рассчитаны конструкционные и экономические показатели электролизных ячеек согласно концепции «Электролиз 600+».

Ключевые слова: «Электролиз 600+», АПГ, модель электролизера.

Bazhin V.U.¹, Smol'nikov A.D.², Petrov P.A.³

¹PhD in Engineering, ²Postgraduate student, ³ORCID: 0000-0002-2883-9823, PhD in Engineering, Saint-Petersburg Mining University.

CONCEPT OF ENERGY EFFICIENCY ALUMINUM PRODUCTION «ELECTROLYSIS 600+»

Abstract

For developing of Russian aluminum industry according to global trends, it's necessary to make a new concept of energy efficiency production of aluminum in alumina-cryolite melts for 600 kA and more current. The possibility of implementation of new high-amperage aluminum producing technology was identified and proved in this article. The main features of high-amperage technologies in comparison with medium-amperage technologies are also presented. The construction and economics parameters of electrolysis cells «Electrolysis 600+» are calculated.

Keywords: «Electrolysis 600+», APG, electrolysis model.

В настоящее время в период неустойчивой экономической ситуации и низких цен на цветные металлы перед алюминиевыми продуцентами ставится задача добиться максимальных технических и экономических показателей на единицу производственной площади при снижении материальных и энергетических затрат. Актуальной становится оптимизация технологических параметров на сверхмощных высокоамперных электролизерах и реализация проектов и технологий электролитического получения алюминия на силу тока более 600 кА. Существующие технологии высокоамперного электролиза на электролизерах с обожженными анодами мощностью 300-400 кА доказали [6,7], что возможно дальнейшее повышение эффективности процесса за счет усовершенствования конструкции, оптимизации прогрессивных технических решений при использовании новых материалов и высококачественного сырья.

На территории России преобладает устаревшая технология получения алюминия на электролизерах с верхним токоподводом (технология Содерберга), и большинство заводов ОК РУСАЛ нуждаются в коренной модернизации процесса. Единственным преимуществом отечественных производителей является их приближенность к дешевым источникам электроэнергии. Сегодня только два завода КрАЗ и БрАЗ, построенные в 70-е годы прошлого века, производят 50% всего российского алюминия с выходом по току 88-89% и расходом электроэнергии 16200 кВт·ч/т [1].

Достигнутые на передовых зарубежных алюминиевых предприятиях показатели подтверждают эффективность выбранного направления: выход по току достигает 95 %, расход технологической электроэнергии составляет 12500-13000 кВт·ч/т Al, расход анодов 500-510 кг/т Al, фторида алюминия 15-17 кг/т Al [2,5]. Применение обожженных анодов значительно снижает выбросы смолистых веществ, в том числе бензапирена, и других вредных компонентов от электролизера. Снижению выбросов вредных веществ на высокоамперных электролизерах способствует возможность применения более герметичных укрытий с высоким КПД, систем автоматизированного питания глиноземом, уменьшающих время работы электролизеров с открытыми укрытиями [3,4].

Основными отличительными особенностями высокоамперных технологий по сравнению с электролизерами средней мощности являются:

- использование для питания электролизера (только через системы АПГ) глинозема песочного типа, фторсолей, фторированного глинозема и оборотного криолита
- работа в заданном интервале низких концентраций глинозема 2-5% по технологии без анодных эффектов (0,05 шт/сут);
- низкий уровень металла (18-20 см) и высокий уровень электролита (20-22 см);
- использование в процессе только кислых электролитов с заданным интервалом $KO=2,2-2,4$;
- отказ от применения свежего криолита взамен оборотного криолита;
- использование фторированного глинозема ГОУ в качестве питания и корректировки КО по заданным алгоритмам;
- возможность работы на плотностях тока близких критическим значениям 0,9-0,95 А/см²;
- большие скорости (до 18-20 см/сек) движения расплава в электролизной ванне с точками равновесия;
- новый состав укрывных материалов, обеспечивающий стабилизацию теплового и материального баланса [8];
- технология «завод-автомат», с использованием при обслуживании многофункциональных кранов, механизмов и робототехники при постоянном сканирующем мониторинге технологического состояния электролизера;
- катодное устройство шпангоутного типа с дополнительными ребрами охлаждения с использованием высокографитированных катодных блоков замкового типа, и боковой карбидокремниевой футеровки с искусственными профильными настылями.

Повышение единичной мощности электролизера и рациональная компоновка основного технологического оборудования в корпусах электролиза обеспечивает увеличение съема металла с 1 м² производственной площади и снижает удельные затраты на создание электролизного производства. Применение малоотходных и безотходных технологических процессов, способствующих использованию уловленных химических реагентов, также снижает эксплуатационные затраты.

В России единственным продуцентом по производству электролитического алюминия является ОК РУСАЛ, на долю которого приходится около 9% мирового рынка алюминия и 18% глинозема. Несмотря на то, что компания в 2014 и 2015 году провела массовую остановку нерентабельных производств в западном дивизионе (остановлены полностью или частично электролизные производства на заводах в Волхове, Волгограде, Каменск-Уральском, Красноуральске, Новокузнецке и т.д.), она производит 3,3 млн. тонн алюминия и более 10 млн. тонн глинозема в год, полностью обеспечивая себя сырьем и электроэнергией [9]. В настоящее время выпуск отечественного первичного алюминия на высокоамперных электролизерах, весьма ограничен ($\approx 20\%$ от внутреннего валового выпуска Al), из-за сохранения технической политики, направленной на «реанимацию» технологии Содерберга (более 2,5 млн. т в год первичного алюминия), и неконкурентоспособности разработанных электролизеров РА-300 и РА-400 по сравнению с зарубежными аналогами. В России на сегодня работают две серии с электролизерами ОА более 300 кА (серия, которая объявлена заводом ХАЗ и 5-я серия на Иркутском алюминиевом заводе) [2]. Начинается пуск Богучанского алюминиевого завода с расчетной годовой производительностью более 550 тыс. т. Проект Тайшетского алюминиевого завода остановлен, в первую очередь из-за слабой конструкторской проработки электролизеров РА-400. За последние 20 лет не реализовано ни одного проекта электролизного производства в зарубежных странах, с другой стороны, проекты, разработанные в институте ВАМИ, нашли свое применение во многих странах мира. Не смотря на это, ИТЦ РУСАЛ, не учитывая ошибки и недостатки предыдущих проектов, отказавшись от сотрудничества со специалистами по электролизу ведущих российских ВУЗов, начал разработку электролизеров ОА на силу тока 550 кА.

Представляет научно-технический интерес разработка альтернативного электролизера с амперной нагрузкой более 600 кА с последующей реализацией его в некоторых странах Ближнего Востока и Азии, обладающих алюминиевыми активами.

Модель электролизера «Электролиз 600+» состоит из четырех основных узлов:

- Катодное устройство с модернизированным кожухом шпангоутного типа, углеграфитовая футеровка из 25 подовых секций, покрытых специальным интегрированным пьезонапылением из диборида титана, имеет искусственную настыль и проемы для дренажа металла. Между блоками вмонтированы карбидо-кремниевые вставки, под блоками предусматривается проложить барьерный слой из нефелина для предотвращения образования электролитных линз. Карбидо-кремниевая боковая футеровка имеет заданный профиль с учетом МГД – ситуации.
- Анодное устройство, состоящее из трех массивов, с 64-мя обожженными анодами управляется независимыми приводами и передаточными механизмами для подъема и опускания анодного массива. Данные приводы позволяют корректировать МГД профиль расплава в зависимости от ситуации. Аноды имеют специальные пазы для отвода анодных газов с подожвы, которые расположены под углом 30°, в отличие от существующих технологий.
- Ошиновка из пакетов катодных шин и анодная ошиновка с 6-ю усиленными стояками и ассиметричными катодными шинами, снабженными компенсаторами.
- Укрытие с 64-мя боковыми крышками со специальными захватами, торцевыми створками и системой газохода, обеспечивающее практически полную герметичность электролизера, имеет дополнительный аэрационный привод для равномерного отвода газов по всей длине.

Электролизер управляется при помощи АСУТП за счет обратных сигналов с ПИД регуляторов (преобразователь интегрально дифференциальный), подаваемых от интеллектуальной системы оптимизации АПГ фирмы ООО «Самоззи». Сотрудники кафедры АТПП СПбГУ активно сотрудничают с этой фирмой и имеют положительные результаты технической деятельности на зарубежных алюминиевых заводах.

В ходе выполняемой работы проведен конструкционный расчет электролизера мощностью 600 кА. Рассчитаны материальный, электрический и тепловой балансы (табл. 1). Также рассчитаны конструкционные параметры электролизной ванны на силу тока 600 кА (табл. 2).

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели электролизера ЭОА-600

Наименование	Величина
Сила тока, кА	600
Анодная плотность тока, А/см ²	0,92
Выход по току, %	95,2
Производительность электролизёра, кгАл/ сут.	4588,27
Среднее напряжение, В	4,0
Расход электроэнергии, кВт·ч/тАл	12950
Расход глинозема, кг/тАл	1905
Расход AlF ₃ , кг/тАл	15
Расход обожженных анодов (брутто/нетто), кг/тАл	515/426
Срок службы, суток	4000
Объем отводимых газов, нм ³ /час	20500
Суммарные выбросы фторидов, кг/тАл	0,48

Таблица 2 - Конструкционные параметры электролизера ЭОА-600

Наименование	Величина
Площадь анода, м ²	65,22
Размеры анодного блока (ДхШхВ), м	1,45х0,71х0,625
Количество анодов, шт	64
Длина анодного массива, м	23,96
Ширина анодного массива, м	3,055
Длина шахты электролизера, м	24,85
Ширина шахты электролизера, м	3,755
Глубина шахты катодного устройства, м	0,535
Число катодных блоков, шт	42
Длина катодного кожуха, м	25,87
Ширина катодного кожуха, м	4,775
Высота кожуха, м	1,805

Материальный баланс уточнен современным балансом по фтору. Уменьшение значения среднего напряжения происходит за счет снижения греющего напряжения, а в частности, за счет работы электролизера по технологии «без анодных эффектов» с коэффициентом 0,05.

Все расчеты апробированы при помощи компьютерной программы («Control cell balance») [10].

Внедрение предложенных мероприятий позволит создать принципиально новую высоко управляемую модель алюминиевого электролизера с минимальным влиянием человеческого фактора, а также снизить себестоимость и увеличить прибыль заводов.

Литература

1. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М.: Наука, 2008. – 529 с.
2. Сизяков В.М. Технологические и методологические основы получения алюминия на мощных электролизерах / В.М. Сизяков, В.Ю. Бажин. Санкт-Петербургский Горный Университет. СПб, 2011. 130 с.
3. Бажин В.Ю. Электрометаллургия алюминия: Учебное пособие / В.Ю. Бажин; Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб: 2012. 56 с.
4. Grjotheim K., Kvande H. Introduction to Aluminium Electrolysis. Dusseldorf Aluminium Verlag, 1993. - 260 p.
5. Dingxiong Lu. Development of NEUI500kA Family High Energy Efficiency Aluminum Reduction Pot ('HEEP') Technology / Lu Dingxiong, Mao Jihong, Ban Yungang, Qi Xiquan // Light Metals. – 2011. – P. 455 – 460.
6. Пингин, В.В. Опыт эксплуатации электролизера РА-300 / В.В. Пингин, В.В. Платонов, А.В. Завадяк, В.Л. Осетковский // Алюминий Сибири: сб. докл. - 2004.- С. 21-24.
7. Пингин В.В. Высокоамперные технологии РУСАЛа – 8 лет динамичного развития / В.В. Пингин, А.В. Завадяк, Г.В. Архипов, М.А. Пак, В.В. Платонов, А.В. Прошкин // Цветные металлы Сибири: сб. докл. - 2010 – С. 442-456.
8. Смань А. В. Укрытие анодного массива как подсистема алюминиевого электролизера // С. Г. Шахрай, П. В. Поляков, Г. В. Архипов, Е. Р. Шайдулин, А. В. Смань, // Металлург. 2014. № 12. С. 84-90.
9. Производители алюминия [Электронный ресурс] URL: <http://www.rusal.ru/aluminium/manufacturers/> (дата обращения 15.01.2016).
10. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2014613850. Балансы сверхмощного электролизера. / П.А. Петров, В.Ю. Бажин. А.А. Власов, Я.Н. Выходцев, И.Н. Белоглазов. Оpubл. 09.04.2014. Бюл. изобр.

References

1. Galevskij G.V. Metallurgija aljuminija. Tehnologija, jelektrснабzhenie, avtomatizacija: uchebnoe posobie dlja vuzov / G.V. Galevskij, N.M. Kulagin, M.Ja. Mincis, G.A. Sirazutdinov. – М.: Nauka, 2008. – 529 s.
2. Sizjakov V.M. Tehnologicheskie i metodologicheskie osnovy poluchenija aljuminija na moshhnyh jelektrolizerah / V.M. Sizjakov, V.Ju. Bazhin. Sankt-Peterburgskij Gornyj Universitet. SPb, 2011. 130 s.

3. Bazhin V.Ju. Elektrometallurgija aljuminija: Uchebnoe posobie / V.Ju. Bazhin; Nacional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet «Gornyj». SPb: 2012. 56 s.
4. Grjothem K., Kvande H. Introduction to Aluminium Electrolysis. Dusseldorf Aluminium Verlag, 1993. - 260 p.
5. Dingxiong Lu. Development of NEUI500kA Family High Energy Efficiency Aluminum Reduction Pot ('HEEP') Technology / Lu Dingxiong, Mao Jihong, Ban Yungang, Qi Xiquan // Light Metals. – 2011. – P. 455 – 460.
6. Pingin, V.V. Opyt jekspluatacii jelektrolizera RA-300 / V.V. Pingin, V.V. Platonov, A.V. Zavadjak, V.L. Osetkovskij // Aljuminij Sibiri: sb. dokl. - 2004.- S. 21-24.
7. Pingin V.V. Vysokoampemnye tehnologii RUSALa – 8 let dinamichnogo razvitija / V.V. Pingin, A.V. Zavadjak, G.V. Arhipov, M.A. Pak, V.V. Platonov, A.V. Proshkin // Cvetnye metally Sibiri: sb. dokl. - 2010 – S. 442-456.
8. Sman' A. V. Ukrytie anodnogo massiva kak podsistema aljuminievogo jelektrolizera // S. G. Shahraj, P. V. Poljakov, G. V. Arhipov, E. R. Shajdulin, A. V. Sman', // Metallurg. 2014. № 12. S. 84-90.
9. Proizvoditeli aljuminija [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.rusal.ru/aluminium/manufacturers/> (data obrashhenija 15.01.2016).
10. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM №2014613850. Balansy sverhmoshnogo jelektrolizera. / P.A. Petrov, V.Ju. Bazhin. A.A. Vlasov, Ja.N. Vyhodcev, I.N. Beloglazov. Opubl. 09.04.2014. Bjul. izobr.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.183

Барвитенко Ю.Н.¹, Щербakov В.М.², Трофимова Т.Г.³¹Старший преподаватель, ²доктор медицинских наук, профессор, ³кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ОБРАЩАЕМОСТИ ДЕТЕЙ ЗА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩЬЮ

Аннотация

В статье показаны методические подходы к определению потенциальной потребности в лекарственном обеспечении детей, проживающих на приписной территории городской детской поликлиники и обратившихся за медицинской помощью, на основе территориально-временного анализа обращаемости. Анализ производится как в целом по детям в возрасте 0-17 лет, так и отдельно по половозрастным интервалам по всем классам болезней в соответствии с МКБ-10. Такая детализация может способствовать получению более качественных исходных данных для обоснования планируемых мероприятий по лечебно-профилактической работе и лекарственному обеспечению.

Ключевые слова: лекарственное обеспечение, обращаемость детей за медицинской помощью, территориально-временной анализ

Barvitenko Ju.N.¹, Shherbakov V.M.², Trofimova T.G.³¹Senior Lecturer, ²MD, Professor, ³ PhD in Engineering, Associate Professor
Voronezh State University

FEATURES OF THE ALGORITHM FOR RECEIVING BASIC DATA FOR MEDICAL SUPPORT PLANNING WHICH IS BASED ON THE MONITORING OF MEDICAL AID APPEALABILITY AMONG CHILDREN

Abstract

The article shows the methodical approaches to the determination of the potential need for medicines to children on the basis of territorial and temporal analysis of attendance. The analysis is carried out on children aged 0 to 17 years, and also separately by sex and age intervals for all classes of diseases according to MKB-10. This level of detailing can contribute to better quality of basic data to support the planned activities for the treatment and prevention activities and medicine supply.

Keywords: medical support, medical aid appealability among children, territory and time analysis

Актуальность исследования. При планировании лекарственного обеспечения детского населения, проживающего на приписной территории детской поликлиники недостаточно данных, содержащих общие показатели, таких как заболеваемость и обращаемость в целом по поликлинике, и по всему детскому населению без дальнейшей детализации по половозрастным группам и отдельным территориям.

Детализация данных по фрагментам территории, например, по педиатрическим врачевым участкам или по микроучасткам с другим принципом деления территории (дома, расположенные вдоль улиц с интенсивным автомобильным движением; дома прилегающие к лесопарковой зоне или к водоемам и т.д.) повышает шанс выявления скрытых и активизирующихся очагов повышенной заболеваемости, в которых необходимо дополнительное лекарственное обеспечение, а также проведение лечебно-диагностических и профилактических мероприятий. А детализация данных об обращаемости и заболеваемости детского населения по половозрастным группам позволяет получить более надежные исходные данные для планирования мероприятий по повышению эффективности медицинской и лекарственной помощи детскому населению, проживающему на обслуживаемой территории [1].

Цель и задачи исследования. Показать методические подходы получения исходных данных для планирования лекарственного обеспечения детского населения, проживающего на приписной территории городской детской поликлиники, на основе территориально-временного анализа с учетом поло-возрастной структуры контингента детей, обратившихся за медицинской помощью.

Материалы и методы. Данные обращаемости детей за медицинской помощью в детскую поликлинику за период 2003-2014 годы. Всего за анализируемый период зарегистрировано 1,5 млн. обращений детей в возрасте 0-17 лет.

Результаты исследования. Главным условием успешного решения поставленной задачи является определение и структурирование единиц учета. В данном случае единица учета – это логически самодостаточный первичный показатель с четким набором определяющих признаков, который можно использовать для последующего получения производной информации в регламентированных группировках с различной степенью обобщения. Этому требованию наиболее полно отвечает запись регистрации обращения ребенка по поводу одного заболевания, содержащая данные: фамилию, имя, отчество; пол; адрес; дату рождения, диагноз.

Для последующей выборки и группировки данных, все учетные записи с показателями обращаемости детей за медицинской помощью можно представить как четырехмерное информационное пространство (рис. 1). В дальнейших разработках возможна более глубокая детализация.

Первая и основная координата в этом информационном пространстве – это перечень мониторируемых процессов: в данном случае это обращаемость детей по поводу болезней разных классов в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10). Дополнительно к списку классов в анализ могут включаться отдельные болезни с высоким удельным весом в общем количестве обращений, например, болезни верхних дыхательных путей (ВДП).

В исходном рабочем варианте первой очереди анализируется 20 классов болезней (20 вариантов).

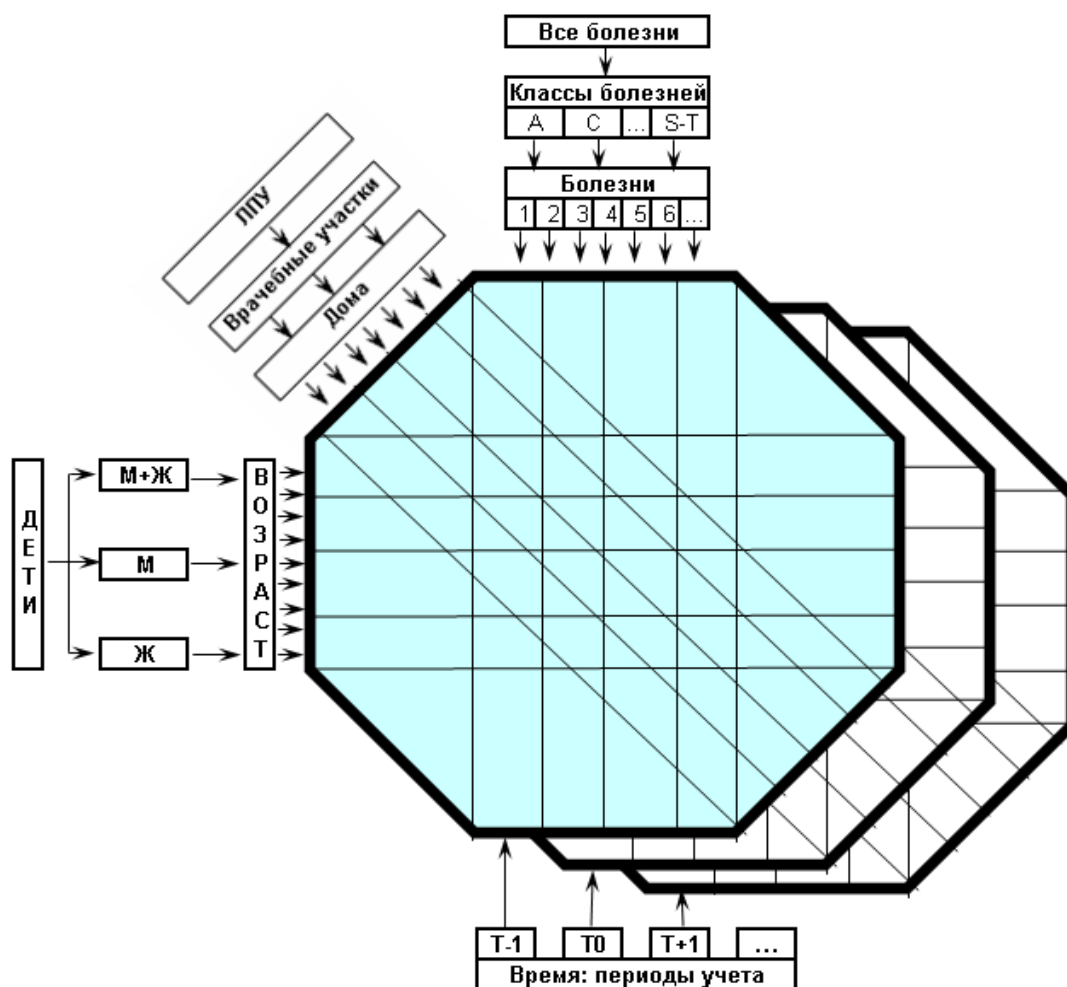


Рис. 1. Информационное пространство анализируемых показателей

Вторая координата – это половозрастная детализация детского населения: мальчики и девочки вместе и отдельно (всего 3 варианта), а также возрастные интервалы для мальчиков и девочек вместе и отдельно: 0-17 лет - всего и в т.ч.: 0-3 года; 4-6 лет; 7-14 лет; 15-17 лет - всего 15 вариантов.

Третья координата – это территория проживания детей с последующей детализацией. Нижний уровень детализации – это многоквартирный дом или микрорайон жилой зоны с частными домами. Многоквартирные дома и микрорайоны с частными домами объединяются в территории врачебных педиатрических участков, а также в территории, объединенные по какому-то другому признаку, например, дома, расположенные вблизи промышленных предприятий, вдоль улиц с интенсивным автомобильным движением, на побережье водохранилища или в окрестностях лесопарковой зоны. Иерархическая структура объединения микрорайонов и схема картографирования разрабатывается отдельно для каждой такой иерархической структуры детализации территории.

В исходном рабочем варианте первой очереди анализируются территории 24 педиатрических врачебных участка (24 варианта), функционирующих на территории обслуживания.

Четвертая координата – это анализируемые временные интервалы. При еженедельном анализе данных в течение года будет 50 вариантов.

Общее количество анализируемых единиц по одной территориальной единице (например, по врачебному педиатрическому участку) за один анализируемый период времени составляет 300 единиц наблюдения (15 половозрастных групп * 20 классов болезней). Причем, каждая из этих 300 единиц наблюдения представляет собой самостоятельный мониторируемый процесс, т.е. мальчики или девочки одной возрастной группы, обратившиеся за медицинской помощью по поводу заболевания болезнями одного класса.

Для анализа динамики развития медицинской ситуации на одной территориальной единице в течение одного года по еженедельным учетным периодам потребуется проанализировать $300 \cdot 50 = 15\,000$ единиц наблюдения. Всего на приписной территории поликлиники функционируют 24 врачебных педиатрических участка, а это уже $15\,000 \cdot 24 = 360\,000$ тысяч единиц. Разумеется, без применения информационных технологий обработать такой объем информации невозможно.

Выводы. Применение автоматизированной системы пространственно-временного анализа с детализацией территориального распределения контролируемого процесса и поло-возрастной структуры детских контингентов может повысить эффективность и качество планируемых лечебно-профилактических мероприятий и лекарственного обеспечения.

Литература

1. Оптимизация лекарственного обеспечения детского населения на основе территориально-временного анализа обращаемости за медицинской помощью / Ю.Н. Барвitenko, В.М. Щербakov, Т.Г. Трофимова, О.И. Бочарова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. Изд-во ВГТУ. Том 13. - 2014. - № 3. - С. 655-659.

References

1. Optimizacija lekarstvennogo obespechenija detskogo naselenija na osnove territorial'no-vremennogo analiza obrashhaemosti za medicinskoj pomoshh'ju / Ju.N. Barvitenko, V.M. Shherbakov, T.G. Trofimova, O.I. Bocharova // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. Izd-vo VGTU. Tom 13. - 2014. - № 3. - S. 655-659.

DOI: 10.18454/IJR.2016.47.269

Беспалов В.И.¹, Самарская Н.С.², Лысова Е.П.³, Котлярова Е.В.⁴

¹ORCID: 0000-0003-2123-8141, доктор технических наук, ²ORCID: 0000-0003-2117-4221, кандидат технических наук, ³ORCID: 0000-0001-6575-5568, старший преподаватель, ⁴ORCID: 0000-0003-2124-9932, кандидат технических наук, Ростовский государственный строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Аннотация

Статья посвящена исследованию процесса снижения акустического загрязнения на основе физико-энергетической концепции, предложенной нами ранее для процессов обеспыливания воздуха и примененной как аналог. Суть концепции – в рассмотрении двух взаимосвязанных процессов: акустического загрязнения городской среды и его снижения. Каждый из процессов включает несколько этапов. Причем, основным физическим объектом на всех этапах выступают звуковые волны, которые изменяют значения своих параметров на каждом этапе. Таким образом, можно целенаправленно оказывать внешнее воздействие на звуковые волны на каждом из этапов и достигать снижения акустического загрязнения городской среды.

Ключевые слова: акустическое загрязнение, звуковая волна, источники шума, физическая модель процесса снижения акустического загрязнения.

Bespalov V.I.¹, Samarskaya N.S.², Lysova E.P.³, Kotlyarova E.V.⁴

¹ORCID: 0000-0003-2123-8141, PhD in Engineering, ²ORCID: 0000-0003-2117-4221, PhD in Engineering, ³ORCID: 0000-0001-6575-5568, senior lecturer, ⁴ORCID: 0000-0003-2124-9932, PhD in Engineering, Rostov State University of Civil Engineering

STUDY OF PROCESS REDUCE THE ACOUSTIC POLLUTION OF URBAN ENVIRONMENT ON THE BASIS OF PHYSICAL-ENERGY CONCEPT

Abstract

The article is devoted to the study of the process of reduction of acoustic pollution on the basis of physical-energy concept proposed by us earlier for the processes of dust removal of air and applied as an analog. The concept is the consideration of two interrelated processes: the acoustic pollution of urban environment and its decline. Each process involves several steps. Moreover, the main physical object at all stages are sound waves that change the values of their options at each stage. Thus, it is possible to purposefully exert external influence on the sound waves at each stage as to reduce the acoustic pollution of urban environment.

Keywords: acoustic pollution, the sound waves, noise sources, physical model of the process of reducing acoustic pollution.

Одним из факторов, негативно воздействующих на городскую среду, является акустическое загрязнение. Множество современных исследований посвящено данному вопросу и влиянию шума на здоровье городского населения [1,2]. Так, выявлено, что высокая «шумовая нагрузка» возникает от передвижных и стационарных источников шума и является причиной многих заболеваний [1]. Причем большинство стационарных источников шума являются внутренними. Это может быть технологическое оборудование промышленных предприятий, лифтовые установки, мусоропроводы, вентиляционные и холодильные установки, системы кондиционирования и другие объекты городской среды. К стационарным источникам внешнего шума относятся объекты жилищно-коммунального

хозяйства, спортивные и детские площадки и прочие места массового скопления людей. Однако, несмотря на множество стационарных источников шума, основными по вкладу в акустическую обстановку городской среды остаются передвижные источники шума. К ним относят автомобильный, железнодорожный, авиационный и другие виды транспорта. Поэтому целью наших исследований являлось изучение физических процессов акустического загрязнения городской среды и его снижения на основе предложенной нами физико-энергетической концепции [3,4]. При этом основной задачей исследований являлось рассмотрение физических параметров звуковой волны, условий ее образования, излучения и распространения.

Решение поставленной задачи дает возможность в перспективе разработать методику выбора экологически эффективных и энергетически экономичных способов и средств снижения городского шума. При рассмотрении физической сущности самого процесса акустического загрязнения нами выделены этапы (1- образование звуковых волн, 2- излучение звуковых волн (внутреннее), 3 – пространственное распространение звуковых волн (внутреннее), 4 – излучение звуковых волн (внешнее), 5 – пространственное распространение звуковых волн (внешнее)) [4]. Результаты исследований показали изменение параметров звуковой волны на перечисленных выше этапах. Изменение параметров звуковой волны обусловлено влиянием различных физических объектов (источников образования и излучения звуковых волн, внешней среды (как правило, воздушной), участвующих на той или иной стадии акустического загрязнения городской среды.

Согласно физико-энергетической концепции сущность процесса акустического загрязнения может быть выражена формулой (с учетом возможности реализации соответствующих зависимых последовательных этапов):

$$P_{\text{загр.А}} = P_{\text{обр.А}} \cdot P_{\text{изл.А(обрА)}} \cdot P_{\text{распр.А(изл.А)}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{загр.А}}$ – вероятность реализации процесса акустического загрязнения городской среды; $P_{\text{обр.А}}$ – вероятность реализации этапа образования звуковых волн; $P_{\text{изл.А(обрА)}}$ – вероятность реализации этапа излучения звуковых волн при условии завершения этапа образования; $P_{\text{распр.А(изл.А)}}$ – вероятность реализации этапа пространственного распространения звуковых волн при условии завершения этапа излучения.

Анализ изменения параметров звуковой волны на всех этапах процесса акустического загрязнения позволил нам исследовать процесс снижения акустического загрязнения городской среды.

Физическая сущность процесса снижения акустического загрязнения городской среды заключается в совокупности последовательно и целенаправленно реализуемых процессов на каждом этапе акустического загрязнения. Процесс снижения акустического загрязнения, включающий 2 основных цикла, рассматривается авторами как комплекс последовательного направленного воздействия дополнительными полями на исходное и промежуточное поля. Главной целью каждого этапа процесса снижения акустического загрязнения является снижение уровня акустического загрязнения в исходном, промежуточном и остаточном полях. В процесс снижения акустического загрязнения воздушной среды на той или иной его стадии включаются такие объекты как: технологическое оборудование, производственное помещение, воздух помещения, территория промплощадки, воздушный бассейн городской среды и др. При этом наблюдается определенное соответствие отдельных этапов процесса снижения акустического загрязнения этапам процесса акустического загрязнения воздушной среды:

- процесс поглощения звуковых волн организуют на стадии их образования;
- процесс звукоизоляции – на стадии излучения звуковых волн;
- процесс рассеяния – на стадии распространения звуковых волн.

Из блок-схемы физической модели процесса снижения акустического загрязнения городской воздушной среды (рис. 1) видно, что в процессе воздействия на источник образования звуковой волны, обозначенный «исходным» полем, внешними заранее приготовленными «дополнительными» полями происходит перераспределение: параметров свойств ($ПС$), энергетических параметров (W) и устойчивости (U) звуковой волны ($ЗВ$).

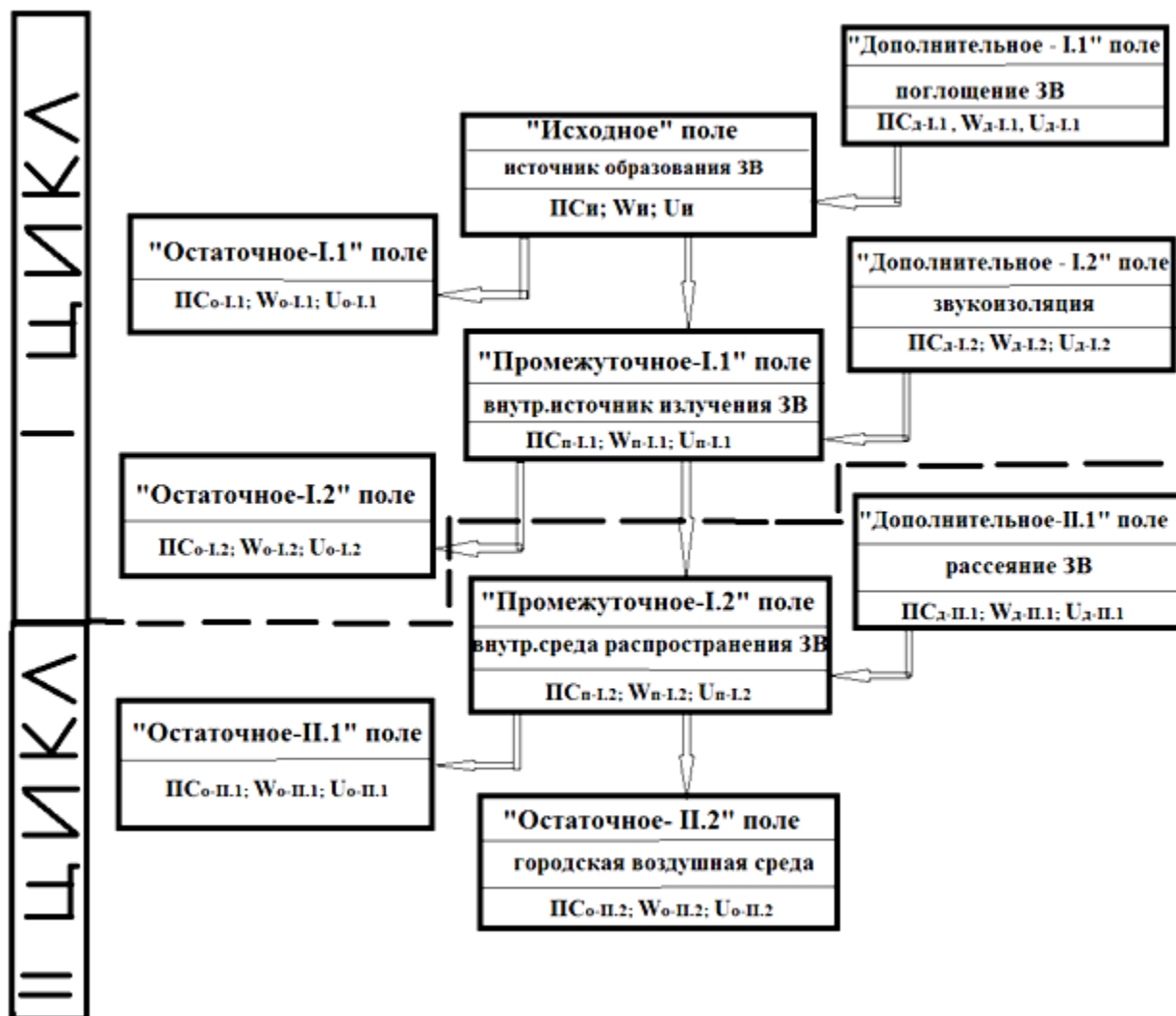


Рис. 1. Блок-схема физической модели процесса снижения акустического загрязнения городской воздушной среды

Первый цикл – снижение уровня акустического загрязнения «исходного» поля (например, двигателя автомобиля) должно обеспечивать снижение уровня звукового давления в объеме «исходного» поля. Это может быть достигнуто воздействием на «исходное» поле до или в процессе образования звуковых волн «дополнительного-I.1» поля. На практике часто такое воздействие осуществляют непосредственно в зоне источника образования звуковых волн. В этом заключается первый этап процесса снижения акустического загрязнения «исходного» поля, который целесообразно называть поглощением звуковых волн.

После взаимодействия с «дополнительным-I.1» полем одна часть «исходного» поля переходит в состояние «остаточного-I.1» поля, а другая часть переходит в «промежуточное-I.1» поле. «Промежуточное-I.1» поле может быть направлено на взаимодействие с «дополнительным-I.2» полем, в результате чего должно обеспечиваться предотвращение выхода звуковых волн в окружающую среду путем их звукоизоляции. При этом свойства «дополнительного-I.2» поля должны резко увеличить устойчивость «промежуточного-I.1» поля. В этом заключается сущность второго этапа процесса снижения акустического загрязнения, который обычно реализуют в зоне внутреннего источника излучения звуковых волн. Судя по основной цели второго этапа, его целесообразно называть звукоизоляцией.

Анализ первого цикла процесса снижения акустического загрязнения «исходного» поля и его этапов по предложенной схеме (рис.1) позволяет заключить, что максимально эффективная реализация этого процесса предполагает в идеальном случае предотвращение перехода «исходного» поля в «промежуточное-I.1» поле. Этого можно добиться, прежде всего, совершенствованием технологического оборудования, технологии производственных процессов или организацией высокоэффективного "дополнительного-I.1" поля.

Индикатором достаточности реализации только первого цикла является предельно допустимый уровень звука в исследуемом воздушном пространстве. Однако, в подавляющем большинстве случаев, недостаточно реализации первого цикла.

Второй цикл (снижение акустического загрязнения городской воздушной среды) должен обеспечивать снижение уровня звукового давления во внутреннем объеме (например, помещения или капота автомобиля) до соответствующих значений предельно допустимых уровней звука. Реализация этого цикла должна предотвращать выход в приземный слой атмосферы звуковой волны.

Основной целью последнего во втором цикле этапа (третьего) снижения загрязнения воздуха является принудительное увеличение степени взаимного разудаления частиц дисперсной фазы «промежуточной-II.2» системы и

ускорение перехода этой системы в состояние материала загрязняющего вещества в объеме, максимально приближенном к внешнему источнику выделения (выброса) ЗВ.

Сущность третьего этапа заключается в активном воздействии «дополнительным-П.1» полем на «промежуточное-П.2» поле. При этом свойства «дополнительного-П.1» поля должны обеспечивать достижение основной цели реализуемого этапа. В результате такого воздействия образуются «остаточное-П.1» и «остаточное-П.2» поля, к свойствам которых также предъявляются определенные требования. Анализ основной цели, особенностей и характеристик третьего этапа позволяет назвать его рассеянием звуковых волн. В результате реализации рассеяния звуковых волн устойчивость «остаточного-П.1» поля должна быть уменьшена, вплоть до его разрушения, что на практике обеспечить крайне сложно. Устойчивость «остаточного-П.2» поля также должна быть резко уменьшена непосредственно в зоне внешнего источника излучения звуковых волн и на значительном расстоянии от экологически значимых зон. В этом случае достигается положительный эффект процесса рассеяния звуковых волн.

Формула, предложенная нами для математического описания сущности процесса снижения акустического загрязнения городской среды, учитывает реализацию каждого этапа процесса как зависимых последовательных событий:

$$P_{C3A} = 1 - (1 - P_{C3O}) \cdot (1 - P_{C3B}) = 1 - [1 - (1 - P_{ПЗВ}) \cdot (1 - P_{ЗИ})] \cdot [1 - (1 - P_{РЗВ})], \quad (2)$$

Формула (1) характеризует вероятность достижения результата процесса снижения акустического загрязнения атмосферы (P_{C3A}), как совокупность соответствующих этапов снижения акустического загрязнения технологического оборудования (P_{C3O}), включающего поглощение звуковых волн ($P_{ПЗВ}$) и звукоизоляцию ($P_{ЗИ}$), а также снижения акустического загрязнения воздуха (P_{C3B}), включающего рассеяние звуковых волн ($P_{РЗВ}$).

Таким образом, проведенные исследования позволили изучить физические процессы акустического загрязнения и его снижения на основе физико-энергетической концепции. Выполненные исследования являются основой для дальнейшего решения задач по снижению акустического загрязнения городской среды.

Литература

1. Щербинская И.П., Филонов В.П., Запороженко А.А. Влияние шума и вибрации на здоровье населения // *Здравоохранение*. - 2012. - №6. - С. 48-51.
2. Харламов А.П., Татянчук Т.К. Влияние транспортного шума на здоровье населения крупного промышленного центра // *Санитарный врач*. - 2012. - № 12. - С. 022-026.
3. Беспалов В.И. Физико-энергетическая концепция описания процессов и системный подход к выбору высокоэффективных и экономичных инженерных комплексов защиты воздушной среды от выбросов загрязняющих веществ // *Известия СКНЦ ВШ. Естественные науки*. - 1995. - С. 37-47.
4. Беспалов В.И., Самарская Н.С., Парамонова О.Н. Физико-энергетическая концепция выбора способов снижения городского шума [электронный ресурс] URL: <http://goo.gl/55Qmpx>

References

1. Shherbinskaja I.P., Filonov V.P., Zaporozhchenko A.A. Vlijanie shuma i vibracii na zdorov'e naselenija // *Zdravoohranenie*. - 2012. - №6. - S. 48-51.
2. Harlamov A.P., Tatjanjuk T.K. Vlijanie transportnogo shuma na zdorov'e naselenija krupnogo promyshlennogo centra // *Sanitarnyj vrach*. - 2012. - № 12. - S. 022-026.
3. Bepalov V.I. Fiziko-jenergeticheskaja koncepcija opisanija processov i sistemnyj podhod k vyboru vysokoeffektivnyh i jekonomichnyh inzhenernyh kompleksov zashhity vozduшной sredy ot vybrosov zagraznjajushhih veshhestv // *Izvestija SKNC VSh. Estestvennye nauki*. - 1995. - S. 37-47.
4. Bepalov V.I., Samarskaja N.S., Paramonova O.N. Fiziko-jenergeticheskaja koncepcija vybora sposobov snizhenija gorodского shuma [elektronnyj resurs] URL: <http://goo.gl/55Qmpx>

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.067

Битужева Э. Б.¹, Бильтрикова Т. В.²¹ORCID: 0000-0003-1937-4101, Доктор технических наук, ²ORCID: 0000-0002-3831-3606, Аспирант, ФБГОУ ВПО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫЙ ПРОДУКТ****Аннотация**

В статье рассмотрены основные проблемы питания населения России. Для коррекции недостаточности минорных компонентов в питании предложен способ комбинирования мясного сырья и растений семейства крестоцветных. Установлено, что новые мясорастительные продукты обладают профилактическими свойствами против ряда заболеваний, при этом их вкусовые качества и функционально-технологические свойства не уступают мясорастительным продуктам, изготовленным по традиционной технологии. Комбинирование мясного и растительного сырья позволяет также снизить количество вводимой поваренной соли и нитрита натрия.

Ключевые слова: пищевые привычки, состав продуктов питания.

Bitueva E.B.¹, Biltrikova T.V.²¹ORCID: 0000-0003-1937-4101, Doctor of Technical Sciences, ²ORCID: 0000-0002-3831-3606, Postgraduate student, East Siberia State University of Technology and Management**FUNCTIONAL CEREAL PRODUCT****Abstract**

The article discusses the main challenges the power of the Russian population. To correct the deficiency of minor components in the diet provided a method of combining raw meat and cruciferous plants. It was found that the new cereal products have preventive properties against a number of diseases, and their taste and functional-technological properties are not inferior to cereal products manufactured by traditional technology. The combination of meat and vegetable raw materials can also reduce the amount of input of salt and sodium nitrite.

Keywords: food choice, food composition.

Анализ фактического питания и оценка пищевого статуса населения в различных регионах России, проведенные сотрудниками научно –исследовательского Института питания Российской академии медицинских наук, свидетельствуют о том, что рацион питания россиян является дефицитным в отношении некоторых пищевых веществ – полноценных белков, растворимых и нерастворимых пищевых волокон (пектин, камеди слизи, клетчатка и др.), витаминов и минеральных и других веществ [1].

На сегодняшний день список биологически активных веществ, необходимых в ежедневном рационе человека, дополнен минорными компонентами пищи, такими как флавоноиды, индолы, фитостеролы, изотиоцианаты, изофлавоногликозиды, изофлавоны. Эти биологически активные вещества получили название хемопревенторов (В.А. Тутельян). Данные вещества обладают профилактическими свойствами против ряда заболеваний, в том числе и онкологических.

Смертность от онкологических заболеваний занимает второе место после сердечнососудистых. На сегодняшний день, установлено, что до 40 % раковых заболеваний имеют причинную связь с факторами питания [2].

Для коррекции рациона питания необходима разработка и внедрение новых технологий в отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности, позволяющие значительно расширить выработку продуктов нового поколения с заданными качественными характеристиками, профилактических, лечебных, геронтологических и других продуктов для разных групп населения.

За последние годы количество региональных и муниципальных программ, направленных на решение вопросов здорового питания, в том числе направленных на ликвидацию дефицита микронутриентной недостаточности, выросло с 316 в 2008 году до 395 в 2012 году. Однако данные программы имеются только в 50 субъектах Российской Федерации (Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14 июня 2013 г. № 31 г. Москва).

Однако объем производства обогащенной продукции от общего объема производимых продуктов питания пока недостаточен, в результате чего не может быть решена проблема микронутриентной недостаточности, существенно ухудшающая состояние здоровья детского и взрослого населения страны. Так, в Российской Федерации только 14 % предприятий выпускает обогащенные пищевые продукты, по объему производства - 5%, в том числе по хлебу и хлебобулочным изделиям - 6,4%, по молоку и молочным продуктам - 3,1%, по напиткам - 8,1% [3, 4].

Предусмотрено улучшение структуры питания за счет увеличения доли продуктов массового потребления, предназначенных для регулярного использования в питании основной массы населения (т.е. применяемых повсеместно в повседневном питании взрослого населения и детей старше 3 лет), с высокой пищевой и биологической ценностью, в том числе обогащенных витаминами и минеральными веществами.

Одним из путей решения данной проблемы является комбинирование растительного и животного сырья, которое имеет разные аспекты. С одной стороны, улучшаются органолептические свойства готового продукта. С другой - происходит обогащение биологически активными компонентами, обладающими в ряде случаев одновременно технологической и физиологической функциональностью. Таким образом, изменение химического состава продукта, призванное повысить его полезность для сохранения здоровья, следует рассматривать как главный путь создания продуктов функционального питания.

Нами разработаны мясорастительные продукты – биточки и сосиски, содержащие в своем составе гомогенат редьки черной. Установлено, что редька черная содержит помимо пищевых волокон (пектиновых веществ и клетчатки), водорастворимых витаминов (тиамина, рибофлавина, аскорбиновой кислоты и др.), минеральных веществ, также и хемопревенторы – изотиоцианаты, фенольные и индольные соединения. Данные вещества в редьке находятся

в природном комплексе и химически связаны, что несет более весомую ценность по сравнению с изолированными биологически активными добавками, в которых биологически активные вещества искусственно синтезированы или очищены от других соединений.

В ежедневном рационе питания редьку черную используют редко, в основном в сыром виде или в качестве компонентов салатов. В технологиях мясных продуктов редьку ранее не использовали. Ввиду специфических вкусо-ароматических свойств редьки, в первую очередь подбирали компонентный состав мясных систем, степень измельчения компонентов и их количественное соотношение. Рассматривали фаршевые системы из говядины, свинины, куриного мяса с различным соотношением ингредиентов. Анализировали показатели функционально-технологических свойств мясных систем, химический состав и органолептические свойства.

Опытным путем установлено, что наиболее оптимальным способом измельчения редьки является гомогенизация. Количество редьки в виде гомогената в котлетном фарше из говядины составляет 7 %, в гомогенной фаршевой системе «говядина+свинина» - 10 % к массе фарша. На основе проведенных исследований были разработаны рецептуры мясорастительных продуктов (табл. 1).

Таблица 1 - Компонентный состав мясорастительных продуктов						
Сосиски				Биточки		
Ингредиенты	Контроль	Опыт		Сырье, масса нетто, г	Контроль	Опыт
Говядина жилованная колбасная	22,6	22,6		Говядина (котлетное мясо)	58,4	58,4
Свинина жилованная жирная	36,1	36,1		Вода	18,0	18,0
Крупа ячневая	13,5	3,4		Хлеб пшеничный	14,2	7,1
Редька черная	-	10,1		Редька	-	7,1
Мука пшеничная, в/с	1,5	1,5		Сухари	7,9	7,9
Молоко сухое	1,5	1,5		Соль	1,4	1,4
Соль поваренная	1,96	1,47		Перец черный молотый	0,1	0,1
Вода	22,6	22,6				
Нитрит натрия	0,0056	0,0042				
Перец	0,11	0,11				
Кориандр	0,075	0,075				
Мускатный орех	0,023	0,023				

При анализе показателей качества сосисок и биточков, содержащих редьку черную, установлено, что по внешнему виду, форме, консистенции они не отличаются от контрольных образцов, не имеют постороннего запаха и вкуса.

Доказано, что в фаршах при внесении гомогената редьки возможно снижение количества вносимой соли поваренной на 25 %, что связано с минеральным составом редьки черной. В сосисочном фарше дополнительно снизили количество вносимого нитрита натрия, благодаря содержанию в редьке редуцирующих сахаров и аскорбиновой кислоты, участвующих в формировании окислительно-восстановительного потенциала системы.

Установлена высокая влагоудерживающая способность разработанных мясорастительных продуктов по сравнению с продуктами, полученными по традиционной рецептуре, что обусловлено углеводным и минеральным составом гомогената редьки. Также доказано, что присутствие хемопреventоров в мясорастительных продуктах способствуют торможению окислению жиров и росту КМАФАнМ.

Таким образом, добавление редьки в состав мясных продуктов позволяет обогатить их хемопреventорами, которые находятся в комплексе с другими веществами, позволяющими снизить количество вводимой соли и нитрита натрия. В то же время, включение гомогената редьки в рецептуру биточков и сосисок взамен крахмалосодержащих ингредиентов позволило снизить энергетическую ценность готовых продуктов: в биточках на 8,9 %, в сосисках – на 12,7 %, при этом органолептические показатели не снижаются.

Разработаны технические условия и технологические инструкции на новые мясорастительные продукты - биточки «Сибирские» и сосиски «Ольхонские», содержащие хемопреventоры. Новизна технических решений подтверждена патентом.

Литература

1. Войно Л. И. Питание как фактор всестороннего развития личности / Л. И. Войно, И. А. Войно // Международный журнал экспериментального образования. - 2012. - № 7. - с. 34 - 36.
2. Мировая статистика здравоохранения 2010 год. Публикация ВОЗ. -177 с.
3. Битуева Э. Б. Рубленые полуфабрикаты с добавлением ягодного сырья/ Э. Б. Битуева, Е. Э. Аюшева// Мясная индустрия. - 2011. - № 3. - с. 48 - 50.
4. Жаринов, А. И. Основы современных технологий переработки мяса: краткий курс / А. И. Жаринов; под ред. М. П. Воякина. - Москва.-1994 - 154 с.

References

1. Vojno L. I. Pitanie kak faktor vsestoronnego razvitiya lichnosti / L. I. Vojno, I. A. Vojno // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovaniya. - 2012. - № 7. - s. 34 - 36.
2. Mirovaja statistika zdravoohraneniya 2010 god. Publikacija VOZ. -177 s.
3. Bitueva Je. B. Rublenye polufabrikaty s dobavleniem jagodnogo syr'ja/ Je. B. Bitueva, E. Je. Ajusheva// Mjasnaja industrija. - 2011. - № 3. - s. 48 - 50.
4. Zharinov, A. I. Osnovy sovremennyh tehnologij pererabotki mjasa: kratkij kurs / A. I. Zharinov; pod red. M. P. Vojakina. - Moskva.-1994 - 154 c.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.136

Брыков Н.А.

Ассистент кафедры плазмгазодинамика и теплотехника, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОСКОЙ ТЕРМОУПРУГОЙ ВОЛНЫ

Аннотация

В статье рассмотрен аналитический и численный метод решения нелинейной задачи распространения плоской термоупругой волны. Состояние тела описывается системой уравнений связанной динамической задачи термоупругости. Аналитическое решение получается с помощью интегрального преобразования Лапласа. Численное решение основано на использовании метода конечных разностей. В статье изложена неявная трехслойная пятиточечная схема для метода прогонки. Представлены результаты аналитического и численного расчета.

Ключевые слова: связанная задача термоупругости, термоупругая волна, метод прогонки.

Brykov N.A.

Assistant of the Department of heat engineering and plasmagasdynamic, BALTIC STATE TECHNICAL UNIVERSITY «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, St. Petersburg

NUMERICAL MODELING OF THE PROPAGATION OF THERMOELASTIC WAVES

Abstract

The article describes a numerical method for solving a nonlinear problem of propagation of a plane thermoelastic waves. Body condition is described by the equations of dynamic thermoelasticity related problem. Presents an analytical solution to the problem of thermoelasticity. The analytical solution is obtained by Laplace transform. The numerical solution is based on the finite difference method. The article presented implicit three-layer scheme for a five-point sweep method. The results of the analytical and numerical calculation.

Keywords: problem of thermoelasticity, thermoelastic waves, sweep method.

Рассмотрим задачу о распространении плоской термоупругой волны, возникающей в пластине при мгновенном нагреве одной из её границ. Такая постановка задачи описывает ситуации воздействия на поверхность пластины интенсивных пучков энергии, например лазерное или пучковое нагружение. Если скорость изменения температуры велика, то становятся существенными напряжения и перемещения частиц среды, вызванные тепловым расширением. В свою очередь, существенная деформация тела может привести к заметным тепловым эффектам. Взаимосвязь и взаимовлияние этих эффектов можно проследить с помощью моделирования связанной задачи термоупругости.

В ряде случаев влиянием тепловыделения при деформации среды можно пренебречь по сравнению с эффектами теплопроводности, но эффекты температурного расширения остаются существенными в динамической задаче. В этом случае динамическая и температурная задачи разделяются в том смысле, что задача изменения температурного поля тела может быть решена независимо от динамической задачи, а затем получается решение динамической задачи, в которой используются данные о текущем температурном состоянии для учета температурных напряжений – система приходит к так называемой несвязанной динамической задаче термоупругости. Общим для двух этих задач является учет динамических членов – ускорений частиц – в уравнениях движения, что и определяет классификацию данных задач как задач динамических.

Наиболее общая постановка задачи термоупругости, так называемая связанная динамическая задача термоупругости, включает в себя векторное уравнение движения, в котором присутствует член, определяющий ускорения частиц среды из-за температурного расширения, и уравнение для температуры, включающее член, определяющий выделение тепла при деформации среды [1]. Состояние тела описывается системой уравнений связанной динамической задачи термоупругости:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial t^2} - v_e^2 \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} &= -\beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2}, \\ \left(\rho c_\varepsilon + \frac{\beta^2 T_0}{\rho v_e^2} \right) \frac{\partial \theta}{\partial t} &= \lambda_q \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - \frac{\beta T_0}{\rho v_e^2} \frac{\partial \sigma_x}{\partial t}. \end{aligned} \quad (1)$$

где σ_x – напряжение, λ_q – коэффициент теплопроводности, c_ε – удельная теплоемкость при постоянном тензоре деформаций, $\beta = (3\lambda + 2\mu)\alpha_T$, λ и μ – коэффициенты Ламе:

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}, \quad \mu = \frac{E}{2(1 + \nu)},$$

E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона. Величина $\alpha_T = \text{const}$ – средний коэффициент линейного теплового расширения в интервале температур $[T_0, T]$. v_e – скорость распространения в упругой среде волны расширения:

$$v_e = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)\rho}}.$$

Начальные и граничные условия имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} t = 0: \quad T &= T_0, \quad \sigma_x = 0 \quad 0 < x < l, \\ x = 0: \quad T_1 &= T_n, \quad \sigma_{x1} = 0, \\ x = l: \quad T_N &= T_n, \quad \sigma_{xN} = 0. \end{aligned}$$

Решение сформулированной задачи можно получить в аналитическом виде. Введём в рассмотрение безразмерные переменные:

$$\xi = \frac{v_e}{\kappa} x, \quad \eta = \frac{v_e^2}{\kappa} t, \quad \tau = \frac{\sigma_x}{\beta \theta_c}, \quad \vartheta = \frac{\theta}{\theta_c}, \quad \kappa = \frac{\lambda_q}{\rho c_\varepsilon}.$$

Тогда система (1) примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \tau}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \tau}{\partial \eta^2} &= \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \eta^2}, \\ \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \xi^2} &= (1 + \delta) \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta} + \delta \frac{\partial \tau}{\partial \eta}, \end{aligned}$$

где $\delta = \frac{(3\lambda + 2\mu)^2}{\lambda + 2\mu} \frac{\alpha_T^2 T_0}{\rho c_\varepsilon}$ – коэффициент связанности. Начальные и граничные условия для преобразованных уравнений примут вид:

$$\begin{aligned} \tau(0, \eta) &= 0, & \vartheta(0, \eta) &= 1; \\ \vartheta(\xi, \infty) &= \tau(\xi, \infty) = 0, & \eta &> 0; \\ \vartheta(\xi, 0) &= \frac{\partial \vartheta}{\partial \eta}(\xi, 0) = 0, & \tau(\xi, 0) &= \frac{\partial \tau}{\partial \eta}(\xi, 0) = 0, \quad \xi > 0. \end{aligned}$$

Так как данная система уравнений является линейной, то для решения поставленной задачи можно воспользоваться аппарат преобразований Лапласа. Простота граничных условий и низкая мерность задачи позволяют получить решение в замкнутом виде для малых времен развития процесса.

Основная идея использования метода интегральных преобразований для решения краевых задач состоит в следующем. Пусть $f(t)$ – функция действительного переменного t , определенная на промежутке $(0 \leq t \leq \infty)$, а s – комплексная величина. Интегралом Лапласа называют следующее интегральное преобразование функции $f(t)$:

$$f^*(s) = \int_0^\infty f(t) e^{-st} dt.$$

Входящую в это выражение функцию $f(t)$ называют оригиналом, а функцию $f^*(s)$ – изображением.

Используя обратное преобразование Лапласа можно выписать решение динамической задачи теории термоупругости в следующем замкнутом виде:

$$\begin{aligned} \tau &= e^{\eta - \xi} \left[H(\eta - \xi) - \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\xi}{2\sqrt{\eta}} - \sqrt{\eta} \right) \right] - \frac{1}{2} e^{\eta + \xi} \operatorname{erfc} \left(\frac{\xi}{2\sqrt{\eta}} + \sqrt{\eta} \right), \\ \vartheta &= \operatorname{erfc} \left(\frac{\xi}{2\sqrt{\eta}} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

В этих уравнениях функция Хевисайда определяется от своего аргумента следующим образом:

$$H(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0, \\ 1, & t > 0. \end{cases}$$

Входящий в уравнения интеграл связан с функцией ошибок Гаусса:

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-x^2} dx.$$

На рис.1 представлены результаты решения системы (2) в моменты времени $\eta = 1, \eta = 20, \eta = 50$.

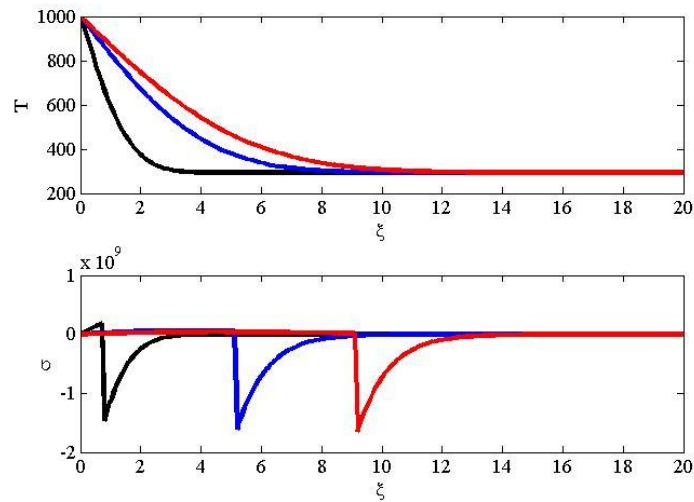


Рис.1 - Изменения температуры и напряжений по длине материала

Распределение температуры является непрерывной функцией (что отражает параболический характер уравнения теплопроводности), а напряжение представляет собой квазиволновой процесс – непрерывность на переднем фронте и разрыв в момент времени $\eta = \xi$, распространяющейся с конечной скоростью. В произвольной точке полупространства сразу же начинает возникать сжимающее напряжение, достигающее максимума в момент прихода волны расширения. При $\eta = \xi$ происходит скачкообразное изменение напряжения: из сжимающего оно становится растягивающим и с течением времени быстро стремится к нулю. Величина скачка не зависит от расстояния от поверхности и в безразмерных координатах равна единице.

Использование такого аналитического решения сужает область задания дополнительных процессов, начальных параметров, поэтому особый интерес вызывает численное решение непосредственно системы (1).

Решения сформулированной краевой задачи основано на методе конечных разностей, используется неявная пятиточечная схема (рис.2), метод прогонки [2]. Для моделирования задачи используются три временных слоя: текущий временной слой "n", предыдущий – "n-1" и следующий – "n+1", отличающиеся друг от друга шагом по времени τ . Разностная сетка, покрывающая расчетную область, построена в виде равномерной прямоугольной сетки с пространственным шагом h .

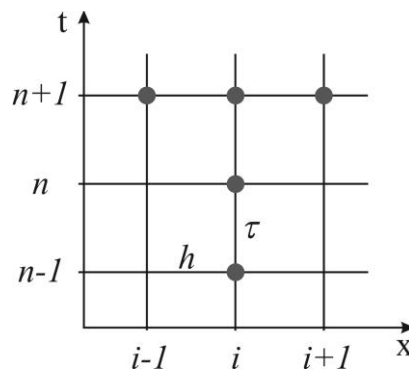


Рис. 2 - Неявная пятиточечная схема

Дифференциальные операторы в системе (1) заменяем на конечно-разностные аналоги:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} &= \frac{\sigma_{i+1}^{n+1} - 2\sigma_i^{n+1} + \sigma_{i-1}^{n+1}}{h^2}; & \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} &= \frac{\theta_{i+1}^{n+1} - 2\theta_i^{n+1} + \theta_{i-1}^{n+1}}{h^2}; \\ \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial t^2} &= \frac{\sigma_i^{n+1} - 2\sigma_i^n + \sigma_i^{n-1}}{\tau^2}; & \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} &= \frac{\theta_i^{n+1} - 2\theta_i^n + \theta_i^{n-1}}{\tau^2}; \\ \frac{\partial \sigma_x}{\partial t} &= \frac{\sigma_i^{n+1} - \sigma_i^n}{\tau}; & \frac{\partial \theta}{\partial t} &= \frac{\theta_i^{n+1} - \theta_i^n}{\tau}. \end{aligned}$$

Тогда система (1) может быть записана в следующие виде:

$$\begin{aligned} \sigma_{i+1}^{n+1} \left(\frac{v_e^2}{h^2} \right) - \sigma_i^{n+1} \left(\frac{2v_e^2}{h^2} + \frac{1}{\tau^2} \right) + \sigma_{i-1}^{n+1} \left(\frac{v_e^2}{h^2} \right) - \theta_i^{n+1} \left(\frac{\beta}{\tau^2} \right) &= \frac{1}{\tau^2} \sigma_i^{n-1} - \frac{2}{\tau^2} \sigma_i^n - \frac{2\beta}{\tau^2} \theta_i^n + \frac{\beta}{\tau^2} \theta_i^{n-1}, \\ \theta_{i+1}^{n+1} \left(\frac{\lambda_q}{h^2} \right) - \theta_i^{n+1} \left(\frac{2\lambda_q}{h^2} + \frac{\rho c_\varepsilon}{\tau} + \frac{\beta^2 T_0}{\rho v_e^2 \tau} \right) + \theta_{i-1}^{n+1} \left(\frac{\lambda_q}{h^2} \right) - \sigma_i^{n+1} \left(\frac{\beta T_0}{\rho v_e^2 \tau} \right) &= -\theta_i^n \left(\rho c_\varepsilon + \frac{\beta^2 T_0}{\rho v_e^2 \tau} \right) \frac{1}{\tau} - \frac{\beta T_0}{\rho v_e^2 \tau} \sigma_i^n. \end{aligned}$$

Полученная система уравнений нелинейна, для её решения воспользуемся методом простой итерации. Суть метода заключается в пошаговом определении температуры до тех пор пока поле температуры не перестанет отличаться от предыдущего приближения на величину погрешности:

$$\frac{\max_i |T_i^{s+1} - T_i^s|}{\max_i |T_i^{s+1}|} \leq \varepsilon,$$

где ε – точность вычислений, T_i^s – температура в i -ом узле на s итерации.

Результаты численного решения системы (1) представлены на рис. 3. Материал пластины – алюминий со следующими свойствами: $\rho = 2700$ кг/м³, $\lambda = 220$ Вт/(м · К), $c_\varepsilon = 861$ Дж/(кг · К), $\alpha_T = 26 \cdot 10^{-6}$ 1/К, $\nu = 0.34$, $E = 70 \cdot 10^9$ Па. Верхний график отображает изменение температурного поля пластины, нижний – изменение напряжений в пластине во времени.

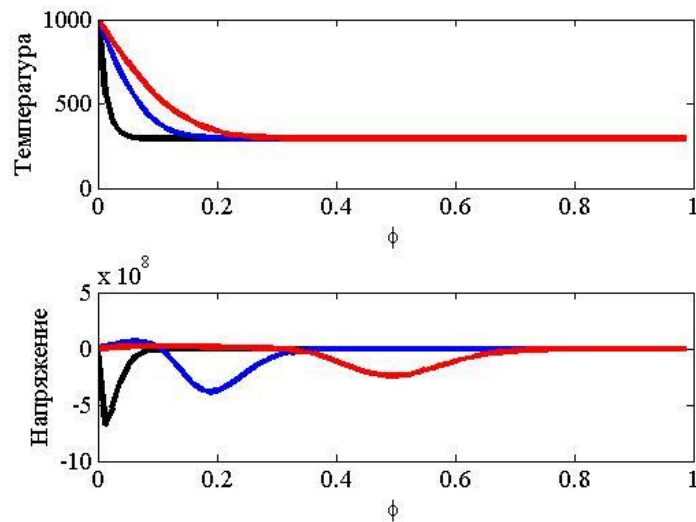


Рис.3 – Температурное поле и поле напряжений в материале в различные моменты времени.

Черная линия соответствует безразмерному времени $\eta = 1$, синяя – $\eta = 15$, красная – $\eta = 40$.

Заключение

Представлено аналитическое решение связанной задачи термоупругости. Изложена численная модель, позволяющая исследовать взаимосвязь деформации тела и тепловых эффектов. На основе изложенной модели связанной задачи термоупругости создан программный комплекс для численного исследования процессов теплопереноса.

Литература

1. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. Пер. с польск. под ред. Г. С. Шапира, М.: Мир, 1970. – 256 с.
2. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. – 532 с.

References

1. Novackij V. Dinamicheskie zadachi termouprugosti. Per. s pol'sk. pod red. G. S. Shapiro, M.: Mir, 1970. – 256 s.
2. Samarskij A.A., Nikolaev E.S. Metody reshenija setochnyh uravnenij. M.: Nauka, 1978. – 532 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.137

Брыков Н.А.

Ассистент кафедры плазмгазодинамика и теплотехника, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Аннотация

В статье рассмотрено численное решение нелинейной нестационарной задачи теплопроводности для определения температурного поля в многослойной пластине с внутренними источниками тепла. В модели учитывается зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, и моделируется излучение на границах пластины. Изложена неявная двухслойная схема для метода прогонки. Дискретизация нестационарного уравнения теплопроводности производится с помощью локально одномерной, абсолютно устойчивой схемы. Представлены результаты расчета.

Ключевые слова: нестационарная теплопроводность, излучение на границе, метод прогонки.

Brykov N.A.

Assistant of the Department of heat engineering and plasmagasdynamic, BALTIC STATE TECHNICAL UNIVERSITY «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, St. Petersburg

SOLUTION OF NONLINEAR TRANSIENT HEAT CONDUCTION PROBLEM

Abstract

The article deals with the numerical solution of nonlinear transient heat conduction problem for the determination of the temperature field in a multilayer plate with internal heat sources. The model takes into account the dependence of thermal conduction coefficient on the temperature, and is modeled on the radiation plate boundaries. Presented is an implicit two-layer scheme for the sweep method. Discretization of transient heat equation is performed by locally-dimensional, absolutely stable scheme.

Keywords: transient heat conduction, radiation on the borders, sweep method.

Широкое применение многослойных элементов конструкций в различных отраслях техники обусловило необходимость разработки методов их расчета при различных тепловых воздействиях. Кроме внешнего теплового воздействия на материал достаточно часто встречаются случаи, когда теплота возникает внутри объема тела за счет внутренних источников (стоков), например, за счет прохождения электрического тока или химических реакций. Такое объемное тепловыделение может быть определено мощностью внутренних источников теплоты. Расчет температурного поля внутри тела в высокотемпературных установках является одной из основных инженерных задач.

Рассмотрим двухслойную пластину с толщинами δ_1 , δ_2 и составленную из материалов с различными теплофизическими свойствами. На рис.1 схематично изображена геометрия рассматриваемого объекта. Пластина состоит из 2 различных материалов №1 и №2. В первом материале присутствуют два внутренних точечных источника теплоты с координатами $(x_{ист1}, y_{ист1})$ и $(x_{ист2}, y_{ист2})$.

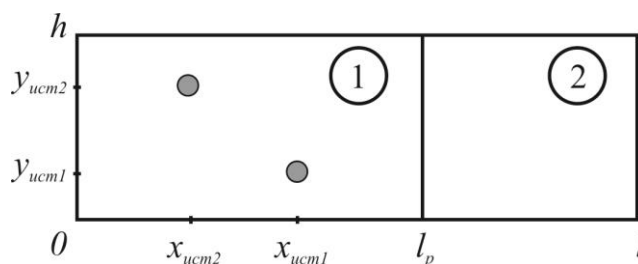


Рис. 1 - Геометрия объекта

Нестационарный перенос тепла в двумерном случае может быть описан следующим уравнением:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_i(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_i(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + Q(x, y), \quad (1)$$

где ρ – плотность материала, c – удельная теплоемкость, T – температура, $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности, зависящий от температуры, Q – точечные внутренние источники теплоты, $i = 1$ при $0 < x < l_p$ и $i = 2$ при $l_p < x < l$, $l_p = \delta_1$ – координата стыка слоев пластины, $l = \delta_1 + \delta_2$ – толщина пластины. Здесь и далее индексы «1», «2» относятся, соответственно, к первому и второму слоям пластины.

В начальный момент времени температура обоих слоев пластины равномерно распределена по толщине и равна: $t = 0: T_1 = T_2 = const$. Граничные условия определяющие особенности протекания процесса на поверхности стенки, задаются следующим образом:

- Внутренняя и внешняя поверхности пластины (левая и правая граница) соприкасаются с газовой фазой, поэтому на этих границах целесообразно сформулировать граничное условие третьего рода – взаимосвязь между потоком тепла за счет теплопроводности от твердой стенки и тепловым потоком из газовой фазы внутри канала за счет температурного напора. Также произведём учет теплообмена за счет излучения. Теплоперенос излучением будем рассматривать на основе закона Стефана-Больцмана. Таким образом, граничные условия на левой и правой границах будет выглядеть так:

$$x = 0: -\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_1 (T_{1_{\text{вн}}} - T) + \varepsilon_1 \sigma (T_{1_{\text{вн}}}^4 - T^4),$$

$$x = l: \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_2 (T_{2_{\text{вн}}} - T) + \varepsilon_2 \sigma (T_{2_{\text{вн}}}^4 - T^4),$$

где α – коэффициент теплообмена, $T_{1_{\text{вн}}}$ и $T_{2_{\text{вн}}}$ – температура газовой фазы, соответственно, слева и справа от пластины, ε – приведённая степень черноты, σ – постоянная Стефана-Больцмана.

- Верхняя и нижняя границы пластины принимаются адиабатическими:

$$y = 0, \quad 0 < x < l: -\lambda_i \frac{\partial T}{\partial y} = q_n = 0,$$

$$y = h, \quad 0 < x < l: -\lambda_i \frac{\partial T}{\partial y} = q_s = 0,$$

где $i = 1, 2$ – слои пластины.

- На поверхности соприкосновения слоев пластины запишем граничное условие, определяющее равенство температур и тепловых потоков на стыке материалов:

$$T_1(t, l_p) = T_2(t, l_p),$$

$$-\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial x} \right)_{x=l_p} = -\lambda_2 \left(\frac{\partial T_2}{\partial x} \right)_{x=l_p}.$$

Здесь T_1 и T_2 – температуры соприкасающихся слоёв пластины.

Зависимости коэффициентов теплопроводности от температуры $\lambda_1(T)$ и $\lambda_2(T)$ являются справочными данными. В случае двухслойной пластины, где в качестве первого материала рассмотрим сталь 20, а в качестве второго – асбест, то эти зависимости имеют следующий вид [1]:

$$\lambda_1 = -1.3711 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 + 2.6431 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0.047798 \cdot T + 69.772,$$

$$\lambda_2 = 0,14 + 0,00019 \cdot T. \quad (2)$$

Интерполяция данных с целью определения полинома для теплопроводности стали осуществлялась кубическими сплайнами с граничными условиями отсутствия узла. Для численного расчета удобно ввести в рассмотрение единое уравнение для теплопроводности многослойной пластины:

$$\begin{cases} \lambda = \lambda_1 & \text{при } 0 < x < l_p, \\ \lambda = \lambda_2 & \text{при } l_p < x < l. \end{cases}$$

Решения сформулированной краевой задачи основано на методе конечных разностей, используется неявная двухслойная схема (рис.2), метод прогонки [2]. Введём в рассмотрение расчетную сетку с пространственным и шагами h_x и h_y . Дискретизация уравнения (1) произведём с помощью локально одномерной, абсолютно устойчивой схемы А.А. Самарского. Суть данного метода заключается в том, что один шаг по времени τ проходит за два этапа: на первом этапе, который соответствует промежуточному временному слою $(n + 1/2)$ проводится дискретизация уравнения (1) только по одному из пространственных направлений, на втором этапе – дискретизация проводится по другому направлению.

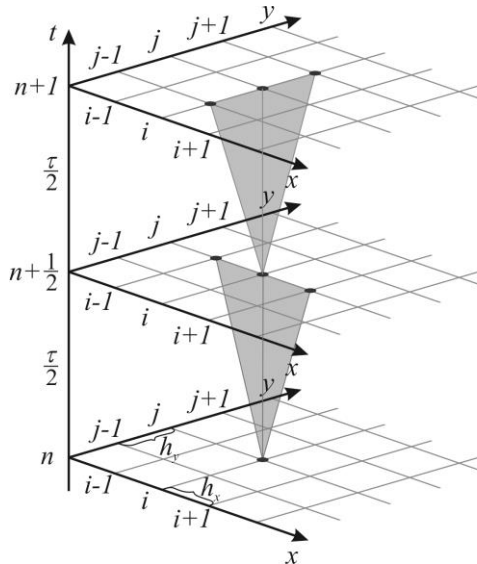


Рис. 2 - Разностная сетка области решения

Учёт зависимости коэффициента теплопроводности от температуры и включения в граничные условия излучения на границе вносят нелинейность в рассматриваемую задачу. Для устранения нелинейности в расчетную схему (Рис.3) вводятся несколько итерационных циклов: для определения $\lambda(T)$; для определения температуры в члене для учёта излучения в левом (ЛГУ) и правом (ПГУ) граничных условиях. Условия выхода из этих итерационных циклов в общем виде можно записать как:

$$\frac{\max_i |T_i^{s+1} - T_i^s|}{\max_i |T_i^{s+1}|} \leq \varepsilon,$$

где ε – точность вычислений, T_i^s – температура в i -ом узле на s итерации.

В результате аппроксимации частных производных уравнения (1) конечными разностями получим следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\rho_{i,j} c_{i,j} \frac{T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - T_{i,j}^n}{\tau/2} = \frac{1}{h_x} \left(\lambda_{i+1/2,j}^{n+\frac{1}{2}} \frac{T_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{h_x} - \lambda_{i-1/2,j}^{n+\frac{1}{2}} \frac{T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - T_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{h_x} \right) + Q_{i,j}^n,$$

$$\rho_{i,j} c_{i,j} \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\tau/2} = \frac{1}{h_y} \left(\lambda_{i,j+1/2}^{n+1} \frac{T_{i,j+1}^{n+1} - T_{i,j}^{n+1}}{h_y} - \lambda_{i,j-1/2}^{n+1} \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j-1}^{n+1}}{h_y} \right) + Q_{i,j}^n.$$

где "n", " $n + \frac{1}{2}$ " и " $n + 1$ " – текущий, промежуточный и новый временной слой. Входящие в эти уравнения значения коэффициента теплопроводности на гранях между ячейками определяются как $\lambda_{i+1/2,j}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \cdot (\lambda_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \lambda_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}})$, $\lambda_{i-1/2,j}^{n+\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \cdot (\lambda_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \lambda_{i,j}^{n+\frac{1}{2}})$ и $\lambda_{i,j+1/2}^{n+1} = \frac{1}{2} \cdot (\lambda_{i,j}^{n+1} + \lambda_{i,j+1}^{n+1})$, $\lambda_{i,j-1/2}^{n+1} = \frac{1}{2} \cdot (\lambda_{i-1,j}^{n+1} + \lambda_{i,j}^{n+1})$. Значения коэффициента теплопроводности в i -й ячейке на новом временном слое определяется по формулам (2).

Результаты численного двумерного расчета представлены на рис.4. Рассматривается пластина с размерами $l = h = 1$ м, толщина первого слоя $\delta_1 = 0.7$ м. Внутренние точечные источники теплоты имеют координаты: $x_{ист1} = 0.5$ м, $y_{ист1} = 0.2$ м и $x_{ист2} = 0.2$ м, $y_{ист2} = 0.7$ м. Мощность источников $Q_1 = 9e6$ Вт/м², $Q_2 = 5e6$ Вт/м². Температура окружающей среды $T_{\text{окр}} = 700$ К, коэффициент теплоотдачи $\alpha = 40$ Вт/(м²·К). Степень черноты левой границы $\varepsilon_1 = 0.5$, правой – $\varepsilon_1 = 0.2$.

На рис.4 изображено изменение температурного поля многослойной пластины в различные моменты времени. График (а) соответствует сечению $y = 0.1$ м, график (б) – $y = 0.2$ м, график (б) – $y = 0.5$ м, график (б) – $y = 0.7$ м. Температурные "пики" на графиках (б) и (г) обусловлены внутренними источниками теплоты.

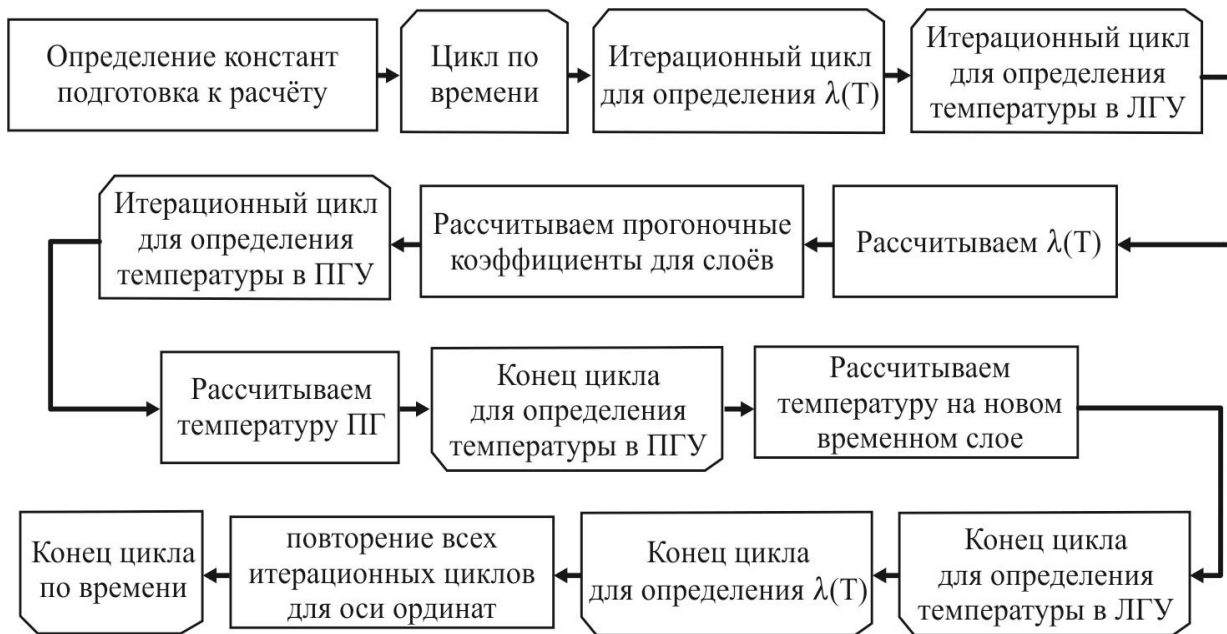


Рис. 3 - Блок схема расчета

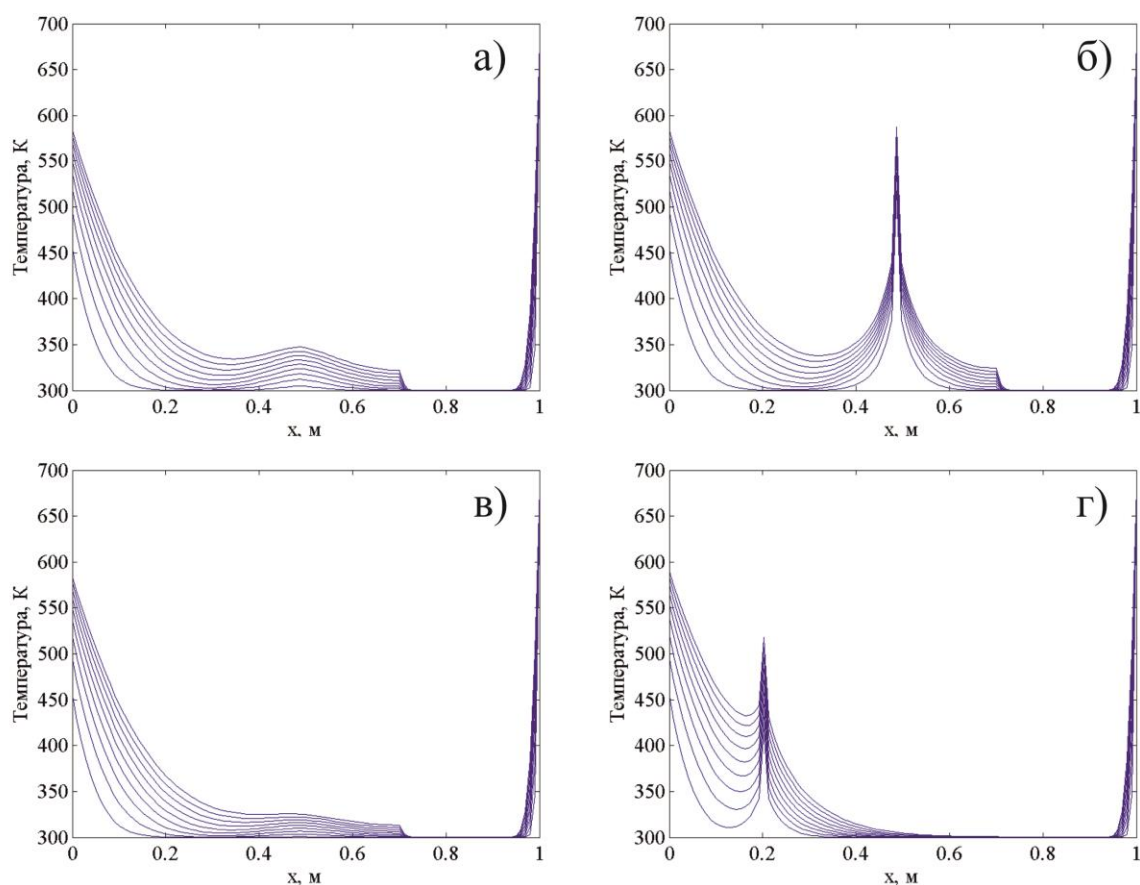


Рис. 4 - Изменение температурного профиля пластины в времени в различных сечениях пластины

За счет достаточно большого различия в порядке значений коэффициента теплопроводности рассматриваемых материалов на поверхности их соприкосновения наблюдается резкое изменение температуры.

Заключение

Изложенная модель позволяет исследовать нестационарные температурные поля многослойных элементов при различных внутренних и внешних тепловых нагрузках, зависимости коэффициента теплопроводности от температуры и с учётом излучения на границах. На основе модели обобщенной задачи теплопроводности создан программный комплекс для численного исследования процессов теплопереноса.

Литература

1. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. М.: Атомиздат, 1968 г. – 484 с.
2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1989. – 432 с.

References

1. Chirkin V.S. Teplofizicheskie svojstva materialov jadernoj tehniki. M.: Atomizdat, 1968 g. – 484 s.
2. Samarskij A.A., Gulín A.V. Chislennye metody: Ucheb. posobie dlja vuzov. – M.: Nauka, 1989. – 432 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.290

Бубенчиков А.А.¹, Нурахмет Е.Е.², Молодых В.О.¹, Руденок А.И.²¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, Кандидат технических наук, доцент; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799 Магистрант;³ORCID: 0000-0002-3382-3623, Магистрант; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, Магистрант,

Омский государственный технический университет

НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В СИЛОВОМ ОБОРУДОВАНИИ**Аннотация**

В статье рассмотрено - силовое оборудование, являющееся значимым элементом энергосистемы, от которых зависит надёжность подачи электроэнергии. Существует множество систем мониторинга силовых трансформаторов, которые используют целые комплексы различных датчиков, чувствительных к разным видам дефектов. Обработка результатов непрерывно ведущихся измерений, анализ, запоминание и отображение в удобном для эксплуатационного персонала виде производятся стандартными средствами современной вычислительной техники.

Ключевые слова: силовое оборудование, контроль, повреждения.

Bubenchikov A. A.¹, Nurakhmet Y. Y.², Molodikh V.O.³, Rudenok A. I.⁴¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, PhD in Engineering, associate professor; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799, undergraduate student; ³ORCID: 0000-0002-3382-3623, undergraduate student; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, undergraduate student,

Omsk State Technical University

ARE MOST CHARACTERISTIC FAULTS IN THE POWER EQUIPMENT**Abstract**

In the article - power equipment, is an important element of the energy system, from which depends the reliability of electricity supply. There is plenty of power transformer monitoring systems that use several sets of different sensors that are sensitive to different types of defects. Processing of the results of the ongoing continuous measurement, analysis, storage and display in an easy to operating personnel as produced by standard means of modern computer technology.

Keywords: power equipment, control, damage.

Стабильность работы многих предприятий в значительной мере зависит от состояния высоковольтного оборудования, обеспечивающего бесперебойную работу технологических процессов, внеплановая остановка которых грозит серьезным авариям на производстве, недопуску продукции или в худшем случае травмирования рабочего персонала. Вывод из строя силового трансформатора межсистемной связи, по крайней мере, временно, также приводит к нежелательному перерыву электроснабжения. Следовательно, ставится вопрос о необходимости повышения эксплуатационной надежности и бесперебойной работы силового электрооборудования.

На сегодняшний день, ввиду значительного финансирования направленного на закупку нового, современного силового оборудования, увеличения срока службы и определение причины повреждения может являться крайне важной задачей, ведь достаточно лишь обладать заблаговременно точной и достоверной информацией о причинах можно легко найти эффективное решение. В связи с этим возникает потребность в принятии выбора о замене оборудования или продлении срока службы оборудования, что недопустимо осуществить без полной оценки технического состояния силового оборудования.

Трансформатор работает в непрерывном режиме под высокими напряжениями в самых разных климатических условиях. Так же кроме внешних воздействий, оказывают влияние на трансформатор и внутренние влияния электрического, магнитного, механического, химического, физического и теплового характера. Вследствие чего может происходить нежелательный износ конструкции и изоляции, что определенно приводит к аварийным условиям работы.

Не редкими причинами тотальных повреждений и сбоев в работе трансформаторов бывают заводские браки, дефекты монтажа, низкого качества ремонт, внутренние повреждения оборудования, развивающиеся в результате долгосрочной эксплуатации под воздействием внутренних и внешних возмущений.

Причины, приводящие к снижению работоспособности в ходе эксплуатации трансформатора и до выхода из строя, можно классифицировать следующим образом:

1. Повышенный нагрев элементов активной части;
2. Разрушение изоляции между деталями конструкции;
3. Увлажнение изоляции в эксплуатации;
4. Выработка газа в масле;
5. Старение изоляции;
6. Деформации обмоток;
7. Нагрев и после износ контактов переключающих устройств;
8. Отказ системы защиты и контроля трансформатора;
9. Частичные разряды в изоляции;
10. Увлажнение вводов;
11. Заводские дефекты (сварки отводов и обмоток), некачественный ремонт;
12. Отказ системы охлаждения

Основной процедурой мониторинга является оценка технического состояния объекта, характеризуемого контролируемыми показателями и характеристиками, в определенный момент времени при определенных условиях внешней и внутренней сред. Обычно, объект диагностики может состоять в активном или неактивном состоянии. Причем, нормированные значения показателей объекта регламентируются в его технической документации.

Переход объекта из одного состояния в другое сопровождается полным или частичным отказом, выражающийся в полном или частичном выходе из строя элементов объекта, или превышением физических и химических норм, показателей протекающего в объекте процесса. Задача диагностики заключается в отнесении состояния объекта к рабочему или нерабочему состоянию по результату проведенного анализа.

Образованная база трансформаторного оборудования на примере, имеющихся в эксплуатации на подстанциях [4] из трех основных тепловых электростанций ОАО «ММК»: ЦЭС, ТЭЦ, ПВЭС. На рис.1 изображена диаграмма, показывающая эксплуатацию силового трансформаторного оборудования на подстанциях и распределение по периодам ввода оборудования на энергоблоках ТЭС. На рисунке 2 изображены диаграммы, изображающие в процентах количество отработавших трансформаторов более чем в 30 лет, с разделением по классам подводимого напряжения. При просмотре диаграмм видно, что средняя продолжительность их продолжительности работы сильно превышает положенный нормативный срок в 25 лет. Это определяющий момент показывает потребность исследования повреждаемости трансформаторного оборудования с целью выявления присущих неисправностей, определения и введения новых процедур по продлению срока их службы и повышению долговечности. [2]

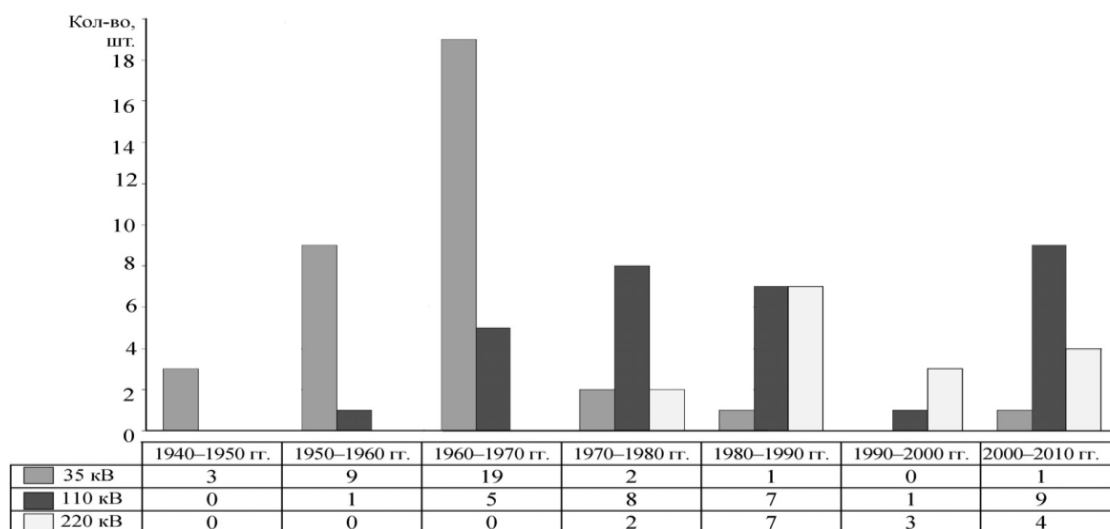


Рис. 1 – Распределение на трансформаторных подстанциях УГЭ ОАО «ММК» по периодам ввода в эксплуатацию

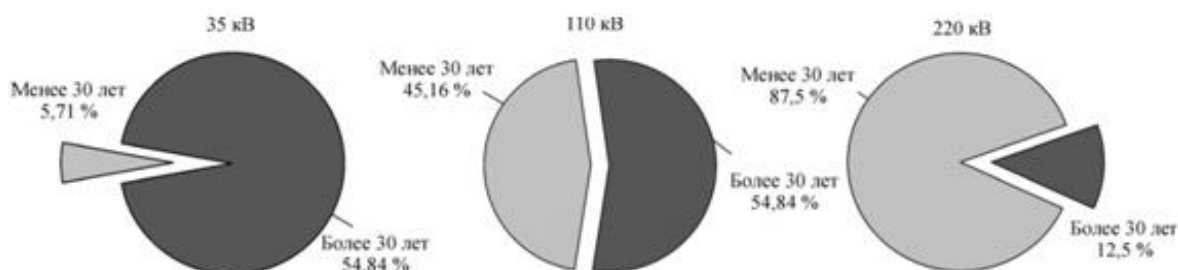


Рис. 2 – Проценты эксплуатируемых сетевых трансформаторов, на протяжении 30 лет эксплуатации

Выполненное изучение основных обстоятельств и условий возникновения повреждений в силовом оборудовании центральной электростанции (ЦЭС) за период с 2003 по 2011 года. Распределение повреждений оборудования по главным узлам с учетом срока с момента ввода в эксплуатацию показаны в таблице 1. По приведенным данным, можно сделать вывод, что повреждения обмоток наиболее часто распространенное явление среди трансформаторов с любыми сроками эксплуатации, для РПН большее число повреждений у трансформаторов со сроками эксплуатации от 10–30 лет, для высоковольтных вводов существенные повреждения наступают после 10 лет эксплуатации. Но существующие данные не предоставляют создать оценку зависимости повреждаемости силового оборудования от срока эксплуатации, так как для этого требуется учитывать число эксплуатируемых трансформаторов в каждом диапазоне эксплуатируемого времени. [5]

Таблица 1 - Порядок повреждений силового оборудования по основным узлам с учетом времени эксплуатации

Узел	Распределение повреждений с учетом срока эксплуатации, %			
	до 10 лет	10-20 лет	20-30 лет	более 30 лет
Обмотка	15,3	16,4	15,1	19
Магнитопровод	4,3	0	0	0
Система охлаждения	2,1	10	9,1	0
РПН	8,5	17	12,3	5,5
Течь масла	6,8	11,1	13	7,9
Высоковольтные ввода	8,6	22,7	23	19,2
Другие причины	56,2	21,4	26,8	48,3

Длительный опыт в эксплуатации и исследовании трансформаторного оборудования показывает, что более 70% дефектов трансформаторов можно выявить без вывода трансформатора из сети.

Суть научной значимости работы составляет необходимость проведения оперативного контроля технического состояния силового трансформатора с целью предотвращения аварийных ситуаций, приводящих к значительному повреждению элементов силового трансформатора, вплоть до полного выхода из строя.

Достоверность и надежность результатов диагностики зависит от эффективности мониторинга. Для эффективности проводимого контроля необходимо проводить исследования объекта, его элементов и технических процессов, определять виды повреждений. На основании полученной информации, проверить зависимость наиболее характерных повреждений от параметров объекта и определить взаимосвязи между повреждениями и диагностическими параметрами силового оборудования используют статические данные, выработанные в результате многолетнего опыта эксплуатации трансформаторного оборудования.

Разработка и внедрение новых и современных методов контроля с целью выявления повреждений и заводских дефектов, отметка полной функциональной исправности трансформаторного оборудования, определение возможной необходимости увеличения срока службы силового оборудования и проведение главных задач диагностики является важной частью постоянного совершенствования методов оценивания состояния и повышения их эффективности. Важнейшую роль при введении новых методов выступает системный подход к оценке состояния силового оборудования, при котором оценка технического состояния основывается на результатах конкретных измерений и учете конструктивных особенностей диагностируемых объектов, что может позволить нам повысить подлинность полученных результатов.

Вследствие непрерывного контроля можно обозначить некие безопасные пределы нагрузки для каждой единицы электрооборудования, что позволит получить максимум отдачи. Заблаговременное обнаружение дефекта позволяет нам избежать аварийной ситуации и пресечь возникновение дорогостоящих капитальных ремонтов. За счет эксплуатации износившегося оборудования в безопасном для него режиме работы мы добьемся, продления времени безотказной эксплуатации. Исключение аварийных ситуаций позволяет защититься от дополнительных потерь или затрат, связанных с дорогостоящим устранением этих последствий и потерь из-за перебоев электроснабжения.

Использование современных методов создает также необходимость приспособливания действующих нормативных документов и правил, а так же создание и преобразование соответствующих диагностических признаков для оценивания результатов проведенных исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00243 а»

Литература

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 215с.: ил.
2. Чичинский М.И. Повреждаемость маслонаполненного оборудования электрических сетей и качество контроля его состояния. - М.: Энергетик, 2000, №11.
3. Аксенов Ю.П. Мониторинг технического состояния высоковольтной изоляции электрооборудования энергетического назначения в эксплуатации и при ремонтах. – М.: Наутехлитиздат, 2002. – 338с.
4. Силовые трансформаторы. Справочная книга/Под ред. С.Д.Лизунова, А.К.Лоханина. М.: Энергоиздат, 2004. – 616с.
5. Михеев Г.М. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования. – М.: Додэка-XXI, 2010. – 224 с: ил.

References

1. Alekseev BA Condition monitoring (diagnostics) of large power transformers. - M.: Publishing House of the NTs ENAS, 2002 - 215c.: silt.
2. Chichinsky MI Damageability oil-filled electrical network equipments and quality control of its condition. - M.: Energetic 2000, №11.
3. Aksyonov Yu technical condition monitoring of high-voltage insulation of electrical energy purposes in the operation and repairs. - M.: Nautehlitizdat, 2002. - 338s.
4. Power transformers. Handbook / Ed. S.D.Lizunova, A.K.Lohanina. M.: Energoizdat, 2004. - 616s.
5. GM Mikheev Power plants and electrical networks. Diagnosis and control of electrical equipment. - M.: Dodeka-XXI, 2010. - 224 p: il.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.288

Бубенчиков А.А.¹, Нурахмет Е.Е.², Молодых В.О.¹, Руденок А.И.²¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, Кандидат технических наук, доцент; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799 Магистрант;³ORCID: 0000-0002-3382-3623, Магистрант; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, Магистрант,

Омский государственный технический университет

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**Аннотация**

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме использования солнечной энергии как основной источник питания потребителя. Автор даёт обобщенную характеристику способам преобразования солнечной энергии в другие виды энергии. А также рассмотрены государственные планы развития солнечной энергетики в различных странах мира и были рассмотрены благоприятные условия установки солнечных панелей в мире. В статье раскрываются проблемы неконкурентоспособности солнечной энергетики относительно данного времени и как с этим можно бороться.

Ключевые слова: солнечная энергетика, альтернативный источник, экономия.

Bubenchikov A. A.¹, Nurakhmet Y. Y.², Molodikh V.O.³, Rudenok A. I.⁴¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, PhD in Engineering, associate professor; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799, undergraduatestudent; ³ORCID: 0000-0002-3382-3623, undergraduate student; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, undergraduate student,

Omsk State Technical University

SOLAR POWER AS SOURCES OF ELECTRICAL ENERGY**Abstract**

The article is devoted to the issue date, the use of solar energy as the main source of consumer power. The author gives a generalized description of methods of converting solar energy into other forms of energy. And also consider the state of the solar energy development plans in various countries around the world and were considered favorable conditions of installation of solar panels in the world. In the article the problem of lack of competitiveness of solar energy relative to a given time and how this can be combated.

Keywords: solar power, alternative sources, savings.

С каждым годом жители всё больше полагаются на технику, не могут даже и дня представить без них. При этом развитие технологий не стоит на месте, становятся компактными и очень требовательными к качеству электрической энергии. Следовательно, потребление электроэнергии стало больше, и будет расти каждый раз. А из-за нестабильности экономики в стране, цены, на потребляемую энергию, растут. Например, на сегодняшний день в России был произведён скачок в стоимости электроэнергии, потребляемой населением. Кроме ежегодного «календарного» повышения её цены на 10 – 15 % добавлена плата за электропотребление общедомовых приборов (Интернет-провайдеров, домофонов и кабельных сетей, юридических лиц). Если так дальше продолжится, то в скором времени жильцы будут оплачивать потери энергии в квартальных трансформаторах, в линиях электропередачи и т.д. И это касается населённых пунктов и сельских промышленных предприятий, расположенных отдалённо от больших городов. [2]

Основным из возможных решений данной проблемы является альтернативные источники энергии. А именно солнечная энергия. У каждой страны существует ряд научных советов которые отвечают за использование солнечной энергии такие как Научный совет РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, Комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных и инженерных общественных организаций, American Council On Renewable Energy: ACORE, The European Renewable Energy Council (EREC) и т.д.[5]

Каждый из этих научных советов для своего государства устанавливает план, в котором говорится об увеличении доли солнечной энергетики в общей энергетической системе. Так для России Министерство энергетики РФ назначала план, к 2020 году поднять долю солнечной энергетики в общей энергетической системе РФ до 0,9%(на данный момент она составляет 0,001%). Для реализации поставленного плана нужны благоприятные условия, дабы потраченные экономические затраты окупились за короткий промежуток времени. Если посмотреть на рисунок 1 и 2, то можно сказать, что не в каждой стране будут эффективны солнечные установки.[4]

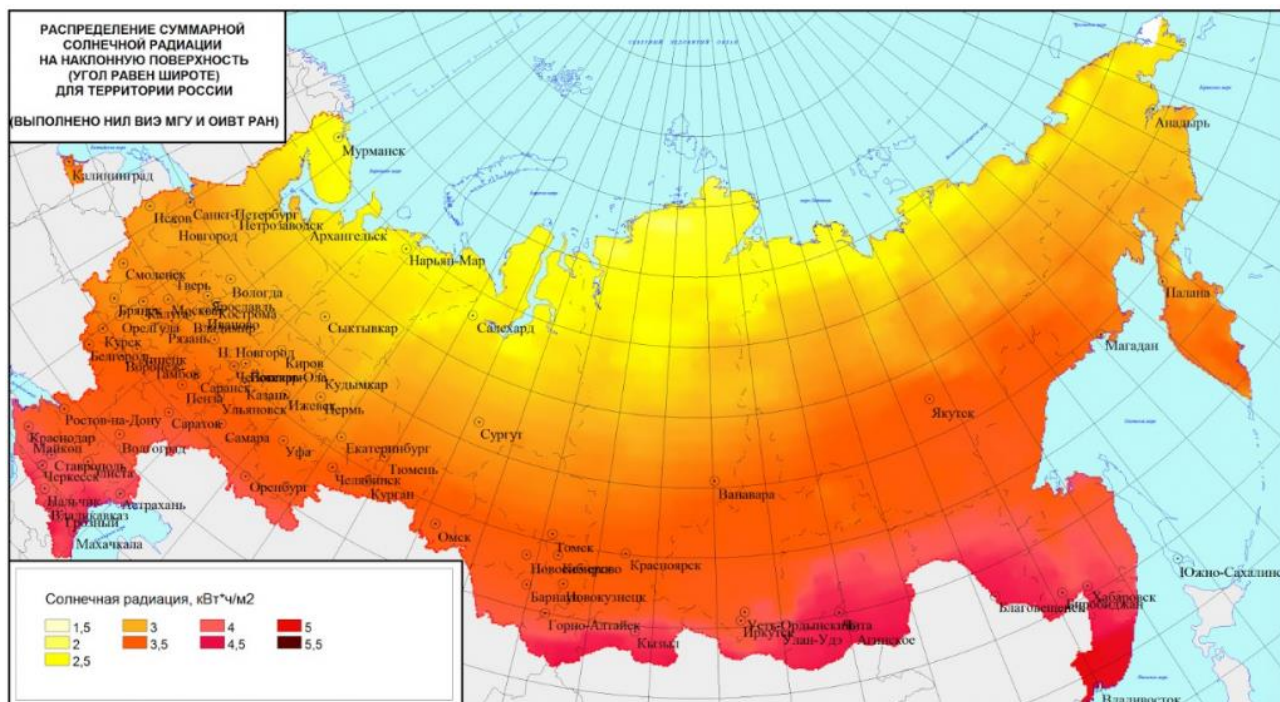


Рис. 1 – Распределение суммарной солнечной радиации в России

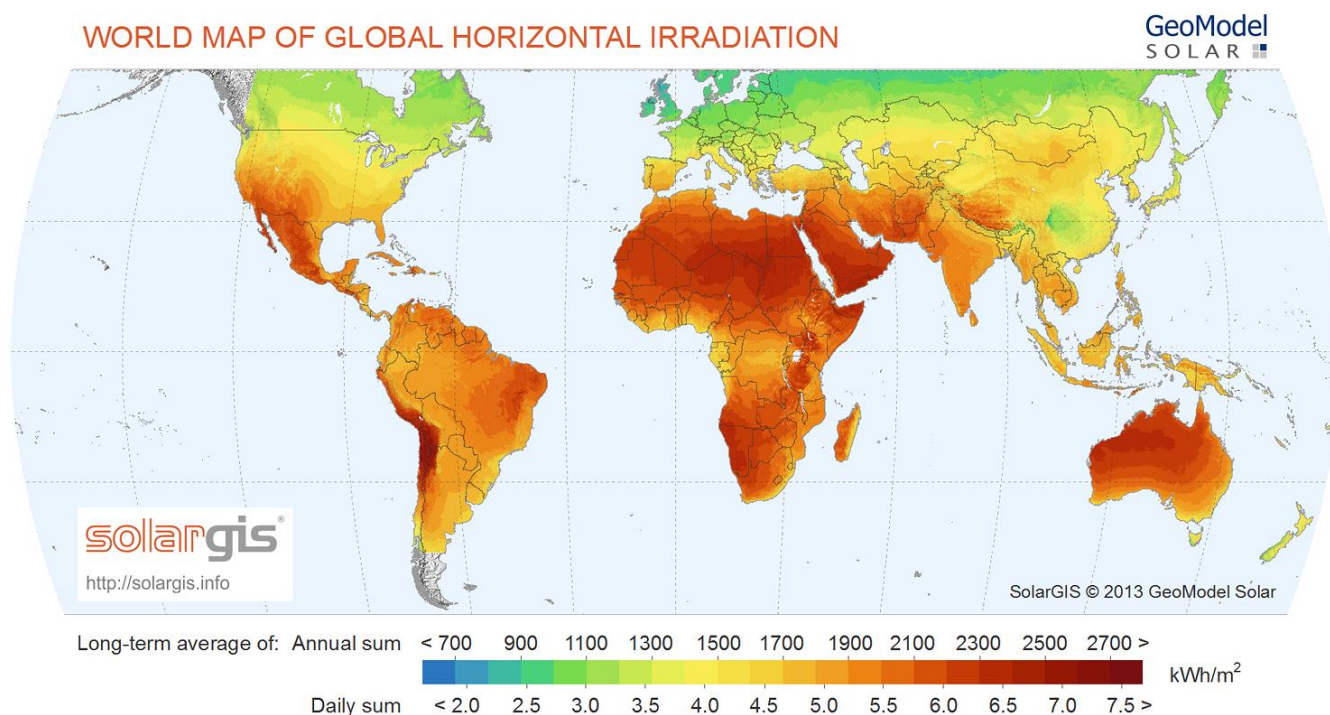


Рис. 2 – Распределение суммарной солнечной радиации в мире.

В настоящее время различают 2 наиболее популярный способа преобразования солнечной энергии: фотовольтаика и гелиотермальная энергетика. Фотовольтаическая система уникальный вид получения электричества, посредством попадания дневного света на панели. Принцип выработки электричества основан на *Фотовольтаическом эффекте*. То есть, при пробивание светом поверхность вещества, электроды начинают перемещаться между анодом и катодом внутри панели. Как правило, панели состоят из нескольких слоёв полупроводниковых материалов. Чем больше концентрация света, тем больше выработка электричества. [1] Данный вид выработки электричества применяется в автономной системе энергоснабжения на основании солнечных батарей.



Рис. 3 – Схема работы автономной системы энергоснабжения

На рисунке 3 изображено состав и принцип работы этой системы. Инвертор – это прибор для преобразования постоянного напряжения аккумуляторных батарей в переменное напряжение 220В. Основным недостатком инвертора является ограниченное время автономной работы, которое определяется емкостью аккумуляторных батарей и потребляемой мощностью. Контроллер – это прибор, который не позволяет аккумуляторам перезарядиться или разрядиться раньше времени. Блоки аккумуляторов служат для накопления вырабатываемого электричества. Основная проблема всех аккумуляторов, это малый объем ёмкости и не приспособленность к большим нагрузкам. Одна из главных причин не конкурентоспособности, это цена. Например, для установки в России автономной системы частному потребителю придётся заплатить в районе 180 тыс.руб.. А рентабельность и окупаемость полностью зависит от солнечных дней в году на месте установки. Эту систему применяют для бесперебойного питания автономных систем таких как освещение, охранная сигнализация и т.д. А так же в роли основного источника энергии (если потребитель находится очень далеко от подстанции) или совместно с приходящими линиями электропередачи. [3]

Гелиотермальная энергетика – это системы позволяющая трансформация солнечной излучения в электрическую или тепловую энергию с помощью трёх технологий:

Первая технология одна из самых распространённых вариант снабжения теплом это использование солнечных коллекторов. Их располагают в неподвижном состоянии так, чтобы нагрев был максимально эффективный. Самым эффективным теплоносителем является воздух, вода или антифриз. Производится нагрев вещества на 45-50 °С выше температуры окружающей среды. Всё это происходит в коллекторе. Также можно использовать для кондиционирования воздуха, термообработки продуктов сельского хозяйства и опреснение морской воды. Такие солнечно обогревательные системы очень популярны в Японии и США [6]. Однако в таких странах как Кипр и Израиль таких систем намного больше из расчёта населения. Примерно 1 млн. коллекторов обеспечивают 70% населения страны используют такой способ получения энергии. К такому прогрессу пытаются прийти Индия и Китай. Если посмотреть на рисунок 2 можно сказать что Африка идеальный претендент для использования такой системы, но из-за экономического положения их используют в основном для запуска насосных установок.[1]

Вторая технология превращает солнечную энергию в электрическую с помощью солнечных батарей на основе кремния. Ей нашли применение в космической индустрии, а именно в кораблестроении. Первое массовое применение было в Калифорнии. В настоящее время третья часть фотоэлектрических элементов рынка принадлежать Японии. В развитых странах её уже активно используют, при том факторе, что технология дорогая.

Третья технология основана на трансформации солнечной радиации в электрическую, используя зеркала, для концентрации лучей в одной точке. Такой способ используется в Солнечных электростанциях.[6]

Факты для перехода на солнечную энергию.

1. Неограниченный запас топлива.
2. Бесшумное, безвредное выработка электроэнергии.
3. Автономные системы энергоснабжения безопасны и высоконадежны.
4. Материалы возможно без труда переработать и использовать повторно.
5. Несложное обслуживание оборудования.
6. Использование электричества отдалённо в сельских районах.
7. Модули могут быть частью дизайна здания.
8. Стремительное уменьшение времени энергетической окупаемости модулей.
9. Увеличивает надёжность энергоснабжения страны.

На основе поведённого исследования можно сделать вывод. Чтобы Солнечная энергия была конкурентоспособной нужны наработки для увеличения ёмкости аккумуляторов и увеличения мощности и больше исследований в плане концентрации солнечных лучей на солнечных панели, дабы увеличить их эффективность и уменьшить срок окупаемости. Стремительное развитие солнечной энергетики, с использованием инновационных мировых технологий,

является главным конкурентом и в 2050 г. будет преимущественным на рынке энергетически экологических технологий, что обеспечит к концу века все потребности населения электрической энергией.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках научного проекта № МК-5098.2016.8»

Литература

1. [Электронный ресурс] <http://www.bestreferat.ru/> (дата обращения: 01.03.2016.)
2. Перспективы возобновляемой энергетики, Дизендорф А.В., Усков А.Е., Научный журнал КубГАУ, №114(10), 2015 г.
3. [Электронный ресурс] <http://decentral.web-box.ru/> (дата обращения: 02.03.2016.)
4. [Электронный ресурс] <http://minenergo.gov.ru/> (дата обращения: 02.03.2016.)
5. Солнечная энергия – энергия будущего, Павлов Н., Электроника: научка, технология бизнес, №1(123), 2013г.
6. Перспективы развития возобновляемой энергетики, Стребков Д.С., журнал: Труды международной научно-технической конференции энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, 2012 г.

References

1. [electronic resource] <http://www.bestreferat.ru/> (reference date: 03/01/2016.)
2. Prospects for renewable energy, Dizendorf AV Uskov AE Scientific journal KubGAU, №114 (10), 2015
3. [electronic resource] <http://decentral.web-box.ru/> (reference date: 02/03/2016.)
4. [electronic resource] <http://minenergo.gov.ru/> (reference date: 02/03/2016.)
5. Solar energy - energy of the future, N. Pavlov, Electronics: nauchka technology business, №1 (123) 2013.
6. Prospects for the development of renewable energy, Strebkov DS Journal: Proceedings of the International scientific and technical conference, energy supply and energy efficiency in agriculture, 2012

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.289

Бубенчиков А.А.¹, Нурахмет Е.Е.², Молодых В.О.¹, Руденок А.И.²

¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, Кандидат технических наук, доцент; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799 Магистрант;

³ORCID: 0000-0002-3382-3623, Магистрант; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, Магистрант,

Омский государственный технический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Аннотация

В статье рассмотрено - внедрение энергосберегающих источников света для улучшения качества освещения и энергосбережения, основные проблемы внедрения и пути их решения, рассмотрены недостатки и достоинства каждого энергосберегающего источника света и области их применения, также рассмотрены общие характеристики влияния энергосберегающих источников света на человеческую деятельность в целом. Отдельно описан каждый энергосберегающий источник с пояснениями и проблемами характерными для данного типа ламп.

Ключевые слова: освещение, энергосбережение, внедрение.

Bubenchikov A.A.¹, Nurakhmet Y.Y.², Molodikh V.O.³, Rudenok A.I.⁴

¹ORCID: 0000-0002-2923-1123, PhD in Engineering, associate professor; ²ORCID: 0000-0003-4709-4799, undergraduate student; ³ORCID: 0000-0002-3382-3623, undergraduate student; ⁴ORCID: 0000-0001-6239-5237, undergraduate student,

Omsk State Technical University

ENERGY SAVING LIGHT SOURCES

Abstract

The article considers introduction of energy-saving light sources to improve lighting quality and energy efficiency, the introduction of the basic problems and their solutions are discussed advantages and disadvantages of each energy-efficient light sources and their applications, also considered the impact of the general characteristics of energy-saving light sources on human activity in general. Separately describe each energy saver with explanations and problems specific to the type of lamp.

Keywords: lighting, energy saving, introduction.

Правительство Российской Федерации (ФЗ № 261 «об энергосбережении и энергоэффективности») вынесло решение, что планируется постепенный вывод из строя ламп накаливания. С 2011 года Правительством Российской Федерации наложен запрет производство и импорт всех ламп мощностью 100 Вт. В 2013 году запрет был наложен на лампы накаливания мощностью превышающую 75 Вт, а, спустя год, на все остальные лампы накаливания. Было заявлено, что, эти меры, приняты для эффективной экономии электрической энергии. По настоящему положению Российская Федерация по энергосбережению уступает ведущей в области экономии электроэнергии таким странам, как, Японии, США, ЕС, Индии и КНДР.

В настоящее время разработано несколько видов энергосберегающих источников света: лампы накаливания; люминесцентные лампы; галогенные лампы; дуговые ртутные лампы (ДРЛ); энергосберегающие лампы, компактные люминесцентные лампы (КЛЛ); светодиодные светильники.

Светодиодная лампа (LED лампа) – полупроводниковый прибор, преобразующий напряжение в источник света. Спектральный диапазон излучаемого лампой света зависит от химического состава полупроводника.

Основными проблемами эксплуатации данных типов ламп являются следующие факторы. Стоимость, является самой дорогой лампой среди энергосберегающих ламп. Устранение данной проблемы решается увеличением производства ламп отечественного производителя, что значительно сократит стоимость.

В обществе ведутся споры по поводу того, что у данного типа ламп томительный спектр свечения, так как их использование в осветительных приборах для изучения литературы, либо исполнения ответственной работы не представляется удобным. Также необходимо брать во внимание тот фактор, что пользователи данных ламп, закупали и применяли старые образцы этих ламп. Вследствие развития технологий, активно прогрессирующих, и вследствие этого излучение новейших светодиодных ламп является качественным в сравнении со старыми образцами. Для этого нужно приобретать качественные светодиодные лампы проверенного производства в специализированном магазине света и осветительной техники. Гарантия работы светодиодных ламп отечественного производителя примерно 2-3 года, а импортного — до 5 лет (в случае если лампа выйдет из строя ранее указанных сроков, ее можно будет заменить новой по гарантийному сроку).

Из-за массового использования энергосберегающих светодиодных ламп страдает экономика энергокомпаний ответственных за электроснабжение потребителя. Поэтому такие компании очень часто увеличивают плату за электроэнергию. Но это не повод отказа от светодиодных ламп. При этом уменьшаются затраты на топливо для производства электроэнергии, учитывая то, что большая часть электростанций работают на невозобновляемых источниках энергии, чьи запасы невозможны.

Люминесцентная лампа - источник света, где электрический разряд в парах ртути производит ультрафиолетовое излучение, преобразуемое в видимый свет с помощью люминофора, примером служит, смесь галофосфата кальция с другими элементами.

Что касается недостатков ламп, то как, и, у каждой лампы у нее есть ряд своих недостатков, решением которых уже занимаются многие компании. Недостатки люминесцентных ламп следующие.

Опасность химического элемента (в ЛЛ содержание ртути является в дозах от 10 мг до 1 г), но если сравнивать с обычным ртутным градусником, то количество ртути в лампе гораздо меньше.

Непостоянный, линейный спектр, утомительный для глаз и вызывающий искривление цвета освещаемых предметов (имеются лампы с люминофором спектра, смежного к постоянному, но обладающего меньшей светоотдачей). Данную решили очень простым способом, создали лампы отличной цветопередачи с некоторым применением высокоэффективного трех-или пятислойного люминофора, который допускает хорошую передачу цвета на различные искусственные и естественные объекты.

Излучение лампы с двойной частотой питающей сети. Использование электронного пускорегулирующего аппарата решает проблему, при условии достаточной ёмкости сглаживающего конденсатора выпрямленного тока на входе инвертора электронного пускорегулирующего аппарата. Некоторые производители часто экономят на ёмкости конденсатора.

Использование люминесцентных ламп наиболее обосновано в офисах и небольших промышленных помещениях, где высота потолка невысока, а температура помещения поддерживается выше 15-20 градусов. При таких условиях экономическая эффективность от ламп максимальна.

Галогенные лампы относятся к энергосберегающим источникам света. У галогенных ламп довольно много выгодных достоинств: минимум затрат электрической энергии нужно галогенной лампе, а отдача света сравнительно большая. Также галогенная лампа имеет большой срок эксплуатации. Кроме этого, выпуск таких ламп, возможно, производить в самых разнообразных модификациях. И, наконец, главным достоинством галогенных ламп является высококачественная прочность, характеризующая стойкостью к быстрым перепадам атмосферного давления и температуры.

Даже являясь таким совершенным источником света, у нее имеются свои слабые стороны: у галогенных ламп колбы подвержены большому нагреву, поэтому применение данного типа ламп необходимо осуществлять только под наблюдением их типового функционирования. Также внезапно появляющиеся в электрической сети скачки напряжения могут легко привести к выходу строя лампы.

Энергосберегающие лампы по своему влиянию на человеческое зрение их можно сопоставить с лампами дневного света, которые, несомненно, негативны для глаз. Энергосберегающие лампы, разгораясь, светят нерегулярно, световые отклонения чуть менее уловимы и воссоздают не только зрительные, но и психологические неудобства. Стремительно появляется раздражительность, бессонница, у детей — ранняя потеря зрения. В отличие от вида (энергосберегающие или обычные), считается, что лампы, передающие желтоватый цвет наиболее применимы для дома, комнат отдыха людей; белые и белые с более лёгким голубоватым оттенком - для офисов, магазинов. Лампа не должна передавать цвет явно голубого спектра, он неблагоприятно влияет на сетчатку глаз.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00243 а)

Литература

1. Колесник Ю. Н., Иванейчик А. В. Оценка эффективности энергосбережения за счет внедрения энергосберегающих источников света в рыночных условиях функционирования: статья в журнале — научная статья. — «Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого», 2007, № 2 (29), 69-74 с.
2. Сысоева Е. А. Повышение конкурентоспособности отечественных светотехнических предприятий на основе обеспечения энергоэффективности источников света: статья в журнале — научная статья. — «Проблемы современной экономики», 2010, №2, 135-139 с.
3. Полищук А.И., Туркин А.Н. Концепция применения светильников со светодиодами в целях реализации программы энергосберегающего освещения: статья в журнале — научная статья. — «Компоненты и Технологии», 2007, №76, 92-95 с.
4. Типанкова Ю. Н., Рудченко Ю. А., Базылев И. П. Анализ экономической эффективности замены ламп накаливания на современные источники света: статья в журнале — научная статья. — «Энергия и менеджмент» 2011, №3. 42-45 с.
5. Сысоева Е. А. Экономическая эффективность использования светодиодных ламп: статья в журнале — научная статья. — «Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз», 2012, №3, том 21, 119-123 с.

References

1. Kolesnik YU. N., Ivanejchik A. V. Ocenka ehffektivnosti ehnergoberezheniya za schetvnedreniya ehnergoberegayushchih istochnikov sveta v rynochnykh usloviyakh funkcionirovaniya: stat'ya v zhurnale – nauchnaya stat'ya. – «Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P.O. Suhogo», 2007, № 2 (29), 69-74 s.
2. Sysoeva E. A. Povyshenie konkurentosposobnosti otechestvennykh svetotekhnicheskikh predpriyatij na osnove obespecheniya ehnergoehffektivnosti istochnikov sveta: stat'ya v zhurnale – nauchnaya stat'ya. – «Problemy sovremennoj ehkonomiki», 2010, №2, 135-139 s.
3. Polishchuk A.I., Turkin A.N. Konceptiya primeneniya svetil'nikov so svetodiodami v celyakh realizacii programmy ehnergoberegayushchego osveshcheniya: stat'ya v zhurnale – nauchnaya stat'ya. – «Komponenty i Tekhnologii», 2007, №76, 92-95 s.
4. Tipankova YU. N., Rudchenko YU. A., Bazylev I. P. Analiz ehkonomicheskoy ehffektivnosti zameny lamp nakalivaniya na sovremennye istochniki sveta: stat'ya v zhurnale – nauchnaya stat'ya. – «EHnergiya i menedzhment» 2011, №3. 42-45 s.
5. Sysoeva E. A. EHkonomicheskaya ehffektivnost' ispol'zovaniya svetodiodnykh lamp: stat'ya v zhurnale – nauchnaya stat'ya. – «EHkonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognozy», 2012, №3, tom 21, 119-123 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.054

Бугаев И.В.

Аспирант. Санкт-Петербургский Горный университет.

РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Аннотация

В статье рассмотрена связь аддитивных технологий и компьютерного моделирования. Даны основные понятия и определения. Определены возможности применения компьютерного моделирования на этапах изготовления изделий путём 3D печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии, моделирование, 3D печать.

Bugaev I.V.

Postgraduate student. Mining University Saint-Petersburg

IN THE ROLE OF COMPUTER SIMULATION IN ADDITIVE TECHNOLOGIES

Abstract

The article considers the correlation between additive technology and computer modeling. Given the basic concepts and definitions. Identified the possibility of using computer simulation on the stages of manufacturing products by 3D printing.

Keywords: additive technology, modeling, 3D printing.

Основные понятия и определения

Под понятием аддитивные технологии (Additive Fabrication (AF) или Additive Manufacturing (AM)) следует понимать технологию создания изделия путём его послойного синтеза [1]. В отличие от классических «вычитающих» методов, когда от заготовки отсекают ненужные материалы, для получения необходимого изделия, объект создаётся путём добавления материала слой за слоем. На ряду, с аддитивными технологиями можно так же услышать понятие - быстрое прототипирование (Rapid Prototyping) [3]. По своей сути оно является неотъемлемой частью аддитивных технологий, которая отвечает непосредственно за процесс изготовления объекта, будь это прототип, опытный образец или серийный экземпляр. Одной из самых распространённых на данный момент аддитивных технологий является 3D-печать.

У данной технологии по сравнению с «вычитающими», есть несколько неоспоримых преимуществ:

- Экономия сырья на производстве. За счёт послойного создания изделия практически отсутствуют отходы материала. В отличие от традиционных методов, когда потери сырья могут быть в районе 70-75%;
- Отсутствие в деталях дефектов производства. Это достигается за счёт постепенного создания изделия слой за слоем;
- Изготовление изделий сложной геометрической формы. Благодаря оборудованию, применяемому в аддитивных технологиях возможно создание сборок деталей;
- Отсутствие «человеческого» фактора при изготовлении объекта. Его построение происходит в полностью автоматическом режиме;
- Скорость изготовления объекта от прототипа до серийного образца.

Рассмотрим несколько самых распространённых методик создания изделий на 3D - принтере:

- SLS (Selective laser sintering) — Выборочное лазерное спекание. Технология основана на последовательном спекании слоёв порошкового материала с помощью лазеров высокой мощности.
- SLM (Selective laser melting) — Выборочная лазерная плавка. В данном случае создание объекта происходит за счёт сплавления металлических порошков.
- SLA (сокращенно от Stereolithography) — Стереолитография. Создание моделей, прототипов и готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Отвердевание смолы происходит за счёт облучения её лазером.
- MJM (Multi-jet Modeling) — Технология много струйного моделирования. В данной технологии главную роль играет уникальная печатающая головка. Она содержит тончайшие сопла, количество которых может достигать до 448 штук. Данная технология использует термопластичный материал — твердый воск.
- CJP (Color jet printing) — Цветная струйная печать. Технология подразумевает нанесение тонких слоёв порошкообразных расходных материалов, с последующим выборочным нанесением связующего полимера.

- FDM (Fused deposition modeling) — Моделирование методом послойного наплавления. Создание трёхмерных объектов происходит за счёт нанесения последовательных слоёв материала, повторяющих контуры цифровой модели [3].

Роль компьютерного моделирования

Какую же роль играет компьютерное моделирование в аддитивных технологиях. Чтобы это понять, давайте рассмотрим, этапы создания изделия на 3D-принтере (Рис. 1):

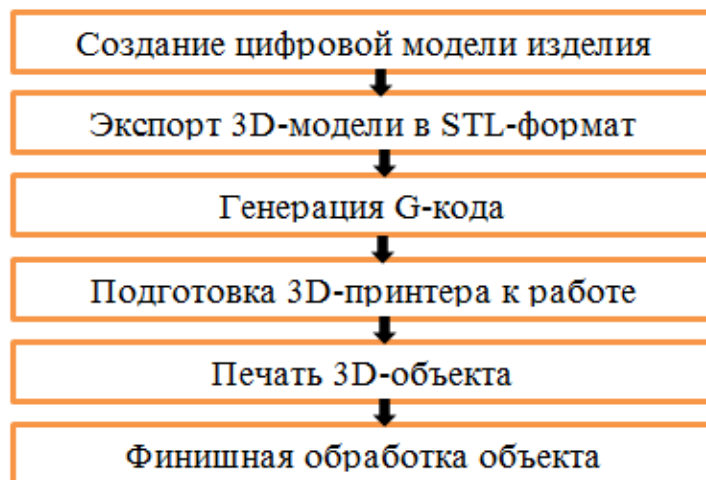


Рис. 1 – Этапы создания изделия на 3D-принтере

Рассмотрим каждый этап подробнее:

- Создание цифровой модели изделия. На данном этапе при помощи системы трёхмерного геометрического моделирования (3D Computer Aided Design (CAD)) создаётся компьютерная модель будущего изделия [2]. Так же возможно создание компьютерной модели изделия, на основании 3D-скана объекта.

- Экспорт 3D-модели в STL-формат. Это специальный формат созданный для 3D печати, он описывает треугольники, составляющие контуры любого объекта.

- Генерация G-кода. Создаётся набор, представляющих собой, нарезку цифровой модели на отдельные слои с преобразованием данных в инструкции для работы принтера.

- Подготовка 3D-принтера к работе. Данный этап может немного отличаться в зависимости от типа печати, но в основном все схоже и представляет собой загрузку материала, калибровку позиционирования печатного сопла.

- Печать 3D-объекта. Непосредственно происходит создание изделия путём послойного синтеза материала.

- Финишная обработка объекта. Полировка, шлифовка объекта. Обычно для этих целей используют автоматический пескоструйный аппарат или ручную обработку наждачной бумагой мелкой зернистости.

Из выше сказанного следует, что одна из основных ролей компьютерного моделирования в аддитивных технологиях является создание геометрической 3D модели будущего изделия при помощи CAD пакетов. За счёт того что объект создаётся путём послойного синтеза, создаваемая 3D модель представляет собой виртуальный прототип будущего изделия. За счёт этого всегда есть возможность в быстрой корректировке изделия, а так же для будущей модернизации объекта. Благодаря этому открываются широкие возможности в применении аддитивных технологиях в различных областях.

Так же одной из важнейших ролей компьютерного моделирования в аддитивных технологиях является компьютерный анализ и оптимизация изготавливаемого объекта, до его физических испытаний. Проведя такой анализ можно минимизировать количество итераций на производстве и испытании изделия. Для такого рода задач используются системы инженерного анализа (Computer-aided engineering (CAE)) [2].

Современные системы анализа позволяют моделировать различные физические процессы, которые могут произойти с изготавливаемым объектом. Наиболее распространённые типы задач, которые анализируют при помощи CAE пакетов:

- Анализ механических свойств (structural analysis): расчёт динамических пластических деформаций, при статической и динамической нагрузке, анализ прочности и механической устойчивости изделия.

- Моделирование динамики систем твердых тел (Rigid Body Dynamics): анализируется сложная механическая система с большим количеством элементов, учитывающая деформации различных частей высокой твёрдости.

- Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics): расчёт потоков газа и жидкости вокруг или через объекты.

- Тепловой анализ (thermal analysis): расчёт температурных показателей, процессы диффузии, конвекции и излучения.

- Электромагнитное моделирование (Electromagnetic simulation): моделирование статических и динамических электромагнитных полей.

- Моделирование процессов (Process Simulation): физическое моделирование определённых процессов, штамповка, прокатка [2].

Для проведения CAE анализа 3D модель изделия импортируется в программу, где она проходит следующие этапы:

- Определение параметров модели. На данном этапе задаются свойства материала, из которого предполагается производство изделия.
- Определение контактных параметров. Указываем точки приложения воздействия (механическое, тепловое и т.д.) на объект.
- Определение кривой нагружения. Задаём тип и время воздействия.
- Определение времени расчёта.
- Анализ результатов компьютерного моделирования.

После проведения комплексного анализа при помощи CAE становится понятно, надо ли изменять что-либо в будущем изделии. При условии выявления недочётов в 3D модели она передаётся на доработку. Если все результаты в допустимых рамках, модель отправляется на печать.

В производстве изделий при помощи аддитивных технологий, роль компьютерного моделирования очень высока. Начиная от первого этапа, на котором создаётся будущая 3D модель при помощи CAD пакетов, так и при последующем этапе CAE анализе полученной модели. За счёт такой взаимосвязи можно получить изделие 3D печати высокого качества.

Литература

1. 3-D Printing Manufacturing Process is Here.; Independent global forum for the Unmanned Aircraft Systems community, UAS Vision. [Электронный ресурс] URL: <http://www.uasvision.com/2012/07/16/3-d-printing-manufacturing-process-is-here/>
2. Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. — 57-64 с.
3. Довбыш В.М., Забеднов П.В., Зленко М.А. Аддитивные технологии и изделия из металла. URL: www.nami.ru/upload/AT_metall.pdf

References

1. 3-D Printing Manufacturing Process is Here.; Independent global forum for the Unmanned Aircraft Systems community, UAS Vision. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.uasvision.com/2012/07/16/3-d-printing-manufacturing-process-is-here/>
2. Novye proizvodstvennye tekhnologii: publichnyj analiticheskij doklad. — M.: Izdatel'skij dom «Delo» RANKhiGS, 2015. — 57-64 s.
3. Dovbysh V.M., Zabednov P.V., Zlenko M.A. Additivnye tekhnologii i izdelija iz metalla. URL : www.nami.ru/upload/AT_metall.pdf

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.065

Будкина А.А.

ORCID: 0000-0001-5525-9544, Студент, Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)

CLOUD-NATIVE ПРИЛОЖЕНИЯ

Аннотация

В последнее время облачные технологии выходят на первый план и компании, которые ими занимаются выигрывают на многих позициях. У облака есть несколько перспективных путей развития. В моей статье рассмотрено формирование нового направления облачных технологий cloud-native, рассказана архитектура и главные преимущества данных приложений, а также чем они существенно отличаются от других облачных технологий. А также я расскажу о новом образовании Cloud Foundation, которое занимается развитием этих приложений.

Ключевые слова: cloud-native, облачные технологии, контейнеризация, микросервисы.

Budkina A.A.

Student, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (VISU)

CLOUD-NATIVE APPLICATIONS

Abstract

Nowadays, cloud technology come to the fore and companies, which are working with it, are winning in many positions. The Cloud technology has many ways of development and application. My article considers development of new direction of cloud technology – cloud-native applications. Also article describes architecture and advantages of this applications, and their main differences from other cloud technologies. Finally, I'll tell about new foundation - Cloud Foundation, which develops cloud native applications.

Keywords: cloud-native, cloud technology, containerization, microservices.

Стабильные компании, которые долгое время доминировали и были непревзойденными лидерами, сейчас разрушаются теми самыми бизнес-компаниями, которые основаны на их же программном обеспечении. Это такие компании, как Uber, Square, Netflix, Airbnb, Tesla. Они продолжают расти на частном рынке и становятся выше их исторических родителей.

Чем выигрывают эти компании?

- 1) Скорость инновации
- 2) Всегда доступный сервис
- 3) Веб-масштабирование
- 4) Акцентирование на мобильном использовании

Cloud-native – это приложения третьей модели облака: SAAS. Они разрабатываются таким образом, чтобы использовать максимальную функциональность, сервисы облачных вычислений и виртуализацию инфраструктуры. Идея этого проекта принадлежит компании VMware – лидеру по разработке оригинальных проектов облачных технологий. Cloud-native является соединением двух проектов этой компании: проект Photon Lightware, управляющий развертыванием новых экземпляров виртуальных машин и аутентификацией пользователей и проект Photon Machine – хост, позволяющий запускать экземпляры виртуальных машин с контейнерами приложений. Чтобы лучше понять архитектуру cloud-native необходимо понять ключевые аспекты данного развития. [3]

1) Скорость

Подготовка новой среды приложения cloud-native использует сервис API гораздо быстрее, чем ручной процесс. В облачных технологиях находится множество задач управления: создание разных типов облачных узлов, связанных между собой и распределенных по разным центрам обработки данных; создание безопасных сетевых соединений; масштабирование и перенос приложений из одного ЦОД в другой для обеспечения максимального качества услуг и так далее. Для оптимизации и выполнения таких задач используется интерфейсы API. [3, 5]

2) Безопасность

Первая категория безопасности — это видимость.

Архитектура cloud-native обеспечивает инструментами, необходимыми для того, чтобы найти сбой, именно в тот момент, когда он происходит. Нам необходимо предвидеть все в системе: создать профиль нормального состояния, определить отклонения от этой нормы, обнаружить компоненты системы, которые способствуют дефектам и даже сбою. В базовой основе cloud-native приложений находятся функционально богатые метрики, мониторинг, оповещения, структуры визуализации данных и другие инструменты, которые помогают устранить вышеупомянутые проблемы.[2]

Второе - диагностика изоляции.

Для того, чтобы ограничить риск, связанный с появлением сбоя, нам необходимо ограничить объем компонентов или функций, которые могут быть им затронуты. Здесь большое значение имеют микросервисы. Микросервисы это подход, при котором система или приложение делится на несколько небольших сервисов, каждый из которых работает в собственном процессе и связывается с другими посредством обмена сообщениями, как правило, через HTTP. Допустим существует монолитное приложение, состоящее из сервера, базы данных и пользовательского интерфейса. Любое изменение в такой системе понесет сборку и развертывание всего монолита, и пользователям придется масштабировать всю систему целиком, даже если это требуется только для одного модуля приложения. Технология микросервисов позволяет делить систему на множество частей, причем каждая из этих частей независима от другой и может быть написана на любом языке программирования. [2,5]

Третья категория - отказоустойчивость.

Если недостаточно разобрать систему на независимые микросервисы, то мы должны предотвратить отказ только тех компонентов, в которых присутствуют транзитивные независимости, являющиеся первопричиной сбоев.

Четвертая категория - автоматическое восстановление.

Помимо прочего, нам необходимы инструменты, которые идентифицируют сбой, восстанавливают систему от возникшего отказа и обеспечивают должным уровнем сервиса. Некоторые провалы легко идентифицировать: они представляют собой легко обнаруживаемый дефект, который происходит время от времени. И очень часто при дефекте нам достаточно перезапустить систему или выполнить задачу другим способом. Приложения cloud-native не требуют ручного вмешательства в таких ситуациях. Они могут самостоятельно обнаружить дефект и восстановить работу незаметно для пользователя. [2]

3) Масштабирование.

Недавний сдвиг развития в области контейнеризации открыл двери для новой инновации, так как компаниям уже не требуется большой стартовый капитал для развертывания своих приложений. Данный сервис требует только невысокие инвестиции и составляющее API, но дает высокую скорость начального развертывания и максимально быстро реагирует на изменения требований. Технология контейнеров является ключевой для cloud-native.[2]

До использования контейнерных технологий в облачной структуре использовалась следующая архитектура: гипервизоры разделяли виртуальные машины, что позволяло им работать одновременно. Каждая машина отвечала за свой собственный процесс: если процессов несколько, то требовалось большое количество таких машин.

При росте процессов возрастало количество вычислительных машин, таким образом возникла идея контроля их численности. Контейнеры предоставляют отдельное изолированное пространство для выполнения процессов и их размещения в памяти, поэтому им не требуется целый экземпляр вычислительной машины со всей системой. Множество таких контейнеров могут выполнять работы за микросекунды, когда такие же процессы вычислительная машина выполняла бы за минуту и более, включая запуск всей своей системы. Контейнеры содержат только приложения, параметры их работы и необходимую память. Если для виртуальных машин нужен гипервизор, то для контейнеров – хост-ОС или платформа контейнеризации (например, Linux, на которой работает технология контейнеризации Docker).[1]

Сам по себе, контейнер - это определенная программа автоматизации, которая упаковывает код приложения в виртуальный ящик. Данный код, как программа, может быть запущен и на ноутбуке, и на виртуальной машине, и на сервере. Этот способ предоставляет автоматизацию инкапсуляции приложений, его развертывания, автоматическое тестирование, масштабирование сторонних служб. Главным образом, контейнеры устраняют тот хаос, который вызывает большое количество компонентов и их зависимостей. Исключается необходимость выделения одной виртуальной машины на каждое приложение, контейнеры как бы делят ее на составляющие и для каждой части выделяют контейнер. Это позволяет оптимально распределить вычислительные ресурсы. Контейнеры после их заполнения можно легко перенести из одной хост-системы виртуализации в другую без потери данных. [7,8]

4) Совместимость с мобильными устройствами.

Мобильные приложения не могут быть спроектированы одновременно для всех различных платформ. Таким образом оно будет вызывать множество проблем: повышенное использование батареи, задержки работы, проблемы с сетью, медленный отклик - все это приведет в конечном счете к удалению приложения. Поэтому мобильная разработка cloud-native приложений создается через API Gateway, которая передает нагрузку на сторону сервера облачного провайдера. [2]

5) Сервис самообслуживания

Так же, как мы строим микросервисы для каждой ограниченной ситуации, мы создаем команду возможностей, ответственную за обеспечение платформой, на которой мы можем развертывать и оперировать микросервисами. В IAAS мы просили API создать виртуальный сервер, сети и хранение, чтобы различными формами управления конфигурацией и автоматизацией включить наше приложение, а затем поддерживать выполнение сервисов. Код приложения заносится на форму преднастроенной платформы, затем мы строим шаблон приложения, конструкцию окружения приложения, развертываем приложение и начинаем необходимые процессы. Команда не должна думать где и как выполняется код, так как все это берет на себя платформа. То же самое касается и служб поддержки: платформы поддерживают широкий круг хранения данных, сообщения, поисковики, кэши и другие важные сервисы. Они прикрепляются к вашему приложению и составляют его полноценное окружение. [2]

Вид приложений cloud-native очень быстро завоевывает рынок. Уже в середине 2015 года такие компании, как Cisco Cloud Foundry Foundation, eBay, Google, IBM, Intel, Twitter, VMware, Weaveworks и многие другие, объявили о сотрудничестве – создании Cloud Native Computing Foundation. Данная организация будет заниматься развитием и внедрением технологии cloud-native, что потребует значительных ресурсов и команды опытных разработчиков. Создатель этого сотрудничества - Linux Foundation будет обеспечивать всем необходимым для совместной работы этих компаний и организации структуры проекта. [9,6]

Таким образом, я могу сделать вывод, что данный вид облачных технологий делает большой прорыв в эволюции программного обеспечения и будет пользоваться огромной популярностью еще очень долгое время.

Литература

1. [Электронный ресурс] URL: <http://www.pcweek.ru/infrastructure/article/detail.php> (дата обращения 18.03.2015)
2. Matt Stine. "Migration to Cloud-Native Application Architectures», O'Reilly, 2015
3. [Электронный ресурс] URL: <http://www.vmware.com/ru/company/news/releases/VMware-Cloud-Native-Announcement> (дата обращения 04.04.2015)
4. [Электронный ресурс] URL: <http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/!ut/p/kcxml> (дата обращения 20.03.2015)
5. [Электронный ресурс] URL: <https://habrahabr.ru/post/249183/> (дата обращения 01.04.2015)
6. [Электронный ресурс] URL: <http://goo.gl/R64Aip> (дата обращения 10.04.2015)
7. [Электронный ресурс] URL: <http://goo.gl/FBmMOA> (дата обращения 30.03.2015)
8. [Электронный ресурс] URL: <http://www.pcweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=173955> (дата обращения 02.04.2015)
9. [Электронный ресурс] URL: <http://goo.gl/vM2sLr> (дата обращения 10.04.2015)

References

1. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.pcweek.ru/infrastructure/article/detail.php> (data obrashhenija 18.03.2015)
2. Matt Stine. "Migration to Cloud-Native Application Architectures», O'Reilly, 2015
3. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.vmware.com/ru/company/news/releases/VMware-Cloud-Native-Announcement> (data obrashhenija 04.04.2015)
4. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www3.alcatel-lucent.com/wps/portal/!ut/p/kcxml> (data obrashhenija 20.03.2015)
5. [Elektronnyj resurs] URL: <https://habrahabr.ru/post/249183/> (data obrashhenija 01.04.2015)
6. [Elektronnyj resurs] URL: <http://goo.gl/R64Aip> (data obrashhenija 10.04.2015)
7. [Elektronnyj resurs] URL: <http://goo.gl/FBmMOA> 30.03.2015)
8. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.pcweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=173955> (data obrashhenija 02.04.2015)
9. [Elektronnyj resurs] URL: <http://goo.gl/vM2sLr> (data obrashhenija 10.04.2015)

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.023

Вертынский О.С.¹, Лавриненко Ю.А.², Меланич В.М.³

¹ORCID: 000-0002-6957-9693, Кандидат технических наук, ²ORCID: 000-0001-8455-9730, Кандидат технических наук, ³кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

К ВОПРОСУ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АНКЕРНЫХ ОПОР ЛЭП**Аннотация**

Статья посвящена проблеме надежной эксплуатации линий электропередач. В статье затрагиваются вопросы, связанные с необходимостью учета при конструировании анкерных опор линий электропередач дополнительных нагрузок, появляющихся при возникновении внештатных ситуаций в момент монтажа части опоры или натяжения (монтажа) проводов. Приводится обоснование данной проблемы на примере типовой конструкции анкерно-угловой опоры с определением критических напряжений возникающих в районе болтового соединения тяги с элементом U₄.

Ключевые слова: опора ЛЭП, аварийная ситуация, краевые напряжения.

Vertinskii O.S.¹, Lavrinenko U.A.², Melanich V.M.³

¹ORCID: 000-0002-6957-9693, PhD in Engineering, ²ORCID: 000-0001-8455-9730, PhD in Engineering, ³PhD in Engineering, National Research Nuclear University MPEI

THE QUESTION RELIABLE OPERATION OF ANCHOR POLES OF POWER LINES**Abstract**

The article deals with the safe operation of power lines. The article addresses the issues related to the need to consider in the design of the anchor pylons additional loads occurring during emergency situations at the time of installation of the support or tension (installation) wires. The substantiation of this problem on an example of the type design anchor-corner support to the definition of critical stresses arising in the area of bolting traction with U₄ element.

Keywords: electricity pylon, emergency, edge stresses.

Анкерные опоры ЛЭП устанавливаются, как правило, на прямых участках трассы для перехода через инженерные сооружения или естественные преграды. Они способны воспринимать продольную нагрузку от натяжения проводов. При этом их конструкция отличается жесткостью и прочностью. Рассчитываются анкерные опоры на восприятие односторонних натяжений по проводам и тросам при обрыве проводов или тросов в примыкающем пролете.

Широкое применение этих конструкций в сочетании с высокой степенью их ответственности и повышенными требованиями, предъявляемыми к надежности электрических сетей, с одной стороны, и наличие их отказов при эксплуатации, с другой стороны, заставляют искать причины отказов, а так же обращают внимание на необходимость повышения эксплуатационной надежности анкерных опор ЛЭП.

Модернизируя опоры с точки зрения повышения эксплуатационной надежности, при этом, упускается момент, что иногда причиной возникновения аварийных ситуаций является недостаточный учет монтажных нагрузок при конструировании узлов опоры. Так, например, имеют место случаи крепления тяги S_{T1} к элементу U₄ на одном болте.

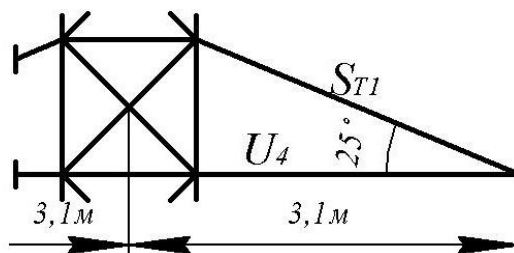


Рис. 1 – Схема траверсы анкерно-угловой опоры У110-4+5

Считается, что подобное крепление в момент монтажа достаточное и безопасно для проведения работ. Такое впечатление может сложиться при отсутствии или неполном учете вертикальных нагрузок возникающих в аварийной ситуации. Одной из таких ситуаций является заклинивание блока при монтаже проводов с возникновением критической вертикальной составляющей тяжения.

Рассмотрим анкерно-угловую опору У110-4+5.

Тяга S_{T1} является несущим элементом траверсы опоры (рис. 1). Тяга присоединена к элементу U₄ и поясу ствола опоры болтами Ø16 мм (по одному болту с каждого конца тяги).

Согласно проекту тяга S_{T1} выполнена из уголкового профиля Л 50х4, материал тяги – сталь марки Вст3.

Задавись метеорологическими данными (расчетная скорость ветра для района III – 29 м/с), характеристику воздушной линии (провод АС-120/19; длина расчетного пролета – L – 200 м; нагрузка на провод при выбранном режиме – 0,471 кгс/м; длина анкерного участка – 1200 м) и нагрузки на провод (результатирующая нагрузка при ветре без гололеда – p=1,0682 кгс/м.) Определим вертикальную составляющую тяжения:

$$V_x = p \cdot L/2 = 1,0682 \cdot 100 = 106,82 \text{ кгс},$$

где p – результирующая нагрузка на провод от собственного веса и ветра;

L – длина расчетного пролета.

$$J_x = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 0,5^3}{12} + 2 \cdot 1,7 \cdot 0,5 \cdot 1,51^2 + \frac{0,5 \cdot 4,5^3}{12} + 0,5 \cdot 4,5 \cdot 0,49^2 = 8,248 \text{ см}^4;$$

$$W_x^A = \frac{J_x}{z_1} = \frac{8,248}{1,76} = 4,686 \text{ см}^3.$$

$$J_y = \frac{0,5 \cdot 1,7^3}{12} + 0,5 \cdot 1,7 \cdot 2,95^2 + \frac{0,5 \cdot 1,7^3}{12} + 0,5 \cdot 1,7 \cdot 0,35^2 + \frac{4,5 \cdot 0,5^3}{12} + 4,5 \cdot 0,5 \cdot 0,95^2 = 9,989 \text{ см}^4;$$

$$W_y^A = \frac{J_y}{5-z_2} = \frac{9,989}{5-1,2} = 2,629 \text{ см}^3.$$

Изгибающие моменты:

$$M_x = N \cdot \left(z_1 - \frac{0,5}{2} \right) = N \cdot (1,76 - 0,25) = 1,51 N;$$

$$M_y = N \cdot (2,5 - z_2) = N \cdot (2,5 - 1,2) = 1,3 N.$$

Напряжение в т. А:

$$\sigma_A = \frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{W_x^A} + \frac{M_y}{W_y^A} = \frac{N}{4,0} + \frac{1,51 \cdot N}{4,686} + \frac{1,3 \cdot N}{2,629} = 1,0667 N$$

Напряжение в стержне при центральном растяжении (по сечению брутто):

$$\sigma_0 = \frac{N}{A} = \frac{N}{4,8} = 0,2083 N$$

Таким образом, краевое напряжение (точка А) увеличивается более чем в 5 раз:

$$n = \frac{1,0667 \cdot N}{0,2083 \cdot N} = 5,12.$$

В этом случае данное сечение уголка (встречающееся в типовых проектах) и конструктивное решение узлов крепления тяги к элементу U_4 и поясу ствола опоры не обеспечивает достаточную несущую способность траверсы при возникновении аварийных перегрузок. Полученные результаты могут объяснить характер часто встречающихся разрушений болтовых соединений тяги.

Литература

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2003.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990.
3. РД 34.20.504-94. Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35–800 кВ. М.: НЦ ЭНАС, 2003.
4. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередач. Л.: Энергия, 1979. – 312 с.

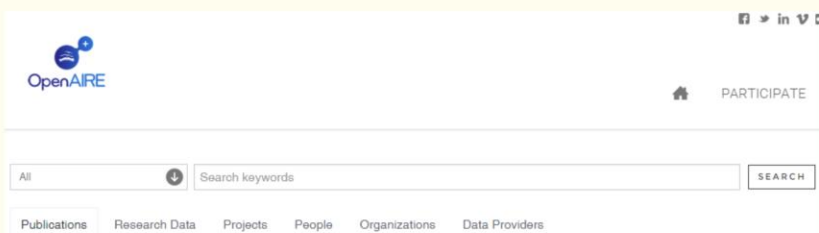
References

1. SP 13-102-2003. Pravila obsledovanija nesushhih stroitel'nyh konstrukcij zdanij i sooruzhenij / Gosstroj Rossii. – M.: FGUP CPP, 2003.
2. SNiP II-23-81*. Stal'nye konstrukcii / Gosstroj SSSR. – M.: CITP Gosstroja SSSR, 1990.
3. RD 34.20.504-94. Tipovaja instrukcija po jekspluatacii vozdušnyh linij jelektrperedachi naprjazheniem 35–800 kV. M.: NC JeNAS, 2003.
4. Krjukov K.P., Novgorodcev B.P. Konstrukcii i mehanicheskiy raschet linij jelektrperedach. L.: Jenergiija, 1979. – 312 s.



«Международный научно-исследовательский журнал» включен в систему **OpenAIRE**.

OpenAIRE — европейская поисковая система по академическим материалам открытого доступа. Один из главнейших репозиториев научной информации в Европейском Союзе. Данная база позволяет увеличить цитируемость Ваших материалов в Европе.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.016

Ганичев А.С.¹, Гурьев К.Д.², Любшикина О.В.³¹ ORCID: 0000-0003-1417-125X, консультант по внедрению ТООП, АО "Управление ВОЛС-ВЛ", ² ORCID: 0000-0002-0844-7531, бакалавр, Московский технологический университет (МИРЭА),³ ORCID: 0000-0002-1046-6766, инженер, ООО НТО «ИРЭ-Полус»**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ УДАЛЁННЫХ ОБЪЕКТОВ АСУ НА ПЛАТФОРМЕ JAVAFX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ****Аннотация**

Статья посвящена актуальной проблеме поиска наиболее эффективных способов работы с данными удалённых объектов автоматизированных систем управления, с целью проведения их диагностики и оценки технического состояния, анализа надёжности и последствий отказа оборудования, и контроля наиболее важных параметров. Предложен способ доступа к данным таких объектов через сеть Интернет на основе технологии WebEngine платформы JavaFX. Показано, что предлагаемый в статье подход является наиболее оптимальным как экономически, так и с технической точки зрения.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизированная система управления, техническая диагностика, SCADA, обработка информации, приложение на базе интернет-технологий.

Ganichev A.S.¹, Guryev K.D.², Lyubishkina O.V.³¹ ORCID: 0000-0003-1417-125X, consultant SAP PM, JSC "Control VOLS-VL", ² ORCID: 0000-0002-0844-7531, bachelor of Engineering, Moscow Technological University (MIREA), ³ ORCID: 0000-0002-1046-6766, engineer,

ООО НТО "IRE-Polus»

THE ORGANIZATION OF WORK WITH DATA OF REMOTE OBJECTS OF ACS BY MEANS THE JAVAFX PLATFORM WITH USE OF AN OBJECT-ORIENTED PARADIGM OF PROGRAMMING**Abstract**

The article is devoted to the up to date problem of finding of the most effective methods of work with data of remote objects of automated control systems, for carrying out their diagnostics and estimation of the technical condition, reliability analysis and consequences of equipment failure, and control of the most important parameters. The method of access to data of these objects by means of the Internet network on the basis of the WebEngine technology of the JavaFX platform is offered. It is shown that offered approach in the article is most optimal both economically and from the technical point of view.

Keywords: automation, automated control system (ACS), technical diagnostics, SCADA, information processing, web-based application.

Отличительной особенностью современных систем автоматизации промышленных предприятий является их высокая степень интеграции. Очевидно, что для эффективного функционирования всех используемых объектов управления, автоматизированная система управления должна обеспечивать высокую степень межуровневого взаимодействия разнородных информационных потоков [1]. Кроме того, должна быть решена проблема выбора компонентов автоматизированной системы управления [2], проведён анализ и комплексная оценка эффективности технологического процесса и производства в целом [3].

Большинство автоматизированных систем управления (АСУ) реализуются по схеме (рис. 1), представляющей собой многоуровневую структуру, нижний уровень которой традиционно составляют датчики, электроприводы, исполнительные механизмы, различные узкоспециализированные устройства [4, 5]. Все полевые устройства нижнего уровня объединены между собой различными каналами связи. В качестве технологии промышленной сети сейчас широко применяют сеть Ethernet, что позволяет более гибко использовать удаленные способы контроля и управления объектами АСУ, обеспечивая все уровни управления промышленного предприятия необходимой информацией [6].

В настоящее время, помимо локальных и промышленных сетей, значительный объём информации от устройств нижнего уровня передаётся через сеть Интернет. С недавних пор такой подход был интересен лишь для SCADA-систем, осуществляющих процесс сбора информации с удаленных объектов, обработку, передачу, хранение и отображение информации. Сейчас это востребовано для удалённой диагностики, исследования сложных динамических процессов и анализа работы различных специализированных объектов [5, 7, 8].

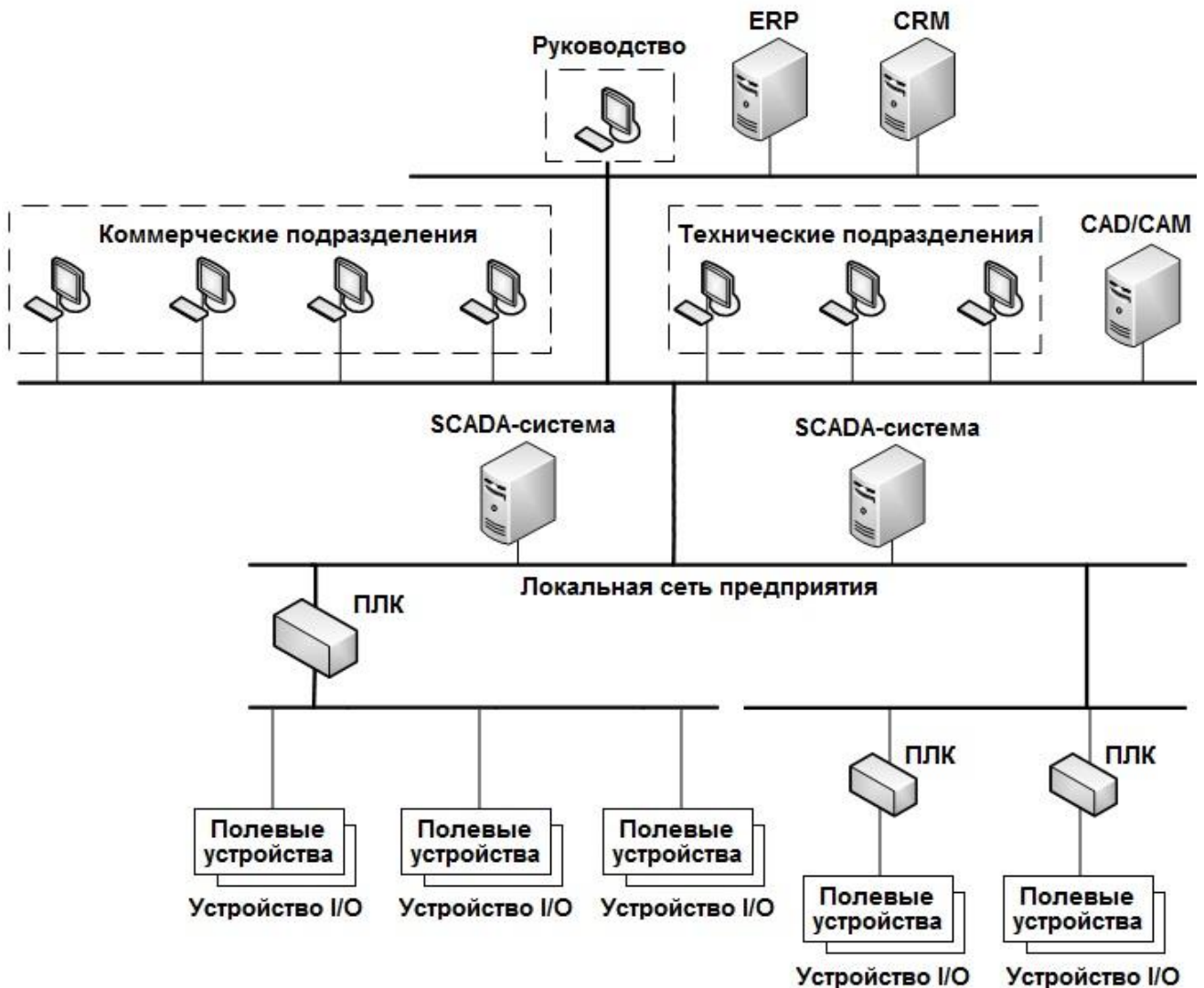


Рис. 1 - Структура многоуровневой системы управления

Разработка технологии получения доступа к данным полевых устройств нижнего уровня посредством сети Интернет требует большого количества времени и экономических затрат. В связи с этим, поиск наиболее оптимального способа получения информации с удалённых объектов автоматизированных систем управления является актуальной задачей.

Получение, обработка и использование сторонних данных автоматизированных систем управления зачастую являются одними из основных задач, которые должна выполнять программа, созданная для удалённого управления или контроля за какими-либо процессами и объектами, через сеть Интернет.

Для целой плеяды задач систем автоматизации и управления требуется надёжный и универсальный механизм для работы с данными, которые поступают с полевых устройств нижнего уровня (например, сигналы с датчиков объектов АСУ), находящихся на значительном расстоянии от оператора и персонального компьютера, на котором установлена подобная программа.

Эффективным методом решения данной задачи является создание из потока данных, получаемых с полевых устройств нижнего уровня управления, отдельного файла, передача его через сеть Интернет и использование в коде главной программы служебного класса WebEngine платформы JavaFX.

WebEngine выполняет обработку и загрузку страницы, предоставляемой узлом WebView, а также обеспечивает построение DOM-модели Web-страницы и запуск JavaScript-кода этой страницы.

Благодаря широким возможностям языка и платформы, существует способ использования WebEngine непосредственно для решения вышеуказанных задач. Так, получаемые через сеть Интернет данные должны быть записаны в html-файле, что облегчит выполнение программы. При получении файла данных на компьютере оператора программы, WebEngine загружает данные, и они становятся доступны для дальнейшей работы.

Как было отмечено выше, наибольший интерес, в получении доступа к данным с удалённых объектов является SCADA-системы. Привязка к мнемосхеме SCADA-системы ряда производственных объектов или какого-либо технологического процесса не составляет особых трудностей. Для этой цели используется DDE-протокол, или OPC-протокол, который в последнее время приобрёл большую популярность для получения доступа к данным объектов нижнего уровня управления – устройства I/O (см. рис. 1), и локальная сеть (Ethernet, Modbus) для связи с верхним уровнем управления (SCADA, технические подразделения, специалисты CAD/CAM, и др.). Более подробно,

реализация объектной привязки объектов нижнего уровня управления к интерфейсу SCADA-систем и методика изменения поведения объектов АСУТП в пользовательских SCADA-интерфейсах, рассмотрены в работах [9, 10].

В случае передачи файла данных с удалённых объектов посредством сети Интернет в SCADA-системах имеются все необходимые средства для обработки, хранения и отображения данной информации, а также формирование сигналов тревог (Alarm), построение графиков (Trend) и отчётов. Понятно, что режим реального времени соблюдается только в локальной сети предприятия (рис. 1), поэтому информация, переданная через сеть Интернет, может служить лишь для не критичных по безопасности и надёжности применений – общий мониторинг производственного процесса, оценка состояния объектов, диагностика аварийных ситуаций в технических системах и т.д. Однако на сегодняшний момент имеются ряд отечественных разработок, например реализованные в SCADA-системе TRACE MODE, которые являются инновационными и не имеют аналогов в других SCADA-системах. Технологии, использованные в мобильных приложениях SCADA-системы TRACE MODE, позволяют работать с данными удалённых объектов АСУ наиболее приближенно к режиму реального времени. Однако стоимость таких приложений в настоящее время всё ещё достаточно велика.

Предлагаемый в статье подход является наиболее оптимальным как экономически, так и с технической точки зрения.

Архитектуру программы для работы с данными удалённых объектов АСУ следует создавать наиболее структурно, чтобы облегчить работу программиста. На этапе разработки программы программисту предоставлены все методы технологии WebEngine, и весь его функционал, необходимые для создания качественного прикладного программного продукта. Загруженный файл следует включать в переменную типа Document, и после этого можно выполнять с контентом файла любые возможные действия: расщепление на строки, деление по символу, и подобные операции работы с начинкой файла. Очевидно, что после подобной обработки конкретного значения, которое было зашифровано в полученном файле, это значение становится видимым для программы и тем самым можно использовать её в виде переменной, для создания программ любой сложности и направленности. Сам код загрузки, расшифровки и обработки данных рекомендуется писать в отдельном классе, что позволяет получить более гибкий код, который всегда можно модифицировать.

В заключение следует отметить, что предлагаемый метод организации работы с данными удалённых АСУ актуален для компьютерных интегрированных систем управления с целью проведения оценки технического состояния оборудования предприятия, анализа надёжности и последствий отказа оборудования. Предлагаемый метод может оказаться полезным в условиях специализированных робототехнических систем автоматической сборки сложных объектов на всех стадиях временной цепочки [11], особенно в системах, где требуется комплексный подход к функциональной идентификации объекта управления [12, 13], например, при захвате роботом предметов, имеющих нечёткую информацию об условиях контакта предмета с опорной поверхностью и его геометрической форме.

Литература

1. Курнасов Е.В. Оценка степени межуровневого взаимодействия информационных потоков производственного предприятия с MES-системой // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2012. № 3. С. 3–5.
2. Холопов В.А., Павлов Н.Г. Проблемы конфигурирования компонентов автоматизированной системы управления технологическим процессом // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Машиностроение. 2012. № 43. С. 27–31.
3. Курнасов Е.В., Тен В.Э. Алгоритмы анализа и контроля эффективности автоматизированных технологических процессов // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 12. С. 21–25.
4. Чижиков В.И. Управление упругим кинематическим соединением бесшарнирного манипулятора // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2013. № 7. С. 3–8.
5. Албагачиев А.Ю., Кушнир А.П. Устройства гидроструйной обработки новых поколений // В сборнике: Научные труды IV Международной научной конференции “Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении” 2015. С. 24–27.
6. Холопов В.А., Гусев М.В. Преимущества автоматизированного подхода проектирования промышленных сетей перед традиционным подходом // Промышленные АСУ и контроллеры. 2014. № 7. С. 3–7.
7. Чижиков В.И. Исследование динамики манипуляторов с регулярными звеньями // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 3. С. 19–28.
8. Кушнир А.П., Амельчев А.Е. Анализ устройств управления движением судов // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Машиностроение. 2012. № 43. С. 49–54.
9. Kurnasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. Т. 33. № 3. С. 152–155.
10. Курнасов Е.В. Метод ситуативного изменения поведения объектов АСУТП в пользовательских интерфейсах SCADA-систем // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 4. С. 20–28.
11. Кушнир А.П. Виртуальный контроль сборки изделия на стадии проектирования // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 5. С. 54–56.
12. Чижиков В.И., Курнасов Е.В. Синтез системы автоматического управления стабилизацией усилия захвата предмета с нечёткой геометрической характеристикой // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 2. С. 3–10.
13. Чижиков В.И., Курнасов Е.В. Комплексный подход к разработке нейросетевого функционального идентификатора системы управления захватом предмета с нечёткой геометрией поверхности // Вестник МГТУ МИРЭА: Сборник научных трудов. Выпуск № 4. Том 2. М.: МИРЭА, 2015. С.275–300.

References

1. Kurnasov E.V. Ozenka stepeni mezhurovneвого vzaimodejstviya informacionnyh potokov proizvodstvennogo predpriyatija s MES-sistemoj // Sbornik v mashinostroenii i priborostroenii. 2012. № 3. С. 3–5.

2. Holopov V.A., Pavlov N.G. Problemy konfigurirovaniya komponentov avtomatizirovannoj sistemy upravlenija tehnologicheskim processom // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priroboostroenija i informatiki. Serija: Mashinostroenie. 2012. № 43. S. 27-31.
3. Kurnasov E.V., Ten V.Je. Algoritmy analiza i kontrolja jeffektivnosti avtomatizirovannyh tehnologicheskikh processov // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2014. № 12. S. 21–25.
4. Chizhikov V.I. Upravlenie uprugim kinematischeskim soedineniem besshamirnogo manipuljatora // Sbornik v mashinostroenii, priroboostroenii. 2013. № 7. S. 3–8.
5. Albagachiev A.Ju., Kushnir A.P. Ustrojstva gidrostrujnoj obrabotki novyh pokolenij // V sbornike: Nauchnye trudy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii "Fundamental'nye issledovaniya i innovacionnye tehnologii v mashinostroenii" 2015. S. 24–27.
6. Holopov V.A., Gusev M.V. Preimushhestva avtomatizirovannogo podhoda proektirovaniya promyshlennyh setej pered tradicionnym podhodom // Promyshlennye ASU i kontrollery. 2014. № 7. S. 3–7.
7. Chizhikov V.I. Issledovanie dinamiki manipuljatorov s reguljarnymi zven'jami // Promyshlennye ASU i kontrollery. 2011. № 3. S. 19-28.
8. Kushnir A.P., Avel'chev A.E. Analiz ustrojstv upravlenija dvizheniem sudov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priroboostroenija i informatiki. Serija: Mashinostroenie. 2012. № 43. S. 49-54.
9. Kurnasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. T. 33. № 3. C. 152–155.
10. Kurnasov E.V. Metod situativnogo izmenenija povedenija ob"ektov ASUTP v pol'zovatel'skikh interfejsah SCADA-sistem // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2014. № 4. S. 20–28.
11. Kushnir A.P. Virtual'nyj kontrol' sborki izdelija na stadii proektirovaniya // Sbornik v mashinostroenii, priroboostroenii. 2009. № 5. S. 54–56.
12. Chizhikov V.I., Kurnasov E.V. Sintez sistemy avtomaticheskogo upravlenija stabilizaciej usilija zahvata predmeta s nechjotkoj geometricheskoi harakteristikoi // Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii. 2016. № 2. S. 3–10.
13. Chizhikov V.I., Kurnasov E.V. Kompleksnyj podhod k razrabotke nejrosetevogo funkcional'nogo identifikatora sistemy upravlenija zahvatom predmeta s nechjotkoj geometriej poverhnosti // MSTU MIREA Letters: Sbornik nauchnyh trudov. Vypusk № 4. Tom 2. M.: MIREA, 2015. S.275–300.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.104

Глебова Е.С.¹, Блинные А.А.², Чернопольский А.Д.³, Карташев Р.А.⁴

¹Аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ²Кандидат технических наук, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ³Кандидат технических наук, генеральный директор ООО «НТЦ «Прибор», г. Санкт-Петербург, ⁴Ведущий инженер ООО «НТЦ «Прибор», г. Санкт-Петербург

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ МАССЫ ЧУГУНА НА ВЫПУСКЕ ИЗ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ*Аннотация*

В статье предложена методика оценки массы чугуна, получаемой за отдельный выпуск из доменной печи в условиях параллельного производства на множестве печей. Методика основана на гибридном подходе, использующем результаты измерения веса миксеровоза на весах, средства оперативного контроля процесса налива чугуна в миксер и средства автоматизированного учета подвижного состава. Предложенная методика позволяет повысить оперативность, точность и надежность оценки массы чугуна получаемой за отдельный выпуск из доменной печи.

Ключевые слова: автоматизация, масса чугуна, оценка уровня чугуна, RFID-метка, маркировка.

Glebova E.S.¹, Blinnikov A.A.², Chernopolsky A.D.³, Kartashov R.A.⁴

¹Postgraduate student, ITMO University, ² PhD in Engineering, ITMO University, ³ PhD in Engineering, general director of «NTC «Pribor», ⁴Lead engineer of «NTC «Pribor»

A HYBRID SYSTEM OF EVALUATING IRON WEIGHT ON ITS RELEASE FROM BLAST FURNACE*Abstract*

The article suggests a method for evaluating the weight of iron obtained from a specific release from a blast furnace under parallel production in a set of furnaces. The method is based on a hybrid approach using the weighing results of mixer carrier on the scales, a system of operational control of the process of pouring iron out into the mixer and the automated system of rolling stock registration. The proposed method can improve the speed, accuracy and reliability of evaluating the weight of iron obtained from a specific release of the blast furnace.

Keywords: automation, iron weight, assessment of the level of iron, RFID-label, marking.

One of the challenges arising in the blast furnace production is the registration of the weight of iron released from the plant as a whole and from specific blast furnaces. This information can be used not only for calculating the economic performance, but also to improve the efficiency of certain systems. In particular, information about the mass of iron released from the blast furnace is necessary to be fed into the system of Paul Wurth. Increasing the efficiency and reliability of transmitted data will be of benefit for the operation of the system.

The existence of several blast furnaces in the manufacturing process makes it possible to coordinate their work for the organization of topping up iron into the mixers to a normal level. The mixer's lining wears out more evenly, and it allows transporting more iron during the mixer's lining life cycle. The filling can be started on the one of the blast furnaces, and topping up can be done on the other blast furnace or on other tap-holes of the same blast furnace.

One of the commercial ways to measure the weight of iron for output, is the calculation of the weight of released iron as the sum of the weights of iron poured into a mixer and ladles on this release.

Under these conditions there is the challenge of how to organize the measurement of the weight of iron poured into the mixer on a particular release. There are two methods that help to obtain the desired values:

- to install separate scales on each of the blast furnaces;
- to use a central measurement station.

The first approach is more expensive. In addition, when a mixer carrier changes location or when the release is changed without changing location, a mixer carrier should arrive to the measuring station. This entails additional time and fuel consumption, in addition it is inconvenient, and this may lead to human errors.

In the second approach, a measurement is made of the weight of an empty and full mixer at the central measuring station. A visual expert evaluation of the mass fraction of iron poured into the mixer on each blast furnace. Then, the weight of iron that was poured into the mixer and was measured at the central station is recalculated in relation to the weight of iron that was poured from the individual blast furnace. The obvious disadvantage is the use of human visual estimation in the computation process.

It should be noted that when using both approaches it is necessary to keep a log of paths when the mixer comes to the place of filling, overflow, scales, etc. Therefore, errors may occur due to the human factor when a metallurgical vessel is registered [1].

The systems of operational control of the process of pouring iron into the mixer [3,4] were developed and introduced by "NTC" "Pribor" at a number of plants.

A system for measuring the level of iron in the mixer during of release is designed for automatic non-contact level measurement of high temperature melt that is produced from the blast furnace when loaded in the mixer. A radar unit on the basis of microwave level gauge ULM-11 is used to measure the level of the melt. ULM-11 is a non-contact continuous radar measuring device, specially modified by "NTC" "Pribor". The operation of the gauge is based on the radar principle in the millimeter range of radio waves (the emission frequency makes 91GHz). The frequency modulated signal is radiated by the antenna of the level gauge sensor, reflected from the surface of the melt and the re-enters the level gauge antenna. Based on the time delay of the signal received compared to the signal radiated, a microprocessor-based system of signal processing determines the distance from the gauge to the product surface, and taking into account the height of the tank it determines the level of the melt.

The measuring part of the gauge does not contain any moving parts and has no contact with the product or the internal volume of the tank. In addition, to reduce the influence of the thermal field of the melt and to avoid contamination of the antenna of the level gauge, the radiation is directed to the melt through the reflector, which provides more reliability and durability of the gauge in terms of metallurgical production. The reflector is established on the rod and is removed to the zone over mixer's manhole through an opening in the shelter [3].

To meet this challenge hybrid measuring system is suggested which implements the ideas of the two above approaches. For this, it is necessary:

- 1) to install the systems of operational control of iron pouring process [3,4] in the all blast furnaces, where iron can be topped up. The data of these operational control systems are used for a rapid assessment of the unknown value. And if a log of the path locations of filling into mixers and ladles is made, using this rapid assessment, the proportion of filling for each release can be calculated;
- 2) to automate the logging process by using a system of an automated registration of the rolling stock;
- 3) based on the mass fraction provided by systems of operational control, to recalculate the value of the total weight of poured iron, obtained from the central measuring station. The result of the recalculation is a refined rapid assessment compared to that obtained in the first step.

The integration of the systems of operational control of iron pouring process, a system of automated registration of rolling stock and a central measuring station in one measurement system will allow:

- estimating the weight of iron released with a higher accuracy than is possible now;
- reducing the risk of errors due to human factors;
- improving the evaluation efficiency.

The system of automated registration of rolling stock can be implemented based on RFID-labels and readers. Figures 1 and 2 show the suggested locations for attaching labels on the mixer carriers and ladles, respectively.



Fig.1 – Locations for attaching an RFID-label to the mixer carrier



Fig.2 – Locations for attaching an RFID-label to the ladle

RFID-readers can be attached in the following locations:

- blast furnace workshop;
- iron drain spots on the blast furnaces;
- scales for mixer carriers and ladles.

Implementation of an automated system of registering rolling stock can allow a correct registration of the amount of iron released for each furnace, when the mixer is filled on various blast furnaces or tap-holes. Additionally, the information about the number of mixers from all technological workshops will be automatically fed into the process control system.

It should be noted that marking ladles with RFID-labels on the very surface of the ladle is difficult, since the operating temperature range of RFID-labels is much lower than the surface temperature of the bucket; also, the supposed location of the label is exposed to mechanical damage. In this case, it is possible to label the ladle carrier using RFID-labels, as well as an alternative method of marking ladles represented in [1]. This allows automatically binding the ladle and the rolling stock.

References

1. Blinnikov A. A., Glebova E. S. Modification of steel ladles labels in the problem of automation of the ladles turnover // Scientific and Technical Journal «Priboorostroenie» - 2015 - issue9(58) – P. 765-769;
2. I.A. Petushkov, A.D. Chernopolsky, A.A. Blinnikov and others. Developing a method of level measuring and evaluate the weight of iron in the ladles on a plot overflowing of iron in converter production "Severstal" // - Proceedings of the Ninth Congress of Steelmakers "Chermetinfo" – 2007 – P. 202-205;
3. The measurement system of iron level in a mixer carrier during the release. [Electronic resource] <http://ntc-pribor.ru/project/45-sistema-izmereniya-urovnya-chuguna-v-mikserovoze-vo-vremya-vypuska.html> (date of the application: 09.04.16);
4. The measurement system of iron level in a mixer carrier during the release («Severstal»). [Electronic resource] <http://ntc-pribor.ru/project/43-sistema-izmereniya-urovnya-chuguna-v-mikserovoze-na-oao-severstal.html> (date of the application: 09.04.16).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.209

Гусева М.А.¹, Андреева Е.Г.²¹ РИНЦ: SPIN –код = 9872-4853, кандидат технических наук, доцент;² Researcher ID WoS:Q-1132-2015, доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВПО Московский государственный университет дизайна и технологии, г. Москва

АНАЛИЗ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ СОВРЕМЕННОЙ МЕХОВОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛЛЕКЦИЙ

Аннотация

Изучены причины неудовлетворенности покупателей меховыми изделиями, представленными в отечественной розничной торговле. Определены наиболее востребованные виды пушно-меховых шкур для производства одежды. Проанализированы конструктивные параметры меховых изделий современных промышленных коллекций. Установлено, что на рынке меховых изделий присутствуют модели импортных производителей, не соответствующие размерной типологии РФ. Для повышения удовлетворенности отечественных потребителей меховой одежды важное значение имеет корректность маркировки продукции и ее антропометрическое соответствие российским типовым фигурам.

Ключевые слова: меховая одежда, конструктивные параметры, антропометрическое соответствие, качество посадки.

Guseva M.F.¹, Andreeva E.G.²¹ RISC : SPIN –code = 9872-4853, PhD in Engineering, Associate Professor;² Researcher ID WoS:Q-1132-2015, PhD in Engineering, Professor;

VPO Moscow State University of Design and Technology, Moscow

ANTHROPOMETRIC ANALYSIS OF FUR CLOTHING IN INDUSTRIAL COLLECTIONS

Abstract

The paper describes the reasons of dissatisfaction of customers of the fur products in the retail. It shows the most popular types of fur skins for clothing. It presents the design parameters of fur products of modern industrial collections. It is established that imported fur clothing often do not meet dimensional typology of the Russian Federation. Correct labelling is the important to improve the satisfaction of consumers by the fur clothing. Anthropometric compliance of fur clothing is the significant also.

Keywords: fur clothing, design parameters, anthropometric line, landing quality.

Введение

В современной сложной геополитической обстановке правительством принимаются меры по поддержке предприятий меховой отрасли, в том числе ограничивающие импорт меховых изделий [1], занимающий почти 70% российского отраслевого рынка, и выпуск контрафактных пушно-меховых товаров [2].

Для повышения собираемости таможенных и налоговых платежей в 2016 г. на территории ЕАЭС введена маркировка меховой продукции контрольными идентификационными знаками с применением электронного чипа *RFID (Radio Frequency Identification)*. Незаконный оборот в сером сегменте меховых изделий наносит ущерб отечественным производителям из-за критического давления со стороны иностранных конкурентов и контрафактной продукции, производимой без соблюдения технических регламентов и требований по безопасности. Мировой опыт показал, что фиксация движения меховых изделий по этапам реализации с помощью защитных маркировок и систем отслеживания маркированной продукции позволяет оздоровить конкурентную среду и защитить интересы добросовестных производителей, импортеров, ретейлеров, государства и конечного потребителя [3].

Для продвижения отечественной меховой продукции важно расширение каналов сбыта и внутриотраслевая кооперация, для стимулирования которых в Минпромторге крупнейшими российскими ритейлерами и отраслевыми производителями подписана «Декларация добросовестных участников мехового рынка РФ об этических нормах ведения бизнеса в сфере производства, импорта и реализации одежды из натурального меха», направленная на предотвращение недобросовестной конкуренции и рост отраслевого рынка [4].

На развитие отечественного рынка пушно-меховой продукции влияет рост продаж в розничной торговле и удовлетворение спроса заинтересованных потребителей, для оценки динамики которых целесообразно проанализировать особенности представления промышленных коллекций меховых изделий.

Методика и организация исследования

Для изучения предпочтений в выборе меховой одежды выполнен опрос 1350 потребителей в различных регионах РФ путем анкетирования покупателей в торговых организациях. Эмпирическое исследование конструктивных параметров и качества посадки меховой одежды, представленной в розничной торговле, проводили в г. Москве путем измерения 647 готовых изделий по разработанной методике, учитывающей особенности покроя, силуэта, художественного, конструктивного и технологического решения изделий, вида используемого меха и его выработки. Использованы методы анализа, сравнения и обобщения эмпирических данных и результатов наблюдения за поведением потребителей, опроса покупателей. В ходе исследования применялись методы научной абстракции, прогнозирования и системный подход.

Результаты и их обсуждение

Современные отечественные покупатели меховых изделий требовательно относятся к таким характеристикам одежды, как: известность бренда, актуальность стиля и дизайна, качество изготовления, комфортность, вид меха, цена. Анализ промышленных коллекций меховых изделий, представленных в розничной торговле в 2015-2016 гг., показал незначительное разнообразие продукции по видам меха. Наиболее популярным видом пушнины для женских пальто и полупальто остается норка (43%), чаще всего в импортном исполнении [5]. Среди других востребованных видов пушнины следует отметить изделия из лисицы (7%) и песца (5%). Пальто из соболя (1%), шиншиллы (1%) и рыси (2%) представлены только в меховых бутиках или фирменных магазинах, расположенных на территории предприятий. Существенный сегмент в представленных промышленных коллекциях занимают пальто (полупальто) из овчины мехом наружу (14%) и дубленки мехом внутрь (18%). Набирают популярность меховые изделия целиком из каракуля (8%) и в сочетании каракуля с норкой. Более экономичные изделия из таких «бюджетных» видов меха, как кролик (3%) и нутрия (3%), привлекают меньшее внимание дизайнеров и покупателей.

Меховые изделия, представленные в розничной торговле, отличаются ограниченным диапазоном размеров, как правило, первой или второй полнотной групп. Потребители нетипового телосложения с фигурами больших полнотных групп, вынуждены приобретать меховые изделия большего размера. При примерке одежды, несоответствующей по антропометрическим и конструктивным параметрам индивидуальной фигуре, наблюдаются дефекты посадки, отражающие несоответствие или низкое качество изделия. Неудовлетворенность визуальным восприятием примеряемой одежды ведет к снижению продаж и увеличению товарных остатков предприятия.

Согласно результатам опроса основными причинами, препятствующими осуществлению покупки мехового изделия, являются: 1) отсутствие подходящей модели (для 20% женщин и 14% мужчин); 2) отсутствие нужного размера (для 22% женщин и 13% мужчин). Не нашли нужной модели покупатели среднего возраста, которых можно отнести к наиболее платежеспособной части населения: 26-30 лет (26%), 31-35 лет (23%), 36-40 лет (22%), 41-45 лет (21%). Отсутствие нужного размера отмечено значительным количеством покупателей в возрасте: 21-25 лет (16%), 26-30 лет (13%), 46-50 лет (13%) [5]. Потребители обратили внимание на несоответствие конструктивных параметров изделий промышленных коллекций размерам и форме тела человека, и, как следствие, негативной визуальной оценке своего облика в примеряемом изделии.

Исследования конструктивных параметров меховой одежды, представленной на торговых площадках г. Москвы, показали, что всю совокупность изделий можно разделить на две большие группы: 1) изделия, соответствующие размерной типологии населения РФ и 2) одежда, не соответствующая размерной типологии населения РФ.

Одежда, выполненная из натурального меха, как из любых других материалов, представляет собой объект определенной пространственной конфигурации, зависящей от конструкции изделия и внешней формы тела человека. Объективную информацию о конструктивных параметрах готового изделия получают на основе анализа участков конструкции в соответствии с типовыми методиками измерения швейных изделий, регламентированных в отраслевых стандартах. Исходя из параметров готового изделия и размерных признаков типовой фигуры, можно определить конструктивные прибавки по основным антропометрическим уровням.

В ходе исследований установлено, что конструктивные параметры значительной части импортных женских меховых пальто и полупальто из промышленных коллекций не соответствуют размерной типологии населения РФ. Так, во всех исследуемых меховых изделиях китайского производства величины конструктивных участков изделия «ширина полочки по линии груди», измеряемых от шва втачивания рукава до края борта в самом узком месте (соответствует размерному признаку «ширина груди») превышали размеры участков «ширина спинки» (соответствует размерному признаку «ширина спины»), измеряемых как расстояние между швами втачивания рукавов в самом узком месте, что противоречит размерной типологии женского населения РФ, определяющей размерные признаки типовых фигур с нормальной осанкой. При надевании на фигуру мехового пальто с увеличенным участком «ширина полочки по линии груди» образуются дефекты посадки: а) излишняя ширина, проявляющиеся в свободных вертикальных и наклонных складках на стане и рукавах; б) смещении назад рукава в передней части изделия (рисунок 1 а). При этом в изделиях также наблюдался недостаток раствора вытачки на выпуклость груди, приводящий к образованию дефекта «угловые заломы», проявляющегося как напряжение участка от выступающей точки груди к пройме (рисунок 1 б).

Перечисленные дефекты существенно ухудшают визуальное восприятие изделия, что недопустимо в меховой одежде, являющейся дорогостоящим товаром. Проявления дефектов в меховой одежде можно избежать, если привлекать к разработке конструкций квалифицированных специалистов, обладающих высокой профессиональной компетентностью [6, 7]. Интервьюирование представителей производителей показало, что на некоторых меховых предприятиях отсутствуют конструкторы, а процесс разработки проектно-конструкторской документации на изделие заменен приобретением в сторонних организациях комплектов лекал на новые модели. Можно сделать вывод о целесообразности проектной работы, направленной на превентивное повышение удовлетворенности потребителей в подходящих моделях меховой одежды и большем антропометрическом соответствии изделий фигуре человека.



Рисунок 1 – Проявление дефектов посадки:

а - излишняя ширина полочек и рукавов; б - угловые заломы

На подборе потребителями меховых изделий отрицательно сказывается несоответствие маркировки товара принятой на территории РФ. Отечественной размерной типологией определены ведущие размерные признаки фигур, определяющие габариты тела человека, а именно: рост, обхват груди третий, обхват талии (мужчины) или обхват бедер с учетом выступа живота (женщины). Перечисленные размерные признаки своей фигуры среднестатистический потребитель может измерить без посторонней помощи и соответственно определить размер подходящей одежды.

Маркировка размеров большинства импортных меховых изделий затрудняет идентификацию подходящего размера для отечественных потребителей, так как требует выполнения расчетов по переводу численных данных, представленных на этикетке, в привычный для восприятия формат с помощью специальных переводных таблиц или консультаций с продавцами.

Выявлено четыре основных вида маркировки (рисунок 2) размеров меховой одежды на этикетках производителей:

- 1) размер изделия представлен одной цифрой, обозначающей размер, при этом представленная цифра может не соответствовать российскому размеру (полуобхват груди третий);
- 2) маркировка двумя цифрами (размер-рост);
- 3) маркировка тремя цифрами: размер изделия (соответствует полуобхвату груди третьему) - ширина изделия по линии груди - длина изделия;
- 4) маркировка тремя цифрами: рост-обхват груди третий-обхват бедер (для женских фигур) или обхват талии (для мужских фигур).

Следует отметить, что первые три варианта характерны как для меховой продукции импортных производителей, так и недобросовестных отечественных фирм.



Рис. 2 – Варианты маркировки меховой одежды, представленной на торговых площадках РФ

Заключение

Для удовлетворения потребностей населения в качественной меховой продукции важное значение имеет корректность маркировки изделий, обусловленной достаточной информацией о конструктивных параметрах изделия, достоверностью антропометрических характеристик одежды и доступностью формата для интерпретации

отечественными покупателями. Стимулированию покупок меховых изделий способствует повышение квалификации дизайнеров и конструкторов одежды в области прогнозирования потребности в изделиях определенного стиля, силуэта и покроя, а также обеспечения антропометрического соответствия проектируемой одежды.

Литература

1. Об установлении запрета на допуск товаров легкой промышленности, происходящих из иностранных государств, и (или) услуг по прокату таких товаров в целях осуществления закупок для обеспечения федеральных нужд, нужд субъектов Российской Федерации и муниципальных нужд// Постановление Правительства РФ от 11.08.2014 N 791 (ред. от 17.02.2016)
2. О дополнительных мерах по противодействию незаконному обороту промышленной продукции// Указ Президента РФ от 23.01.2015 N 31 (ред. от 04.01.2016)
3. В Москве прошел форум по маркировке изделий из меха/ 10.03.2016 URL: http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/v_moskve_proshel_forum_po_markirovke_izdeliy_iz_meha (дата обращения 08.04.2016).
4. Представители индустрии меха подписали Декларацию об этических нормах ведения бизнеса/ 17.02.2016 URL: http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/predstaviteli_industrii_meha_podpisali_deklaraciyu_ob_eticheskikh_normah_vedeniya_biznesa (дата обращения 08.04.2016).
5. Гусева М.А., Зарецкая Г.П., Петросова И.А., Гончарова Т.Л., Мезенцева Т.В., Андреева Е.Г. Анализ потребительских предпочтений меховых изделий в России // Вестник Казанского технологического университета. 2016, Т.19, № 2. С.79-84.
6. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Позиционирование в трехмерной среде линий членений в одежде с деталями из натурального меха// Инновационная наука. 2015, №11-2. С.48-51.
7. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Актуальность проектирования модельных конструкций меховой одежды в современных САПР // Инновации в науке. 2015, № 51-1. С.121-126.

References

1. A ban on the admission of light industry goods originating from foreign States and (or) services rental of such goods for the purposes of procurement for Federal needs, needs of subjects of the Russian Federation and municipal needs// the RF Government Decree dated 11.08.2014 N 791 (amended on 17.02.2016)
2. Additional measures to combat illicit trafficking of industrial products// the Decree of the President of the Russian Federation dated 23.01.2015 N 31 (as amended from 04.01.2016)
3. A forum on the labeling of fur garments has passed in Moscow URL: http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/v_moskve_proshel_forum_po_markirovke_izdeliy_iz_meha (date of access 08.04.2016).
4. Representatives of the fur industry signed a Declaration on the ethical standards of business conduct URL: http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!/predstaviteli_industrii_meha_podpisali_deklaraciyu_ob_eticheskikh_normah_vedeniya_biznesa (date of access 08.04.2016).
5. Guseva M.A., Zaretskaya G.P., Petrosova I.A., Goncharova T.L., Mezentsseva T.V., Andreeva E.G. Analysis of consumer preferences of fur products in Russia // Bulletin of Kazan Technological University. 2016, Vol.19, No.2. P.79-84.
6. Guseva M.A., Andreeva E.G., Petrosova I.A. Positioning in the three-dimensional environment articulation lines of clothing with fur details // Innovative science. 2015, № 11-2. P.48-51.
7. Guseva M.A., Andreeva E.G., Petrosova I.A. The relevance of the design model designs of fur garments in modern CAD clothing // Innovations in science. 2015, № 51-1. P.121-126.



*«Международный научно-исследовательский журнал» включен в базу данных **WorldCat**.*

WorldCat — крупнейшая в мире библиографическая база данных, насчитывающая свыше 240 млн записей о всех видах произведений на 470 языках мира. База создается совместными усилиями более чем 72 тыс. библиотек из 170 стран мира в рамках организации OCLC.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.012

Дерябин И.П.¹, Токарев А.С.²

¹Доктор технических наук, Южно-Уральский государственный Университет ²ORCID: 0000-0003-3902-5785,
Аспирант, Южно-Уральский государственный Университет, старший преподаватель, Треггорный технологический институт - филиал «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗЕНКЕРАМИ С МНП**Аннотация**

В статье рассмотрено - виды зенкеров с многогранными неперетачиваемыми пластинами. Основные параметры зенкеров с многогранными неперетачиваемыми пластинами. Показаны схемы формообразования и расчетные схемы формообразования обычных зенкеров, зенкеров с многогранными неперетачиваемыми пластинами с разделением и без разделения срезаемого слоя при повороте режущих кромок на угол 120°, 240°, 360°. Объяснено, зачем необходимо исследовать формообразование зенкеров с многогранными неперетачиваемыми пластинами и чем данное исследование отличается от других аналогичных.

Ключевые слова: зенкер, формообразование, режущие пластины.

Deryabin I. P.¹, Tokarev A.S.²

Doctor of technical Sciences, South-Urals state University, 0000²ORCID: 0000-0003-3902-5785, Graduate student,
South-Ural state University, senior lecturer,

Trekhgorny technological Institute - branch of "National research nuclear University "MEPhI"

THE STUDY OF FORMING A COUNTERSINK BIT WITH MNES**Abstract**

The article describes the types of countersink bit with faceted profile plates. The main parameters of the countersink bit with faceted profile plates. Highlights the form and design scheme of forming a conventional countersink bit, countersink bit with faceted profile plates with separation and without separation of the shear layer with the rotation of the cutting edges at an angle of 120°, 240°, 360°. Explain why it is necessary to investigate the forming of a countersink bit with faceted profile plates and how this study differs from other similar.

Keywords: countersink, forming, cutting plate.

Для улучшения чистоты поверхности отверстий, а так же повышения точности, применяют зенкеры, которые предназначены для обработки штампованных, литых и предварительно просверленных отверстий, или к их дальнейшему развертыванию. Этот инструмент применяют для увеличения диаметров отверстий, которое сопровождается повышением их точности и снижением шероховатости. Зенкер - это многолезвийный инструмент.

Зенкерованием можно достигнуть шестой класс точности обработанной поверхности и четвертый класс точности, седьмой класс чистоты достигается при обработке зенкером с твердым сплавом при алмазной заточке.

Этот инструмент используют если необходимо окончательно обработать отверстие с допусками по H11 или в большинстве случаев для промежуточной обработки между сверлением и развертыванием.

Можно выделить следующие виды зенкеров:

по виду обрабатываемых поверхностей:

- цилиндрические – для увеличения диаметра цилиндрических отверстий
- цилиндрические с направляющей цапфой – для обработки цилиндрических углублений под головки винтов
- конические – для обработки конических отверстий под головки винтов, центровых отверстий и снятия фасок,
- торцовые – для зачистки торцовых поверхностей,
- комбинированные (ступенчатые, фасонные);

по способу крепления зенкера различают:

- хвостовые с коническим или цилиндрическим хвостовиком,
- насадные;

по конструкции:

- цельные;
- сборные;
- с напаянными и со вставными режущими зубьями;

по виду инструментального материала:

- быстрорежущие;
- твердосплавные, в том числе и с неперетачиваемыми пластинами;

по форме стружечных канавок:

- прямозубые;
- с винтовым зубом.

В последние годы очень широкое распространение получили многогранные неперетачиваемые пластины. Режущая часть зенкеров стала оснащаться такими пластинами. Можно выделить два варианта конструкции подобных зенкеров: без деления срезаемого слоя (рис. 1) и с разделением срезаемого слоя (рис.4) [1].

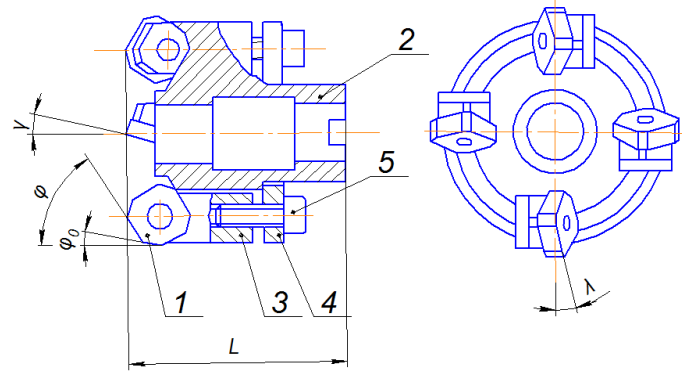


Рис. 1 - Конструкция зенкера, оснащенного МНП, без деления срезаемого слоя

Если сравнивать данную конструкцию с напайным инструментом, то можно выделить следующие преимущества: быстрая замена затупившейся пластинки; повышение производительности за счет применения твердых сплавов; сокращение расходов на заточку и переточку [1].

При обработки отверстий зенкерами исследуется схема формообразования отверстий. Режущая пластинка 1 закрепляется в корпусе зенкера 2 с помощью тяги 3, которая перемещается в осевом направлении винтом 5, благодаря упорному диску 4. Где: ϕ - главный угол в плане; ϕ_0 - дополнительный угол; γ - передний угол; α - задний угол; λ - угол наклона главного лезвия.

Из-за различных конструкций данного лезвийного инструмента, соответственно получаются и различные схемы, которые представлены на рисунках 2-4.

На рисунке 2 представлена схема формообразования обычным зенкером, где:

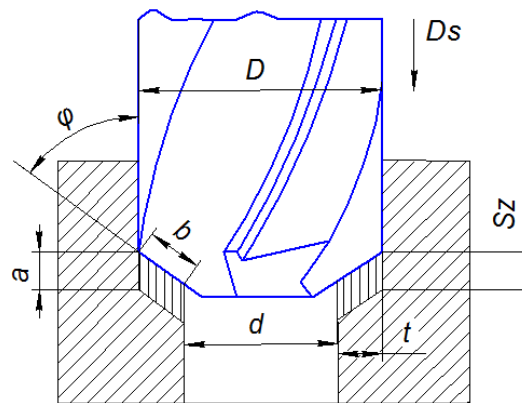


Рис. 2 - Схема формообразования обычным зенкером

t - припуск; Sz - подача на каждое лезвие; D - диаметр зенкера; d - диаметр обрабатываемого отверстия; a - ширина срезаемого слоя; b - длина срезаемого слоя; Ds - направление подачи; ϕ - главный угол в плане

На рисунке 3 представлена схема формообразования зенкеров оснащенных МНП, без разделения срезаемого слоя, где: t - припуск; Ds - направление подачи;

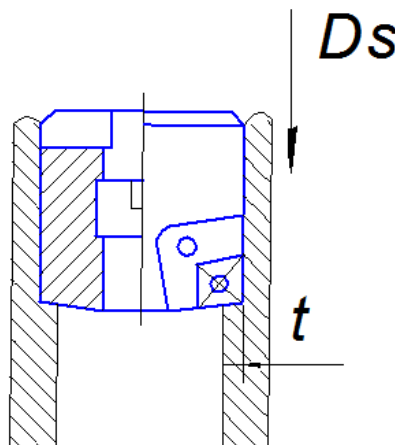


Рис. 3 - Схема формообразования зенкеров оснащенных МНП, без разделения срезаемого слоя

На рисунке 4 представлена схема формообразования зенкеров оснащенных МНП, с разделением срезаемого слоя, где:

t_1 и t_2 - припуск 1 и 2 лезвия соответственно; D_{max} - максимальный диаметр обработанного отверстия; $D_{исх}$ - исходный диаметр отверстия.

Зенкеры с МНП, которые работают по схеме с разделением срезаемого слоя, обычно оснащаются двумя неперетачиваемыми пластинками. В качестве режущей части зенкеров должны быть пластинки из твердого сплава марок ВК6, ВК8, ВК6М, ВК8В, Т5К10, Т14К8, Т15К6 (ГОСТ 3882-67). Установка пластинки в корпусе создает необходимые задние и передние углы. Чтобы разделить срезаемый припуск по глубине и по диаметру режущие пластинки имеют гарантированное смещение друг относительно друга и в осевом направлении (см. рис. 3). Такие зенкера применимы для черновой и чистовой обработки отверстий. Промышленностью выпускаются зенкеры такой конструкции для обработки отверстий с диаметрами от 30 до 120 мм, и в них можно использовать пластинки практически любой формы.

Максимальный снимаемый припуск $t=t_1+t_2$ мм, диаметр исходного отверстия $D_{исх}=D_{max}-2t_1-2t_2$.

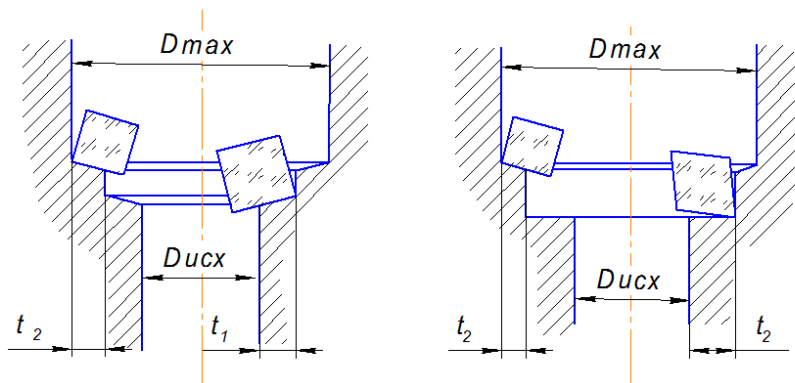


Рис. 4 - Схема формообразования зенкеров оснащенных МНП, с разделением срезаемого слоя

Такие схемы формообразования не дают полного представления об обработке отверстий. Для более точного результата, необходимо учитывать различные погрешности, возникающие при работе лезвийного инструмента.

Так как в них не учитываются погрешности заточки инструментов, главных углов в плане, колебания припуска и колебания осевой подачи, для разработки схем формообразования необходимо определить срезаемые сечения припуска каждым лезвием с учетом выше сказанных погрешностей.

Рассмотрим схемы формообразования у которых в пределах допуска заточены главные углы в плане.

Используя программу КОМПАС-3D, были построены и измерены площади срезаемых слоев 3-х лезвийным обычным зенкером и 2-х и 3-х лезвийным зенкером с МНП с разделением и без разделения срезаемого слоя.

На рисунке 6 показана расчетная схема формообразования обычных зенкеров при повороте зенкера на 120° . Где: $43^\circ-45^\circ-48^\circ$ - значения главных углов в плане лезвий зенкера; ρ_1, ρ_2, ρ_3 - положения режущих кромок лезвий в данный момент времени; S - площадь срезаемого слоя; Δ - площадь срезаемого слоя первым, вторым или третьим лезвием. $r_0(\psi)$ - радиус окружности.

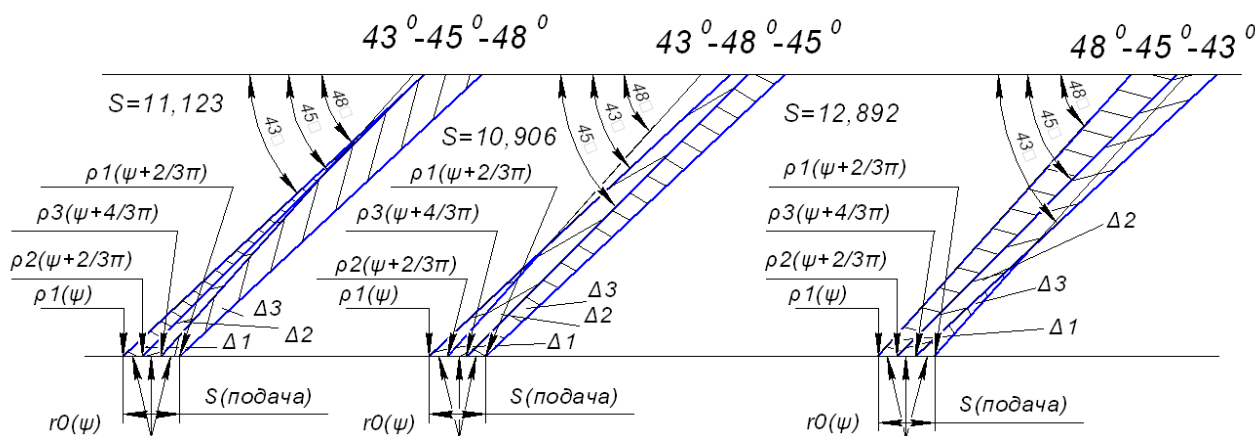
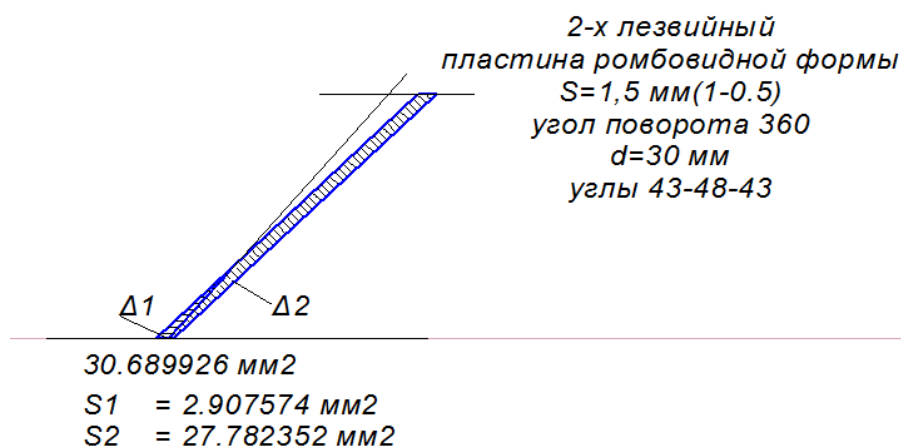
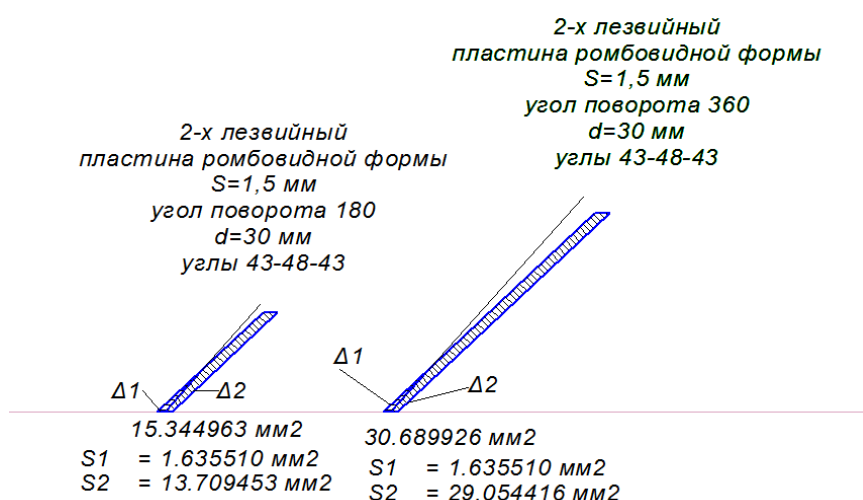


Рис. 5 - расчетная схема формообразования обычных зенкеров (при повороте на 120°)

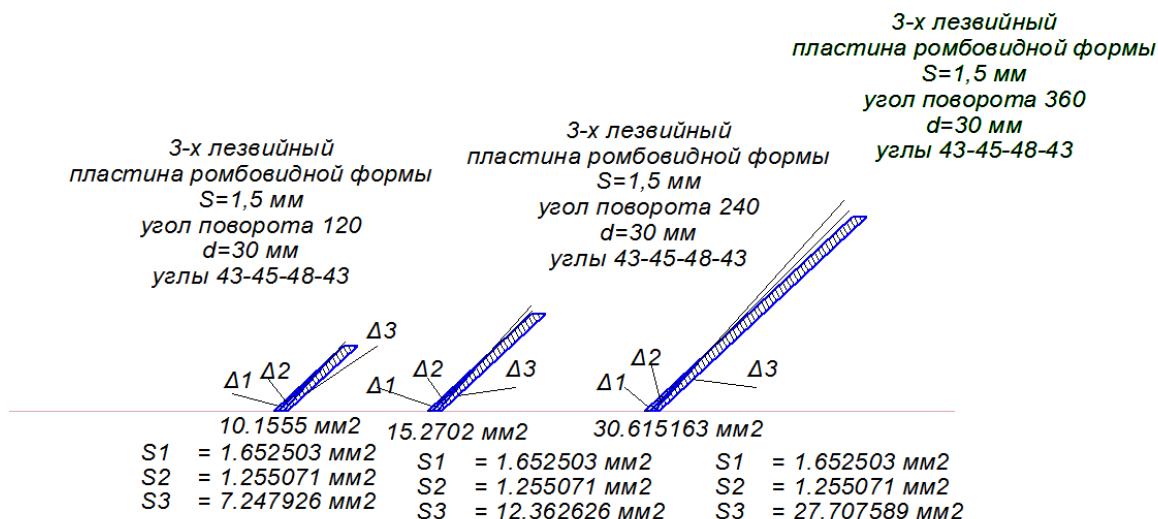
На Рисунках 6-8 показаны расчетные схемы формообразования зенкером с разделением срезаемого слоя.

На рисунке 6 построение делалось для двух лезвийного зенкера оснащенного пластинами ромбовидной формы с разделением срезаемого слоя.

Рис. 6- Расчетная схема формообразования зенкеров с МНП с разделением срезаемого слоя (при повороте на 360°)Рис. - 7 Расчетная схема формообразования зенкеров с МНП без разделения срезаемого слоя (при повороте на 360°)

На рисунке 7 показана схема формообразования 2-х лезвийных зенкеров с МНП оснащенного пластинами ромбовидной формы без разделения срезаемого слоя.

На рисунке 8 показана расчетная схема формообразования 3-х лезвийного зенкера оснащенного пластинами ромбовидной формы без разделения срезаемого слоя.

Рис. 8 - Расчетная схема формообразования зенкеров с МНП без разделения срезаемого слоя (при повороте на 360°)

Вывод

Трудоемкость обработки точных и глубоких отверстий является сложным и достаточно продолжительным технологическим процессом. В данной исследовательской работе была разработана схема формообразования учитывающая погрешности углов. Эти схемы позволяют определить площади срезаемых сечений припуска каждым лезвием и по этим площадям будут определены радиальные силы резания $P_{yi} = \Delta_i \cdot k_i$. Где Δ_i - площадь срезаемого i слоя, а k_i - коэффициент учитывающий какую-то погрешность при обработке (радиальное биение шпинделя и т.п.). На основе этого будут разработаны математические модели, которые учитывают основные виды погрешностей.

Таблица 1 – Сводная таблица математических моделей, которые не учитывают основные погрешности при обработке отверстий

№ модели	Область применения	Математическая модель
1	$0 \leq m \leq Lx$	$R(\psi) = \frac{A + S \cdot 2Os \cdot \cos(n\psi) \cdot (K'_2 - K'_1)}{C} + \frac{B}{C} \cdot R(\psi - \pi);$ $A = \tau \cdot S \cdot (K_1 + K_2) + S^2/2 \cdot (K_2 - K_1) +$ $+ D \cdot \left(-S \cdot K_2 \cdot \text{ctg} \varphi_1 - S \cdot K_1 \cdot \text{ctg} \varphi_2 + J \cdot \frac{\text{ctg} \varphi_1 - \text{ctg} \varphi_2}{2} \right) +$ $+ (\ln + \tau) \cdot \left(\frac{\text{ctg} \varphi_1}{\text{ctg} \varphi_2} - 1 \right) \cdot K_2 \cdot S;$ $B = S \cdot (K_1 \cdot \text{ctg} \varphi_2 + K_2 \cdot \text{ctg} \varphi_1);$ $C = S \cdot (-K_1 \cdot \text{ctg} \varphi_2 - K_2 \cdot \text{ctg} \varphi_2) + J \cdot (\text{ctg} \varphi_1 - \text{ctg} \varphi_2);$ $\ln = \frac{0,87 \cdot D}{2 \cdot \text{tg} \varphi}$
...
6	$D_0 \neq 0;$ $m < 0$ $J = 0$	$R(\psi) = \frac{-R(\psi - \pi) \cdot B}{A} - \frac{C}{A};$ $A = \frac{K_1 \cdot h + K_2 \cdot h}{\text{tg} \varphi} + (K_1 + K_2) \times$ $\times (S/2 + 2 \cdot Os \cdot \cos(n(\psi - \pi/2)) \cdot \sin(n \cdot \pi/2)) +$ $+ \tau \cdot (K_1 - K_2)$ $B = \frac{h(K_1 + K_2)}{\text{tg} \varphi};$ $C = (K_1 - K_2) \cdot h \times (S/2 + 2 \cdot Os \cdot \cos(n(\psi - \pi/2)) \times$ $\times \sin(n \cdot \pi/2) + \tau(K_1 + K_2) \cdot h;$ $h = \frac{D - D_0}{2}$

Литература

1. Драгун А.П. Режущий инструмент. – Л.: Лениздат, 1986. – 271 с., ил. – (Для молодых рабочих).
2. Петрушин С.И. Основы формообразования резанием лезвийными инструментами. Учебное пособие. Томск: Изд. ТГУ, 2003. – 172с.
3. Пестрецов, С.И. Компьютерное моделирование и оптимизация процессов резания: учеб. пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009 – 104 с. – 100 экз. – ISBN978-5-8265-0795-7.

References

1. Dragun, A. P. Cutting tool. – L.: Lenizdat, 1986. – 271 p., ill. (For young workers).
2. Petrushin, S. I. the principles of formation cutting blade tools. Training manual. Tomsk: Izd. TSU, 2003. – 172c.
3. Pestrecov, S. I., Computer simulation and optimization of cutting processes: proc. textbook / S. I. pestretsov. – Tambov: Publishing house of compromise. state technical. University, 2009 – 104 p – 100 copies – ISBN978-5-8265-0795-7.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.267

Диль В.Ф.¹, Сизых В.Н.²

¹Аспирант, доцент, Московский государственный технический университет гражданской авиации, Иркутский филиал. ²Доктор технических наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения

МЕТОДИКА СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ НА ТРАЕКТОРНОМ И ПИЛОТАЖНОМ УРОВНЯХ

Аннотация

В статье рассматривается методика синтеза нелинейных систем управления воздушным судном на траекторном уровне на основе метода обратных задач динамики (ОЗД) и возможности совмещения его с решением прямых задач динамики на пилотажном уровне. Разработана структурная схема контура управления воздушным судном.

Ключевые слова: система автоматического управления, обратная и прямая задачи динамики, нелинейный синтез, воздушное судно.

Dil V.F.¹, Sizykh B.N.²

¹Postgraduate student, Associate professor, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Irkutsk branch,

²PhD in Engineering, Professor, Irkutsk State Transport University

SYNTHESIS OF NONLINEAR AUTOMATIC CONTROL FOR THE AIRCRAFT TWO LEVELS MOVEMENTS

Abstract

The article discusses the procedure for the synthesis of non-linear aircraft control systems at the level of a trajectory based on the method of inverse problems of dynamics (UED) and the possibility of combining it with a solution of direct problems of dynamics on a flight level. A block diagram of an aircraft control loop.

Keywords: control system, direct and inversed problems of dynamics, nonlinear synthesis, aircraft.

Введение

Управление воздушным судном (ВС) в пространстве условно разделено на два взаимосвязанных уровня - пилотажный и траекторный. Задачей пилотажного уровня является выдерживание углового положения ВС путем изменения моментов управления, задачей траекторного уровня является управление положением центра масс ВС через изменение действующих на ВС сил. Разделение на траекторный и пилотажный контуры основано на различии решаемых задач в этих контурах управления. Однако в процессе реального полета эти задачи взаимосвязаны. Следовательно, управление на пилотажном уровне влечет за собой управление и на траекторном уровне, и наоборот. Ранее, в статье [1] рассматривался вопрос синтеза управления на пилотажном уровне методом ОЗД с последующим решением задач траекторного уровня на основе метода прямого решения задач динамики по результатам пилотажных параметров. Рассмотрим вариант синтеза управления на траекторном уровне методом обратных задач динамики (ОЗД) с последующим решением прямых задач на пилотажном уровне.

1. Решение обратной задачи динамики для траекторного контура

Траекторное движение ВС определяется значениями линейных ускорений центра масс ВС в траекторной системе координат. Ускорения ВС линейно связаны с перегрузками, измерение которых не вызывает затруднений.

Изменение скорости движения центра масс ВС относительно Земли \vec{V}_K определяется выражением [2, 3]:

$$\vec{V}_K = \Omega V_K + gn - g\varepsilon_2, \quad (1)$$

где V_K — вектор земной скорости ВС, Ω — кососимметрическая матрица угловых скоростей специального вида, n — вектор перегрузок, ε_2 — второй столбец матрицы направляющих косинусов скоростной СК относительно нормальной СК. Выполнив обозначение входного воздействия через разность текущей перегрузки и составляющей силы веса, получим выражение векторного уравнения ускорений ВС:

$$\vec{V}_K^* = \Omega V_K + gn^*, \quad (2)$$

где $n^* = n - \varepsilon_2$. В скалярном виде выражение (2) имеет вид:

$$\begin{bmatrix} \vec{V}_{Kx}^* \\ \vec{V}_{Ky}^* \\ \vec{V}_{Kz}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 0 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Kx} \\ V_{Ky} \\ V_{Kz} \end{bmatrix} + g \begin{bmatrix} n_x^* \\ n_y^* \\ n_z^* \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Рассмотрим состояние объекта на интервале времени $\Delta t \in T, T = [t_0, t_k]$, в течение которого $\omega_s = const, s = x, y, z, t_0 = 0, t_k$ – нефиксированный момент времени.

В начальный момент времени $t = t_0 = 0$ состояния объекта (1) характеризуются значениями линейных скоростей $V_{kS}(0) = V_{kS0}$ и требуется найти такие управляющие воздействия δ_i ($i = \varepsilon, n, v$), при которых (1) переходит из состояния $V_{kS}(0)$ в новое состояние V_{kS}^0 и находится в этом состоянии бесконечно долго. В общем случае изменение составляющих скорости по времени $V_{kS}^0 = V_{kS}^0(t)$, определяют требуемый профиль полёта (пространственную траекторию движения ВС). Оптимальное управление ВС предполагает, чтобы линейные скорости управляемого движения по каждой степени свободы с требуемой точностью следовали за скоростями, определяемыми эталонной моделью

$$V_{kS}^* + \chi_{S1} V_{kS}^* + \chi_{S0} V_{kS}^* = \chi_{S0} V_{kS}^0, \quad (4)$$

где χ_{S1}, χ_{S0} , коэффициенты эталонной модели, $V_{kS}^*(t) \rightarrow V_{kS}^0$ при $t \rightarrow \infty$.

Численные значения коэффициентов эталонной модели получают идентификацией аэродинамических объектов методом синхронного детектирования [7] на основе пробных воздействий рулей на модель ВС.

Степень приближения управляемого процесса к эталонному движению $V_{kS}^*(t) \rightarrow V_{kS}^0$ определяется квадратичным функционалом

$$G(n^*) = \frac{1}{2} \sum_1^3 [V_{kS}^* - V_{kS}^*(t, n^*(\delta_i))]^2, \quad (5)$$

который характеризует энергию ускорения поступательного движения в окрестности фазовых траекторий эталонных моделей [6].

При выборе в качестве управляющих функций не отклонения рулей δ_i ВС, а управляющие силы F_S и эквивалентные им перегрузки $n^*(n = \frac{F_S}{G})$, задача синтеза системы управления может быть решена поэтапно.

На первом этапе синтезируются управляющие воздействия по перегрузке $n_s^*(V_k)$, на втором этапе, на основе силовых характеристик ВС (6,7,8), определяются законы управления рулями $\delta_i, i = \varepsilon, n, v$:

$$\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x^* \\ n_y^* \\ n_z^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{23} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} n_1 - \frac{P}{G} \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} = \frac{qS}{G} D_{cv}^c \begin{bmatrix} c_{1a} \\ c_{2a} \\ c_{3a} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} c_{1a} &= c_{10}(\alpha, M) + A_H c_{2a}^2 + c_1^{\delta \varepsilon}(\alpha) \delta_\varepsilon + c_1^{\delta \varepsilon}(\alpha) \delta_\varepsilon, \\ c_{2a} &= c_{20}(\alpha, M) + c_2^{\delta \varepsilon}(\alpha) \delta_\varepsilon + c_2^\varphi(\alpha) \varphi + c_2^{\delta \varepsilon}(\alpha) \delta_\varepsilon + c_2^{\delta \mu \nu}(\alpha) \delta_{\mu \nu} + c_2^{\delta \eta \rho}(\alpha) \delta_{\eta \rho}, \\ c_{3a} &= c_3^{\delta \eta}(\alpha, \beta) \delta_\eta + c_3^\beta(\alpha, \beta) \beta + c_3^{\delta \varepsilon}(\alpha) \delta_\varepsilon, \end{aligned} \quad (8)$$

Законы управления перегрузок $n_s^*(V_k)$ по каждой степени свободы получаем, используя метод простого градиента

$$\frac{dn_s^*(V_k)}{dt} = - \sum_{j=1}^3 \tilde{r}_{sj} \frac{\partial G(n^*)}{\partial n_j}, \tilde{r}_{sj} = const. \quad (9)$$

Согласно (3), (5) компоненты градиента (9) равны

$$\frac{\partial G(n^*)}{\partial n_j^*} = g(V_{kj}^* - V_{kj}) \quad (10)$$

Подставив (10) в (9) и проинтегрировав полученное выражение, получим значения потребных значений перегрузки по осям траекторной СК:

$$n_S^*(V_k) = \sum_{j=1}^3 r_{Sj} (V_{kS}^* - V_{kS}) \quad (11)$$

где $r_{Sj} = g\tilde{r}_{Sj}$, требуемые значения V_{kS}^* вычисляются из эталонной модели (4).

Структура матрицы $R=//r_{sj}//$ определяется характером перекрёстных связей по управляющим воздействиям в (8) и имеет вид (12):

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & 0 \\ r_{21} & 0 & 0 \\ 0 & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1^{\delta\theta}(\alpha) & c_1^{\delta\varphi}(\alpha) & 0 \\ c_2^{\delta\theta}(\alpha) & 0 & 0 \\ 0 & c_3^{\delta\theta}(\alpha) & c_3^{\delta n}(\alpha, \beta) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Управляющие воздействия δ_i определяются из уравнений (6), (7) и (8). С одной стороны, из уравнений (7) вычисляем коэффициенты аэродинамических сил

$$\frac{mg}{qS} (D_{c\theta}^c)^{-1} \begin{bmatrix} -\frac{P}{G} + n_1^* + \varepsilon_{21} \\ n_2^* + \varepsilon_{22} \\ n_3^* + \varepsilon_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1a} \\ c_{2a} \\ c_{3a} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

где

$$D_{c\theta}^c = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ -\cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix}^T, \alpha = -\arctg\left(\frac{V_y}{V_x}\right), \beta = \arcsin\left(\frac{V_z}{V}\right),$$

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2}, \quad \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{kx} \\ V_{ky} \\ V_{kz} \end{bmatrix} - (D_{cn}^c)^T \begin{bmatrix} \Delta W_x \\ \Delta W_y \\ \Delta W_z \end{bmatrix},$$

$[\Delta W_x \quad \Delta W_y \quad \Delta W_z]^T$ - компоненты вектора скорости, вычисленные в нормальной СК,

$$\varepsilon = D_{cn}^c = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \vartheta & \sin \gamma \sin \phi - \cos \gamma \cos \phi \sin \vartheta & \cos \gamma \sin \phi + \sin \gamma \cos \phi \sin \vartheta \\ \sin \vartheta & \cos \gamma \cos \vartheta & -\sin \gamma \cos \vartheta \\ -\sin \phi \cos \vartheta & \sin \gamma \cos \phi + \cos \gamma \sin \phi \sin \vartheta & \cos \gamma \cos \phi - \sin \gamma \sin \phi \sin \vartheta \end{bmatrix}$$

- направляющие косинусы скоростной СК относительно нормальной СК.

В уравнениях (8), неизвестными являются отклонения рулей δ_i , которые определяются через вычисленные (13) значения коэффициентов аэродинамических сил:

$$\delta_\theta = \frac{c_{2a} - c_{20}(\alpha, M) - c_2^\varphi(\alpha)\varphi - c_2^{\delta\theta}(\alpha)\delta_\theta - c_2^{\delta m_{\text{ти}}}(\alpha)\delta_{m_{\text{ти}}} - c_2^{\delta n_p}(\alpha)\delta_{n_p}}{c_2^{\delta\theta}(\alpha)},$$

$$\delta_\varphi = \frac{c_{1a} - c_{10}(\alpha, M) - A_n c_{2a}^2 - c_1^{\delta\theta}(\alpha)\delta_\theta}{c_1^{\delta\varphi}(\alpha)}, \quad \delta_n = \frac{c_{3a} - c_3^\beta(\alpha, \beta)\beta - c_3^{\delta\theta}(\alpha)\delta_\theta}{c_3^{\delta n}(\alpha, \beta)}, \quad (14)$$

Синтезированные ЗУ (14) формируются как функции, зависящие от перегрузок, то есть $\delta_\theta = \delta_\theta(n_y), \delta_\varphi = \delta_\varphi(n_x, n_y), \delta_n = \delta_n(n_y, n_z)$ или, другими словами, как зависимости от управляющих сил $F_i (i = x, y, z)$.

2. Решение прямой задачи динамики для пилотажного контура

Прямая задача динамики предполагает на основе синтезированных законов управления (14) определить управляющие аэродинамические моменты M_i ($i=1,2,3 \rightarrow x,y,z$), как функции от угловых скоростей:

$$M_i = qS l m_i, M_2 = qS l m_2, M_3 = qS b_a m_3, \quad (15)$$

$$M_1 = M_1(\omega_1, \omega_2), M_2 = M_2(\omega_1, \omega_2), M_3 = M_3(\omega_3),$$

где

$$m_1 = m_1^{\bar{\omega}_1}(\alpha)\bar{\omega}_1 + m_1^{\bar{\omega}_2}(\alpha)\bar{\omega}_2 + m_1^\beta(\alpha)\beta + m_1^{\delta_n}(\alpha)\delta_n + m_1^{\delta_y}(\alpha)\delta_y, \bar{\omega}_1 = \frac{l\omega_2}{2V};$$

$$m_2 = m_2^{\bar{\omega}_1}(\alpha)\bar{\omega}_1 + m_2^{\bar{\omega}_2}(\alpha)\bar{\omega}_2 + m_2^\beta(\alpha)\beta + m_2^{\delta_n}(\alpha)\delta_n + m_2^{\delta_y}(\alpha)\delta_y, \bar{\omega}_2 = \frac{l\omega_2}{2V};$$

$$m_3 = m_{30}(\alpha) + m_3^\alpha(\alpha)\alpha + m_3^{\bar{\omega}_3}(\alpha)\bar{\omega}_3 + m_3^{\delta_z}(\alpha)\delta_z + m_3^\varphi(\alpha)\varphi, \bar{\omega}_1 = \frac{b_a\omega_3}{V};$$

$$\alpha = -\arctg\left(\frac{V_3}{V}\right), \beta = \arcsin\left(\frac{V_3}{V}\right), V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2}$$

Вращательное движение ЛА описывается динамическими уравнениями Эйлера

$$\begin{bmatrix} I_1 \dot{\alpha} \\ I_2 \dot{\beta} \\ I_3 \dot{\gamma} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (I_3 - I_2)\omega_2\omega_3 \\ (I_1 - I_2)\omega_1\omega_3 \\ (I_2 - I_1)\omega_1\omega_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1(\omega) + M_1 \\ m_2(\omega) + M_2 \\ m_3(\omega) + M_3 \end{bmatrix} \quad (16)$$

где $m_1(\omega) = 0, m_2(\omega) = -c_2\omega_2 - K_{ДВ}\omega_3, m_3(\omega) = -c_3\omega_3 + K_{ДВ}\omega_2$, $m_s(\omega)$ – моменты, характеризующие изменение кинетической энергии вращающихся частей АД и влияние диссипативных сил ($s=1..3$).

Прямая задача динамики формулируется следующим образом.

Известна математическая модель вращательного движения ЛА (16) и её состояние в начальный момент времени

$$\omega_s(0) = \omega_{s0}, \alpha_s(0) = \alpha_{s0}, s = 1..3. \quad (17)$$

Заданы управляющие моменты M_s как функции от ω_s . Требуется найти угловые скорости $\omega_s = \omega_s(t)$, $t \in [t_0, t_k]$.

Решение сформулированной задачи сводится к интегрированию замкнутой регулятором (15) системы (16) с начальными условиями (17).

На основе полученного решения $\omega_s = \omega_s(t)$ аналитически или численно интегрируются уравнения Пуассона

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} & \dot{\beta} & \dot{\gamma} \\ \dot{\alpha} & \dot{\beta} & \dot{\gamma} \\ \dot{\alpha} & \dot{\beta} & \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_3 & -\omega_2 \\ -\omega_3 & 0 & \omega_1 \\ \omega_2 & -\omega_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{21} & \varepsilon_{31} \\ \varepsilon_{12} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{32} \\ \varepsilon_{13} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{33} \end{bmatrix} \quad (18)$$

с начальными условиями $\varepsilon_{ij}(0)$, определяемых балансирующими значениями углов Эйлера: $\mathcal{G}(0) = \mathcal{G}_{ГП}, \gamma(0), \psi(0)$.

Для определения текущих углов Эйлера достаточно использовать 3 элемента матрицы направляющих косинусов:

$$\mathcal{G} = \arcsin \varepsilon_{21}, \gamma = \arccos\left(\frac{\varepsilon_{22}}{\cos \mathcal{G}}\right); \psi = \arccos\left(\frac{\varepsilon_{11}}{\cos \mathcal{G}}\right). \quad (19)$$

Характерным свойством плоско-симметричного ЛА является зеркальность геометрических преобразований и преобразований энергии движения.

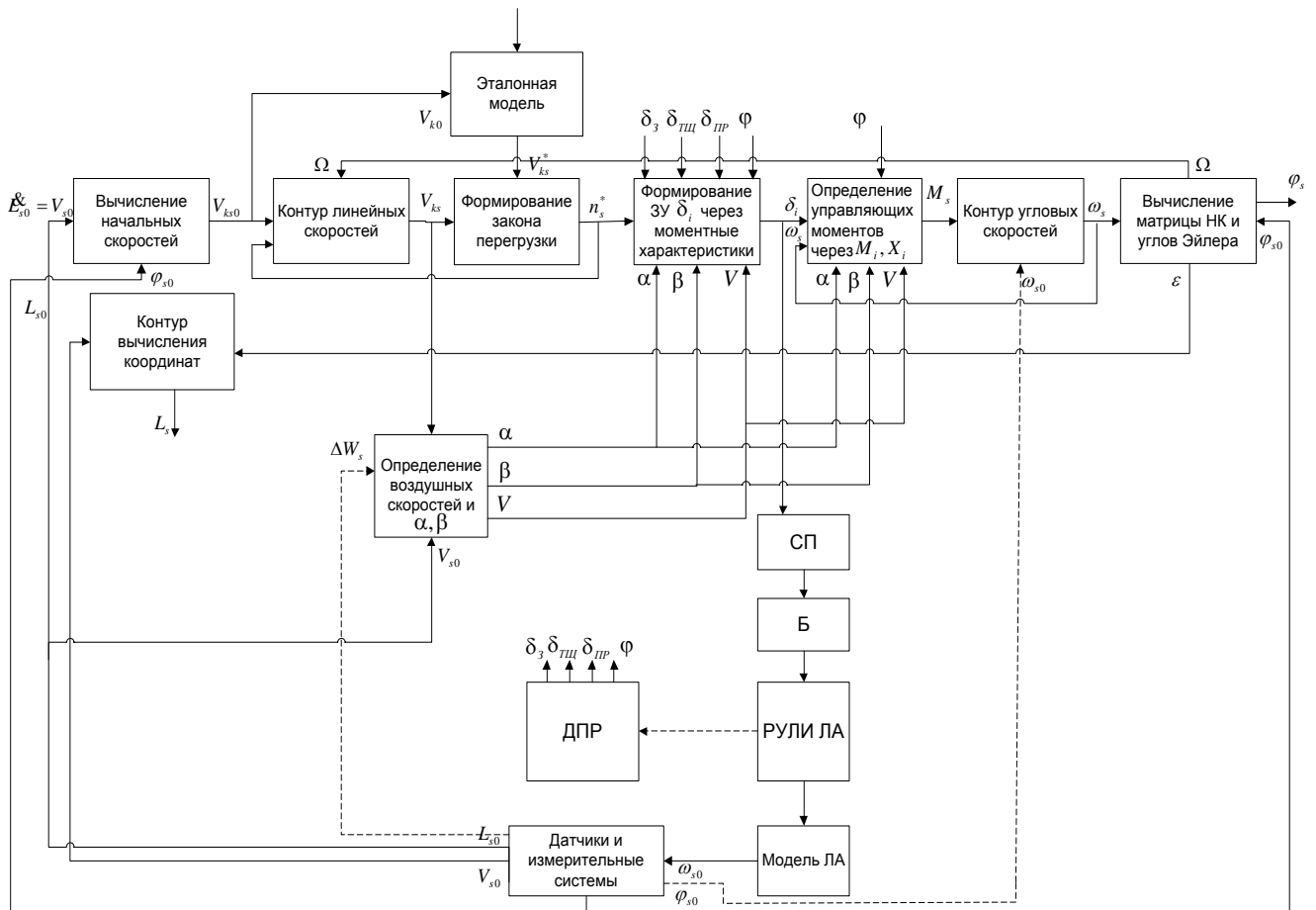


Рис. 1- Функциональная схема контура управления ВС, построенного через оптимизацию методом ОЗД линейных скоростей

С учётом сказанного на основе формул, приведенных выше, а также математических зависимостей, определяющих оптимизацию траекторного контура, может быть построена функциональная схема, определяющая архитектурный облик перспективной нелинейной САУ самолётов (рис. 1).

В сравнении с контуром управления через оптимизацию вращательного движения методом ОЗД, приведенного в [1], данный контур построен через оптимизацию методом ОЗД линейных скоростей. Очевидно, что при их построении нужно учитывать специфику решаемых задач пилотирования. В таких режимах полёта как выполнение различных виражей, а также в режимах стабилизации горизонтального полёта, приведения к горизонту и др. целесообразно оптимизировать контур угловых скоростей. В режимах траекторного управления (полёт по маршруту и др.) необходимо использовать оптимизацию контура линейных скоростей.

Таким образом, применение концепций обратных задач динамики в сочетании с организацией контуров управления по принципу симметрии (содержание обратной и прямой задачи динамики обратимо относительно синтезируемых управлений по силовым и моментным характеристикам) позволяет научно обосновано решить важную техническую проблему построения нелинейных САУ ВС.

Литература

1. Сизых В.Н., Диль В.Ф. Синтез нелинейных двухуровневых систем автоматического управления воздушного судна. Сборник докладов по результатам XLV заочной научной конференции International Research Journal, Международный научно-исследовательский журнал, №11 (42) 2015 г, декабрь, ч.2, г. Екатеринбург, – С. 92-98.
2. Красовский А.А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. М.: Наука, 1973. – 240с.
3. Бюшгенс Г.С. Студнев Р.В. Динамика продольного и бокового движения. М: Машиностроение, 1979. – 350с.
4. Ефремов А.В., Захарченко В.Ф., Овчаренко В.Н. и др. под ред. Бюшгенс Г.С.. Динамика полета. М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
5. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. М.: Машиностроение, 2004. – 576с.
6. Красовский А.А. Динамика непрерывных самонастраивающихся систем, Физматгиз, 1963. – 467с.
7. Буков В. Н., Сизых В. Н. Метод и алгоритмы решения сингулярно-вырожденных задач аналитического конструирования регуляторов // Изв. АН. Теория и системы управления. М.: 2001, №5. С.43-61.

References

1. Szykh V.N., Dill V.F. Synthesis of non-linear two-level automatic control system of the aircraft. The collection of reports on the results of the correspondence XLV scientific conference International Research Journal, №11 (42) 2015, December, part 2, Ekaterinburg, - S. 92-98.
2. Krasovsky A.A. Systems of an automatic flight control and their analytical designing. M.: Science, 1973. – 240 p.

3. Byushgens G. S. Studnev of R. V. Dynamics of longitudinal and lateral motion. M.: Mechanical engineering, 1979. – 350 p.
4. Efremov A.V., Zakharchenko V. F., Ovcharenko V. N. Dynamics of flight. M.: Mechanical engineering, 2011. – 776 p.
5. Krutko P. D. The inversed problems of dynamics in the theory of automatic control. M.: Mechanical engineering, 2004. – 576 p.
6. Krasovsky A.A. The dynamics of continuous adaptive systems, Fizmatgiz, 1963. – 467 p.
7. Bukov V. N., Sizykh V. N. Metod and algorithms of the solution of singular and singular problems of analytical designing of regulators//Izv. AN. Theory and control systems. M.: 2001, No. 5. – S. 43-61.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.062

Егорова Ю. Б.¹, Давыденко Л. В.², Мамонов И. М.³¹Профессор, доктор технических наук, ²Доцент, кандидат технических наук, ³Доцент, кандидат технических наук,^{1,3}Ступинский филиал ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национально-исследовательский университет), ² ФГБОУ ВО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМОРФНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЛИТКОВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ***Аннотация*

Статистически исследовано влияние химического состава (содержания легирующих элементов, примесей, структурных эквивалентов по алюминию и молибдену) на температуру полиморфного превращения (ТПП) промышленных слитков титановых сплавов. Установлено, что для стабилизации разброса ТПП в пределах партии однотипных слитков, изготовленных из одного сплава, необходимо, чтобы величина суммарных колебаний химического состава, эквивалентного алюминию и молибдену, была на уровне не более 2,5 %.

Ключевые слова: титан и его сплавы, химический состав, температура полиморфного превращения.

Egorova Yu. B.¹, Davydenko L. B.², Mamonov I. M.³¹Professor, the Doctor of Engineering, ²Dotsent, Candidate of Technical Sciences, ³Dotsent, Candidate of Technical Sciences, ^{1,3} Stupinsky FGBOU VO branch "Moscow aviation institute (national and research university), ² FGBOU VO

"Moscow state machine-building university (MAMI)"

RESEARCH OF STABILITY OF TEMPERATURE OF POLYMORPHIC TRANSFORMATION OF INDUSTRIAL INGOTS OF TITANIUM ALLOYS*Abstract*

Influence of a chemical composition (the maintenance of the alloying elements, impurity, structural equivalents on aluminum and molybdenum) on the temperature of polymorphic transformation (TPT) of industrial ingots of titanium alloys is statistically investigated. It is established that within party of the same ingots made of one alloy it is necessary for stabilization of dispersion of TPT that the size of total fluctuations of a chemical composition equivalent to aluminum and molybdenum was at the level of no more than 2,5%.

Keywords: titanium and his alloys, chemical composition, temperature of polymorphic transformation.

Температура $\alpha+\beta/\beta$ -перехода или температура полиморфного превращения (ТПП) является важной физической и технологической характеристикой титановых сплавов. Вместе с тем из-за колебаний химического состава ТПП может различаться для разных плавов одного сплава на 30-60°C.

Цель настоящей работы состояла в статистическом исследовании температуры полиморфного превращения промышленных слитков титановых сплавов в зависимости от химического состава. Объектами исследования послужили более 3000 промышленных слитков титановых сплавов разных классов, изготовленных в 1970-85 и 2000-2014 годах. Слитки были выплавлены методом двойного (2ВДП) и тройного вакуумного дугового переплава (3ВДП), а также гарнисажным + тройным вакуумным дуговым переплавом (ГВДП). Часть слитков была дополнительно легирована кислородом.

Статистическую обработку проводили с помощью ППП «Stadia» [1]. Контроль качества слитков был проведен в соответствии с рекомендациями ГОСТ 50779.10-2000, ГОСТ 50779.11-2000, ГОСТ 50779.21-2004, ГОСТ 50779.42-99, ГОСТ 50779.44-2001 и требованиями руководства сертификационного центра «Материал» Р СЦМ-04 «Оценка качества авиационных материалов/полуфабрикатов при сертификации их производства». Также была осуществлена корреляционная оценка доли вариации ТПП, обусловленная колебаниями химического состава.

В 2000-2014 гг. сузился разброс содержания алюминия и других легирующих компонентов, а также повысилась однородность слитков по сравнению с 1970-ми гг., при этом практически для всех исследованных сплавов среднее содержание алюминия, диапазон значений и «трех-сигмовый» интервал сдвинулись к верхнему пределу поля допуска на ~0,3-0,5 % масс. Это может в ряде случаев привести к браку по верхнему пределу [2,3]. Практически для всех слитков, не легированных кислородом, и в 1970-х, и в настоящее время наблюдаются значительные колебания содержания примесей (коэффициент вариации $V=15-50\%$), что значительно превышает требования Руководства Р СЦМ-04-2010 ($\leq 15\%$). Вместе с тем можно отметить, что в 2000-2014 гг. процесс производства слитков в целом является стабильным по разбросу легирующих элементов (индексы воспроизводимости $C_p > 1,33$), но наблюдается нестабильность содержания алюминия, кислорода и некоторых основных компонентов по положению среднего. Так как индексы C_{pk} лежат в интервале 0,67-1,33, процесс можно считать в целом и стабильным, и управляемым, но он требует дополнительного анализа и корректировки среднего содержания.

Для частных партий сплавов была статистически проанализирована зависимость ТПП от года выпуска. С 1970 по 2014 гг. трехзначный интервал сдвинулся в сторону меньших значений, а среднее значение снизилось на 20-30°C (табл. 1) несмотря на то, что в слитках наблюдается рост содержания алюминия.

Таблица 1 – Содержание примесей и температура полиморфного превращения слитков титановых сплавов BT6 и BT3-1, выплавленных с 1970 по 2014 гг.

Сплав	Год	Кол-во слитков	O, %	N, %	C, %	$[Al]_{экв}^{сmp}$, %	Т _{ПП} , °C	
							среднее	S***
BT3-1	1970-75	223	0,12	0,02	0,025	1,85	990	15
	1980-85	125	0,08	0,02	0,02	1,4	978	8
	2000-2011	67	0,055	0,01	0,02	0,95	972	10
	2005-2011	278*	0,12	0,005	0,013	1,43	985	6
BT6	1970-85	245	0,13	0,022	0,03	2,04	994	12
	2005-2014	86	0,05	0,01	0,02	0,9	963	10
	2000-2002	70*	0,15	0,01	0,02	1,9	995	7
	1999	100**	0,16	0,01	0,01	1,9	982	5

Примечания: * - микролегирование кислородом, слитки 2ВДП; ** - микролегирование кислородом, слитки 3ВДП; *** S - стандартное отклонение.

Это, скорее всего, связано с повышением чистоты титановой губки. Так, среднее содержание кислорода и азота уменьшилось почти в 2,0 - 2,2 раза: с 0,12-13 до 0,05-0,06 % м. и 0,02 до 0,01 % м. соответственно, а содержание углерода снизилось в 1,5-2,0 раза (табл. 1). Это привело к уменьшению суммарного содержания примесей, выраженного через эквивалент по алюминию $[Al]_{экв}^{сmp}$, с ~2,0 до ~1,0%. Дополнительное легирование кислородом слитков, изготовленных в 2000-х годах, привело к повышению средней температуры полиморфного превращения до уровня 1970-1980 годов (табл. 1).

На основе корреляционного анализа зависимости ТПП от химического состава слитков было установлено, что коэффициент множественной корреляции R существенно зависит от однородности химического состава в объеме частной партии (табл. 2).

В том случае, когда суммарные колебания легирующих элементов и примесей, выраженные через эквиваленты по алюминию и молибдену $[Al]_{экв}^{сmp}$ и $[Mo]_{экв}^{сmp}$, менее 6S~2,4-2,5%, а стандартное отклонение S менее ~0,4%, коэффициент множественной корреляции R принимает значения, меньшие 0,5, и является статистически незначимым. В этом случае изменение химического состава в таких довольно узких пределах не влияет на ТПП слитков, а колебания ТПП могут быть обусловлены другими факторами, в частности, конкретными методиками измерения ТПП (например, проведения термической обработки и металлографического анализа), неоднородностью химического состава слитков и образцов, человеческим фактором и т.п.

Таблица 2 – Результаты корреляционного анализа зависимости ТПП от эквивалентов по алюминию и молибдену $[Al]_{экв}^{сmp}$ и $[Mo]_{экв}^{сmp}$

Сплав	Кол-во слитков	Стандартное отклонение				R*	Доля вариации, R ² ·100%
		$[Al]_{экв}^{сmp}$, %	$[Mo]_{экв}^{сmp}$, %	$[Al]_{экв}^{сmp} + [Mo]_{экв}^{сmp}$, %	Т _{ПП} , °C		
BT20	25	0,32	0,35	0,58	16	0,51	26
BT9	18	0,29	0,14	0,28	10	0,44	19
Grade 5	26	0,35	0,21	0,41	7	0,31	10
	160**	0,65	1,10	1,4	20	0,68	46
	186*****	0,25	0,28	0,48	11	0,53	28
BT6	245	0,56	0,22	0,68	12	0,58	34
	86	0,45	0,16	0,40	9	0,33	11
	70**	0,35	0,21	0,38	7	0,35	12
	99***	0,54	0,20	0,60	10	0,65	42
	100**	0,21	0,11	0,23	5	0,25	6
	530*****	0,26	0,27	0,51	9	0,56	31
BT3-1	348	0,30	1,00	1,2	15	0,82	67
	67	0,16	0,20	0,28	10	0,16	3
	278**	0,20	0,26	0,41	6	0,41	17
	10*****	0,90	1,10	1,5	25	0,92	85
	703*****	0,27	0,38	0,52	8	0,57	33

Примечание: * - жирным выделены значимые коэффициенты множественной корреляции, ** - микролегированы кислородом, слитки ВДП; *** - часть слитков микролегирована кислородом; ***** - слитки легированы кислородом и основными компонентами по минимуму и максимуму диапазона легирования [3]; ***** - объединены все слитки сплава.

Если разница между максимальными и минимальными значениями $[Al]_{экв}^{ср}$ и $[Mo]_{экв}^{ср}$ достигает $6S=4-5\%$ и более, а стандартное отклонение превышает $0,7\%$, то коэффициент корреляции принимает значения $R>0,7$, а доля вариации ТПП, обусловленная влиянием химического состава, выраженного через эквиваленты по алюминию и молибдену, составляет более 50% . При $S\approx 0,4\div 0,7\%$ коэффициент множественной корреляции лежит в интервале «нестабильности» и может принимать значения $R\approx 0,3\div 0,7$, которые со статистической точки зрения могут быть как значимыми, так и незначимыми. Поэтому для стабилизации разброса ТПП в пределах партии однотипных слитков, изготовленных из одного сплава, необходимо, чтобы величина суммарных колебаний химического состава, эквивалентного алюминию и молибдену, была на уровне $6S\leq 2,5\%$.

Литература

1. Кулаичев А.П. Методы и средства анализа данных в среде Windows. Stadia 6.0. М: Информатика и компьютеры, 1996. – С. 257.
2. Егорова Ю.Б., Полькин И.С., Давыденко Л.В. Статистическая оценка свойств титановых сплавов // Технология легких сплавов. – 2015. – №1. – С. 27-36.
3. Егорова Ю.Б., Полькин И.С., Давыденко Л.В. Возможности повышения качества поковок дисков сплава ВТ6 путем корректировки химического состава // Технология легких сплавов. – 2015. – № 3. – С. 65-71.

References

1. Kulaichev A.P. Metodi i sredstva analiza danih v srede Windows. Stadia 6.0. M: Informatika i kompjuteri, 1996. – Pp. 257.
2. Egorova Yu.B., Polkin I.S., Davydenko L.V. Statisticheskaya ocenka svoystv titanovih spлавov // Tehnologiya legkih spлавov. – 2015. – №1. – P. 27-36.
3. Egorova Yu.B., Polkin I.S., Davydenko L.V. Vozmoghnosti povisheniya kachestva pokovok diskov сплава VT6 putem korrekcirovki himicheskogo sostava // Tehnologiya legkih spлавov. – 2015. – №3. – P. 65-71.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.123

Жернаков С.В.¹, Гаврилов Г.Н.²

¹ Доктор технических наук, профессор ² Аспирант,

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ПРОГРАММ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ (ОС) ANDROID

Аннотация

В данной работе поставлена цель повышения эффективности обнаружения вредоносных программ в ОС для мобильных устройств (на примере ОС Android). Она была решена разработкой методики на основе машины опорных векторов и нечеткой логики.

Ключевые слова: Android; вредоносная программа; машина опорных векторов; нечетная логика.

Zhernakov S. V. ¹, Gavrillov G. N. ²

¹PhD in Engineering, prof., ²postgraduate student, Ufa State Aviation Technical University

APPLICATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGY TO DETECT MALWARE IN THE OPERATING SYSTEM (OS) ANDROID

Abstract

In this paper we set the objective of increasing the efficiency of detection of malicious software in the operating system for mobile devices (for example, the Android OS). It was achieved by developing a technique based on support vector machines and fuzzy logic.

Keywords: Android, malicious software, support vector machines, fuzzy logic.

ОС для мобильных устройств типа Android “нацелена” на охват широкого круга пользователей. В настоящее время она занимает 75-80% рынка всех мобильных устройств. Она имеет широкие возможности за счет минимального количества ограничений по отношению перечню доступных функций, что отрицательно влияет на защищенность. Данная ОС имеет открытый исходный код, большую свободу действий в отношении доступных функциональных возможностей. Данные факторы и прочие уязвимости, присутствующие в ОС данного типа являются удобным способом для распространения и “заражения” вредоносными программами. Популярность и развитие современной сети Интернет позволяет с большой скоростью распространить программы данного типа на множество мобильных устройств. Таким образом, угроза со стороны вредоносных программ является актуальной проблемой в данной области. Встроенная модель безопасности ОС типа Android имеет надежные механизмы защиты, но обладает рядом недостатков по отношению к вредоносным программам [1]. Сторонние антивирусные программы, работающие по классическому методу, основанному на сигнатурном анализе, обладают недостатком, согласно которому новая или модифицированная вредоносная программа при отсутствии в антивирусной базе сигнатур не будет обнаружена. Вышеизложенное послужило поводом для исследований в области обнаружения вредоносных программ на основе их поведенческого характера.

Цель данной работы повышение эффективности обнаружения вредоносных программ в ОС для мобильных устройств типа Android путем разработки методики обнаружения вредоносных программ на основе их поведения.

Анализ поведенческого характера вредоносных программ

С целью выделения признаков необходимых для описания поведения вредоносных программ был выполнен анализ перечня разрешений системы разрешений, системных вызовов и формализация кода образцов вредоносных программ

ОС для мобильных устройств [9]. Согласно полученным данным была разработана экспериментальная выборка описывающая поведение как вредоносных так безопасных программ. Фрагмент выборки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Фрагмент обучающей выборки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	162	163	164	165
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	1	40	70	ok
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	11	ok
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	95	10	virus
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	41	0	virus
...
95	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	...	0	42	12	virus
96	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	...	0	41	11	virus
97	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	...	0	41	10	ok
98	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	1	39	9	ok
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	1	38	8	ok
100	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	36	7	ok

Таблица 1 представляет собой экспериментальную выборку, заданную в бинарной форме (0 – отсутствует, 1 – присутствует) и включает в себя 100 векторов поведения программ. Столбцы с 1 по 10 содержат в себе информацию о выявленных в процессе формализации признаках программ. С 10 по 162 список всех разрешений. Столбец 163 и 164 содержат в себе значения, полученные путем анализа используемых системных процессов в ОС для мобильных устройств.

Постановка задачи. Задача обнаружения сводится к задаче классификации предложенной экспериментальной выборке описывающей признаки того или иного типа программ. Для выбора наиболее подходящего метода классификации были проведены эксперименты с применением классических, нейросетевых методов, а также машины опорных векторов.

Пусть X — множество программ, Y — множество состоящее из двух классов: virus, ok. В качестве метрики выбрано Евклидово расстояние между объектами.

$$p(x, x') = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2 \right)^{1/2}$$

Задана конечная экспериментальная выборка объектов.

$$X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$$

Требуется разбить выборку на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике p , а объекты разных кластеров существенно отличались. При этом каждому объекту $x_i \in X^m$ приписывается номер кластера y_i [31, 36].

Решение задачи: Требуется определить функцию $a: X \rightarrow Y$, которая любому объекту $x \in X$ ставит в соответствие номер кластера $y \in Y$. Множество Y в некоторых случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное число кластеров, с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации.

В качестве критерия точности и качества работы классификаторов будем использовать следующую формулу:

$$OK = \frac{ЧО \times 100}{ЧН},$$

где ОК – общий процент, как вредоносных, так и безопасных программ ошибки классификации;

ЧН – суммарное число наблюдений;

ЧО – число ошибок классификации.

Методика обнаружения вредоносных программ

На основе проделанных экспериментов был предложен метод обнаружения вредоносных программ на основе машины опорных векторов. Поскольку данный метод на фоне большого уровня помех, то есть размытости кластеров совершает ошибки классификации, была задействована нечеткая логика [3, 5], позволяющая выполнять дополнительную классификацию, то есть выполнить коррекцию, а также дополнить результат работы машины опорных векторов с учетом сильных помех. Метод обнаружения вредоносных программ объединяет в себе связку двух методов: машина опорных векторов и нечеткая логика [4].

В качестве входных данных выступает разработанная экспериментальная выборка, а также на ней производится обучение машины опорных векторов. В состав обучающей выборки вошли 67 составленных векторов программ. Тестовая выборка включала в себя 33 вектора программ с внесением изменений с целью усложнить задачу обнаружения вредоносных программ. Далее формализуются дополнительные признаки и задаются в виде функций принадлежности для нечеткой логики. В состав функций принадлежности также входит результат предсказания

машиной опорных векторов. Затем формируется база правил для корректного функционирования нечеткой логики. На основании всех признаков и работы машины опорных векторов получаем результат, выраженный в процентах.

Алгоритм функционирования метода обнаружения вредоносных программ состоит из следующих шагов: извлечение и формирование вектора признаков из программы — подается вектор признаков программы (вредоносная или безопасная программа) на вход SVM-классификатора — осуществляется классификация машиной опорных векторов на два класса *virus* и *ok* — результат классификации и дополнительные признаки, заданные в виде функций, подаются блоку система поддержки принятия решений — на основании правил производится анализ результатов — выводится результат в процентах.

На основе предложенного метода был разработан исследовательский прототип программы, который представляет собой программу имитирующую поведение двух типов программ, условий и помех, собирающую статистику и ведущую журнал событий. Главное окно программы представлено на рисунке 2.

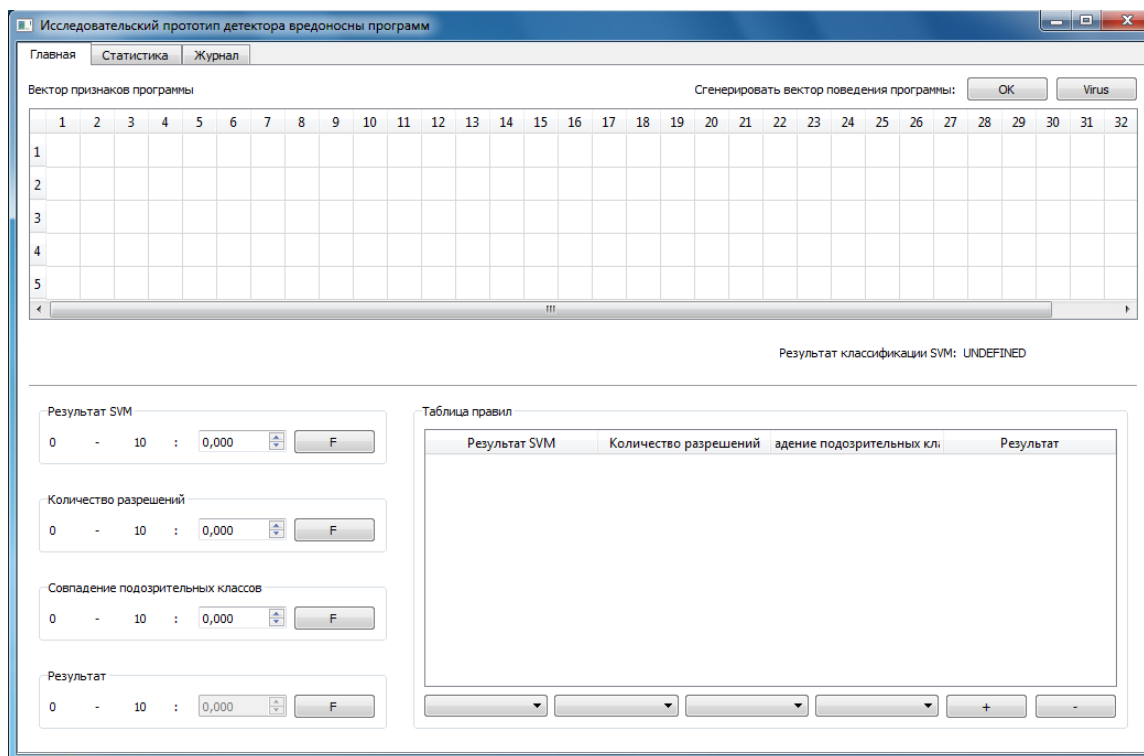


Рис. 2 – Главное окно программы

С целью проверки эффективности работы разработанных методов был проведен эксперимент с классификацией 100 типов программ и сравнение полученных результатов с существующими в настоящее время антивирусными программами.

Заключение

Можно сделать вывод, что антивирусные программы обладают плохой эффективностью обнаружения новых вредоносных программ [6], результат лучшего составил 60%, средний результат по всем рассматриваемым образцам составил 23,4%. Разработанный исследовательский прототип модели системы обнаружения вредоносных программ показал лучший результат в 80% и сравнительно небольшое количество ложных срабатываний равное в количестве 8 программ из 100 рассматриваемых образцов, что составило 19,35%, но при этом не учитывался результат работы аппарата нечеткой логики, который выполнил уточнение и коррекцию результат путем дополнительной классификации. Машина опорных векторов ошиблась, выдав вредоносную программу за безопасную, но нечеткая логика показала результат: подозрительная 45% и опасная 65%, таким образом, дополнив работу машины опорных векторов и улучшив показатели эффективности обнаружения. Следовательно, предложенный метод обнаружения вредоносных программ позволяет выполнять обнаружение путем анализа поведенческого характера программ, а также увеличить эффективность обнаружения, что положительно сказалось на защите информации в целом. Данный метод позволяет своевременно обнаружить и нейтрализовать угрозу со стороны как новых так уже имеющихся типов вредоносных программ, а также может выступать в дополнении к уже имеющимся классическим методам обнаружения.

Литература

1. Жернаков С.В., Гаврилов Г.Н. Обзор современного состояния защиты информации в мобильных системах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016, № 2. С. 171–176. [S.V. Zhernakov, G.N. Gavrilo, "Overview of the current state of information security in mobile systems" (in Russian), in *Vestnik BGTU V.G. Shukhov*, vol. 2, pp. 171-176, 2016.] [file:///D:/Documents/Downloads/2_2016_1.pdf]
2. Жернаков С.В., Гаврилов Г.Н. Детектирование вредоносного программного обеспечения с применением классических и нейросетевых методов классификации // Вестник ВГУИТ. 2015, № 4. С. 85–92. [S.V. Zhernakov, G.N. Gavrilo, "Detection of malicious software using classical and neural network classification methods" (in Russian), in *Vestnik VGUIP*, vol. 4, pp. 85-92, 2015.] [file:///D:/Documents/Downloads/node800.pdf]

2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с. [Andreychikov A.V., Andreichikova O.N. Intelligent information systems: Textbook, (in Russian). Moscow: Finance and Statistics, 2004.]
3. Васильев В.И. Интеллектуальные системы защиты информации: Учебное пособие. М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 2013. – 82 с. [Vasilyev V.I. Intelligent protection of information systems: Textbook. Moscow: ENGINEERING, 2013.]
4. Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4: Учеб. пособие для вузов. М.: ИИРЖР, 2001. – 178 с. [Golovko V.A. Neural networks: education, organization and application. Bk. 4: Proc. manual for schools. Moscow: IIRZHR, 2001.]
5. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013 – 179 с. [Zach Yu Decision-making in a fuzzy and blurry data: Fuzzy-technology. Moscow: LIBROKOM, 2013.]
6. Сравнения антивирусов, DLP и других средств защиты [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anti-malware.ru/compare?????!!!!> (дата обращения: 18.02.2016). [Comparisons antivirus, DLP and other remedies [Online], (in Russian). Available: <http://www.anti-malware.ru/compare?????!!!!>]
9. Ken Dunham, Shane Hartman, Manu Quintans, Jose Andre Morales, Tim Strazzere. Android Malware and Analysis. NY, CRCPress, 2015. 91 p

References

1. Zhernakov S.V., Gavrilov G.N. Obzor sovremennogo sostojanija zashhity informacii v mobil'nyh sistemah // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2016, № 2. S. 171–176. [S.V. Zhernakov, G.N. Gavrilov, “Overview of the current state of information security in mobile systems” (in Russian), in Vestnik BGTU V.G. Shukhov, vol. 2, pp. 171-176, 2016.] [file:///D:/Documents/Downloads/2_2016_1.pdf]
2. Zhernakov S.V., Gavrilov G.N. Detektirovanie vredonosnogo programmogo obespechenija s primeneniem klassicheskikh i nejrosetevykh metodov klassifikacii // Vestnik VGUIT. 2015, № 4. S. 85–92. [S.V. Zhernakov, G.N. Gavrilov, “Detection of malicious software using classical and neural network classification methods” (in Russian), in Vestnik VGUIT, vol. 4, pp. 85-92, 2015.] [file:///D:/Documents/Downloads/node800.pdf]
3. Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Uchebnik. M.: Finansy i statistika, 2004. – 424 s. [Andreychikov A.V., Andreichikova O.N. Intelligent information systems: Textbook, (in Russian). Moscow: Finance and Statistics, 2004.]
4. Vasil'ev V.I. Intellektual'nye sistemy zashhity informacii: Uchebnoe posobie. M.: MASHINOSTROENIE, 2013. – 82 s. [Vasilyev V.I. Intelligent protection of information systems: Textbook. Moscow: ENGINEERING, 2013.]
5. Golovko V.A. Nejronnye seti: obuchenie, organizacija i primenenie. Kn. 4: Ucheb. posobie dlja vuzov. M.: IIRZhR, 2001. – 178 s. [Golovko V.A. Neural networks: education, organization and application. Bk. 4: Proc. manual for schools. Moscow: IIRZHR, 2001.]
6. Zak Ju.A. Prinjatie reshenij v uslovijah nechetkih i razmytyh dannyh: Fuzzy-tehnologii. – M.: LIBROKOM, 2013 – 179 s. [Zach Yu Decision-making in a fuzzy and blurry data: Fuzzy-technology. Moscow: LIBROKOM, 2013.]
7. Arp D., Spreitzenbarth M., Hubner M., Gascon H., Rieck K. DREBIN: Effective and Explainable Detection of Android Malware in Your Pocket. NDSS Symposium 2014, Switzerland, 2014, vol. 4, no. 1. Available at: <https://user.informatik.uni-goettingen.de/~krieck/docs/2014-ndss.pdf> (Accessed 08 March 2015).
8. Sanz B., Santos I., Nieves J., Laorden C., Alonso-Gonzalez I., G. Bringas P. MADS: Malicious android applications detection through string analysis. Network and System Security, Springer Berlin Heidelberg, 2011, vol. 5, no. Available at: http://www.researchgate.net/publication/256194745_MADS_Malicious_Android_Applications_Detection_through_String_Analysis (Accessed 08 March 2015).

DOAJ

Все материалы, опубликованные в Международном научно-исследовательском журнале, размещаются в депозитарии научных изданий Университета Лунда.
DOAJ (Лунд, Швеция) [<http://www.doaj.org/>].

Таким образом, публикации наших авторов доступны еще большему кругу исследователей, что повышает их статус и увеличивает возможность цитирования.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.253

Жернова А.П.¹, Юнусов А.Ф.², Никишин В.Н.³¹Аспирант, ²Аспирант, ³Доктор технических наук, доцент Казанский Федеральный Университет**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ МАСЛА НА ПЕРЕГРЕВ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ****Аннотация**

В статье рассмотрено – обзор предназначения и устройства раздаточных коробок полноприводного автомобиля. При эксплуатации автомобилей выявился регулярный отказ раздаточных коробок. В ходе дефектовки были выявленные характерные внешние изменения всех внутренних поверхностей раздаточной коробки. Проведены дальнейшие испытания по оценке влияния уровня масла, заливаемого в раздаточную коробку, на перегрев коробки.

Ключевые слова: раздаточная коробка, перегрев, испытания.

Zhernova A.P.¹, Yunusov A.F.², Nikishin V.N.³¹Postgraduate student, ²Postgraduate student, ³PhD in Engineering, Associate professor, Kazan Federal University**STUDY THE IMPACT OF THE OIL LEVEL IN THE TRANSFER GEARBOX OVERHEATING****Abstract**

The article considers overheating of the transfer case AWD vehicle damage resulting from operation at elevated temperatures, as well as conducting research on elimination of causes. When using the car revealed a regular failure of transfer cases. During Troubleshooting were identified characteristic external changes all internal surfaces of the transfer case. Further tests were carried out to assess the level of impact of oil poured into the transfer case, overheating of the box.

Keywords: transfer case, overheating, tests, oil.

Раздаточная коробка предназначена для распределения крутящего момента между несколькими ведущими мостами полноприводных (многоприводных) автомобилей, которые имеют высокие опорно-сцепные качества, что достигается путем оптимального распределения массы на ведущие колеса.

Раздаточная коробка предусматривает два режима движения автомобиля: по бездорожью, в раздаточной коробке включается низшая передача, и по дорогам общего пользования, в раздаточной коробке включается высшая передача.

Обычно раздаточную коробку устанавливают в трансмиссии автомобиля за коробкой передач, соединяя их карданной передачей. При этом раздаточную коробку одновременно используют в качестве демультипликатора (если диапазона передаточных чисел основной коробки передач недостаточно для многоприводного автомобиля), что дает возможность увеличить силу тяги, повысить проходимость и тем самым расширить возможность использования тягово-скоростных качеств автомобиля в различных дорожных условиях.

У автомобилей, имеющих раздаточные коробки с заблокированным приводом, передний мост подключается периодически (в тяжелых дорожных условиях). Однако при этом через трансмиссию может передаваться циркулирующая мощность. Отключение привода переднего моста исключает возможность такой циркуляции. Оно осуществляется принудительно или автоматически (например, с помощью муфты свободного хода).

При использовании раздаточных коробок с дифференциальным приводом передний мост постоянно включен, так как возможность циркуляции мощности здесь исключена, но обязательно должно быть устройство для блокировки дифференциала - при буксовании одного из колес и незаблокированном межколесном дифференциале движение автомобиля невозможно.

Для обеспечения дифференциального привода в раздаточной коробке может быть использован симметричный или несимметричный дифференциал.

Симметричный дифференциал применяется в том случае, если в полноприводном двухосном автомобиле сцепной вес делится между мостами примерно поровну.

В полноприводных трехосных автомобилях, где вертикальная нагрузка на передний мост составляет приблизительно половину нагрузки на заднюю тележку, дифференциальный привод должен распределять момент между передним мостом и мостами тележки в соответствующей пропорции. Такое распределение осуществляется при помощи несимметричного дифференциала.

Рассматривается полноприводный автомобиль специального назначения с колесной формулой 6х6 и гидропневматической независимой подвеской. На рассматриваемых автомобилях устанавливается раздаточная коробка с передаточными числами: — первая передача — 1,593; — вторая передача — 0,872.

Переключение передач и привод блокировки дифференциала — пневматические, управление краном с места водителя, блокировка может включаться автоматически и управляется с помощью электронного блока управления блокировкой дифференциалов или вручную (с рабочего места водителя).

Межосевой дифференциал: планетарный с цилиндрическими колесами несимметричный, распределяет поток мощности в пропорции: на задний мост – 33,3%, на передние мосты – 66,7%

Возможный отбор мощности:

- задний торец РК с промежуточного вала РК 81 кВт (110 л.с.)

- задний торец РК с первичного вала РК 162 кВт (220 л.с.)

Ресурс раздаточной коробки не менее 500000 км.

Управление раздаточной коробкой

Раздаточная коробка управляется пневмокраном, переключатель которой расположен на панели приборов.

Переключатель раздаточной коробки (рис. 8.3) имеет три фиксированных положения, каждому из которых соответствует передача раздаточной коробки:



Рис.1-Переключатель раздаточной коробки.

- верхнее - повышенная передача;
- среднее - нейтраль;
- нижнее - пониженная передача.

При движении по дорогам с твердым покрытием используется повышенная передача. Пониженную передачу надо включать при движении по труднопроходимым участкам пути, а также при преодолении крутых подъемов и бродов.

Переключать передачи можно только после полной остановки автомобиля и при нейтральном положении рычага переключения передач в коробке передач.

Включение нейтрали в раздаточной коробке при работающем двигателе и включенной передаче в коробке передач запрещается.

Управление блокировкой межосевого и межколесного дифференциалов.

Блокировку следует включать непосредственно перед преодолением сложных участков пути (вязкий грунт, скользкая грязная дорога).

Дифференциал необходимо блокировать, когда имеется разность в величинах сил сцепления колес, между которыми он установлен.

Блокировку следует включать непосредственно перед преодолением сложных участков пути (вязкий грунт, препятствия, скользкая грязная дорога).

При выезде на твердую сухую дорогу блокировку необходимо выключить, так как движение с включенной блокировкой может привести к поломке деталей главной передачи.

При эксплуатации автомобилей выявился регулярный отказ раздаточных коробок. В ходе дефектовки были выявленные характерные внешние изменения всех внутренних поверхностей раздаточной коробки.



Рис.2 - Повреждения РК

В ходе стендовых испытаний был выявлен перегрев раздаточных коробок : за 20 минут работы при скорости вращения около 2000 мин⁻¹, корпус РК нагревается до температуры 115⁰ С

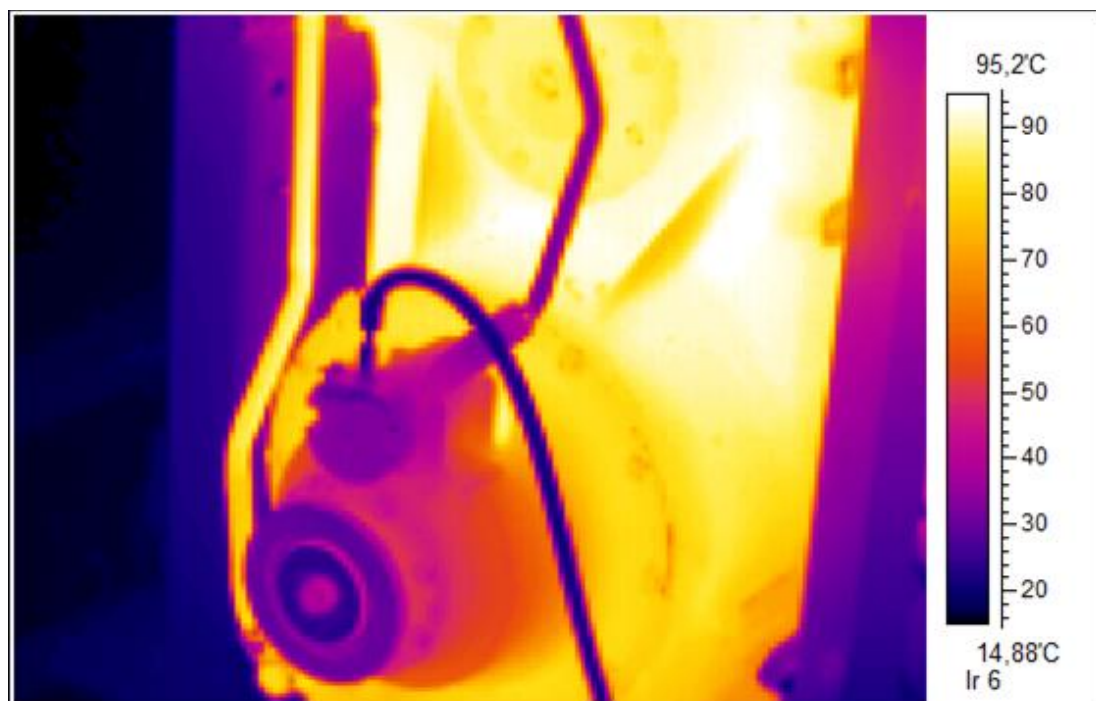


Рис.3 – Результаты нагрева на тепловизоре

Проведены дальнейшие испытания по оценке влияния уровня масла, заливаемого в раздаточную коробку, на перегрев коробки.

Была представлена раздаточная коробка в сборе с главной передачей переднего второго моста.

Испытания проводились с использованием основного насоса раздаточной коробки путем периодического увеличения объема масла в картере раздаточной коробки с 4 до 12 литров.

Основной режим испытаний: - в РК включена высшая передача, дифференциалы РК и главной передачи заблокированы, частота вращения входного вала РК - 2000 мин⁻¹. Нагрев регистрируется тепловизором в зонах максимальных температур РК и главной передачи. Испытания проводятся до достижения температуры нагрева (125-130) °С. Результаты измерений нагрева дифференциала РК и главной передачи показаны в таблице 1 и графике

Таблица 1 – Оценка влияния объема заливаемого масла на нагрев зон дифференциала раздаточной коробки и главной передачи

Объем масла в РК, л	Температура нагрева °С за время нагрева						Примечание
	Дифференциал			Гл. передача			
	1 час	1,5 час	>1,5 часа	1 час	1,5 час	> 1,5 часа	
4	105	115	116 за 1ч 40´	113	124	125 за 1ч 40´	В ГП объем масла по контрольному уровню ≈10,5 л
5	103	111	114 за 1ч 50´	112	124	130 за 1ч 50´	
6	100	109	110 за 1ч 40´	111	123	125 за 1ч 40´	
7	102	110	-	115	127	-	
8	104	114 за 1ч 30´	-	115	127 за 1ч 30´	-	
9	110	126	-	115	130	-	
10	114	130 за 1ч 20´	-	116	127 за 1ч 20´	-	
11	130	-	-	116	-	-	
12	130 за 50´	-	-	110 за 50´	-	-	
7	100	105	110 за 2ч 10´	105	117	124 за 2ч 10´	В ГП 9 л масла
	100	108	113 за 1ч 50´	112	123	128 за 1ч 50´	В ГП 10 л масла

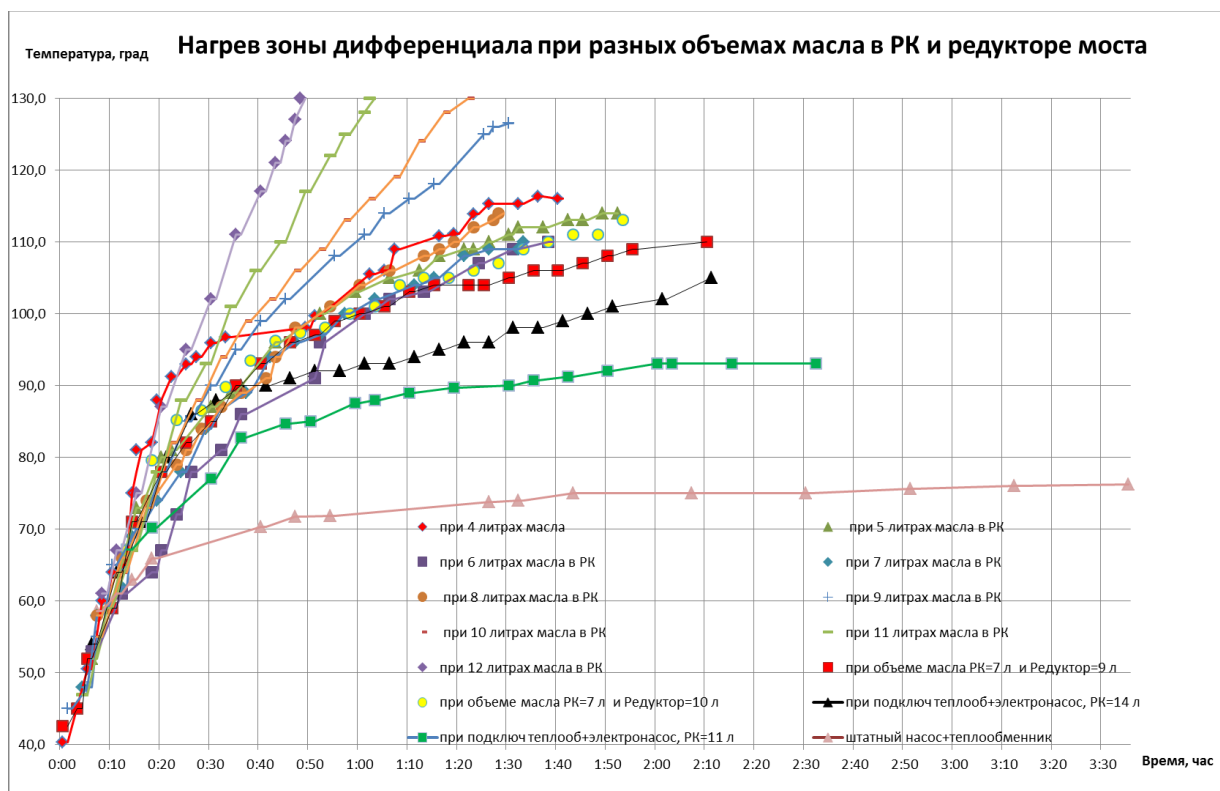


Рис.4 – График нагрева зоны дифференциала

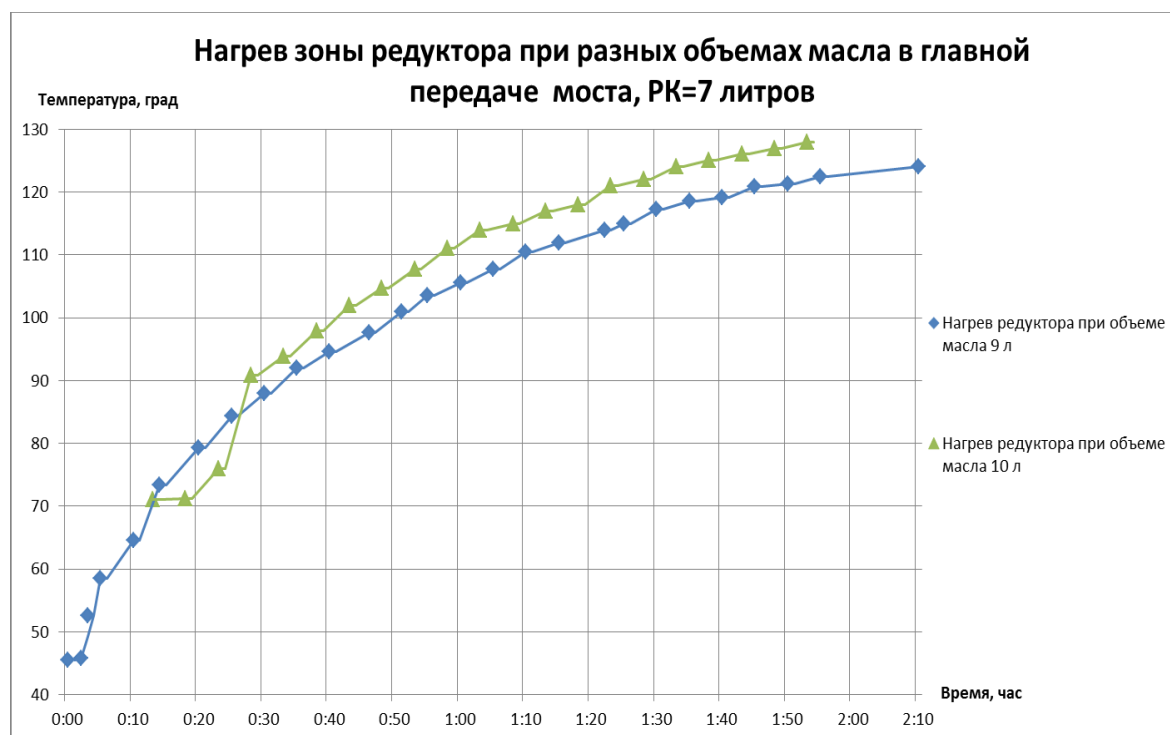


Рис.5 – График нагрева зоны редуктора



Рис.6 – График зависимости перегрева от количества заливаемого масла

Таким образом, наименьший нагрев зоны дифференциала РК был отмечен при объеме залитого масла 7 литров, с учетом масла, оставшегося в карманах РК, общий объем масла составил около 8 литров.

Наименьший нагрев главной передачи был отмечен при объеме залитого масла 9 литров, с учетом остатков масла во внутренних полостях, общий объем масла составит около 9,5 литров. Так как главная передача является с раздаточной коробкой цельным узлом, замедление роста температуры (без стабилизации) в главной передаче привело к снижению роста температуры и в раздаточной коробке.

В результате исследований было определено, что уровень масла влияет на характер повышения температуры узлов. Опытным путем при работе узлов без повышенной нагрузки определено, что оптимальными значениями объема масла являются – для раздаточной коробки – 8 литров, для главной передачи – 9,5 литров.

Но стабилизации температуры нагрева РК и главной передачи не получено. В связи с этим необходимо проводить дополнительный комплекс испытаний, а также рассматривать варианты дополнительной системы охлаждения.

Литература

1. В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. Прочность и износостойкость деталей машин. М.:Высшая школа, 1991.- 319 с.

References

1. V.P. Kogaev, Ju.N. Drozdov. Prochnost' i iznosostojkost' detalej mashin. M.:Vysshaja shkola, 1991.- 319 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.045

Жуковский Ю.Л.¹, Пеленев Д.Н.²¹Кандидат технических наук, доцент, ²Аспирант,

кафедра электроэнергетики и электромеханики, Санкт-Петербургский горный университет

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ НЕЙТРАЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-35 кВ
ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА****Аннотация**

Рассмотрены основные принципы формирования системы адаптивного управления режимом нейтрали. Основной задачей предложенной системы является сведение к минимуму ущербов от однофазных замыканий на землю за счет своевременного селективного выявления поврежденного присоединения и быстрой локализации замыкания на землю путем снижения величины и длительности воздействия перенапряжений на изоляцию линий сети.

Ключевые слова: защита от замыканий на землю, перенапряжение, инвариантность, заземляющий резистор.

Zhukovsky Yu.L.¹, Pelenev D.N.²¹ PhD in Engineering, Associate professor, ² Postgraduate student, St. Petersburg Mining University**ADAPTIVE MANAGEMENT OF THE NEUTRAL MODE OF DISTRIBUTIVE NETWORKS 6-35 kV
OF THE ENTERPRISES MINERAL AND RAW COMPLEX****Abstract**

The basic principles of formation system adaptive management of the neutral mode are considered. The main objective of the offered system is minimizing of damages from single-phase short circuits on the earth due to timely selective identification of the damaged accession and fast localization of short circuit on the earth by decrease in size and duration of impact retention on isolation of lines network.

Keywords: ground-fault protection, power surge, invariance, earthing resistor

Организация эффективной защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в распределительных сетях 6-35 кВ предприятий минерально-сырьевого комплекса является основной задачей в части обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей ввиду того, что большинство нарушений нормальной работы этих сетей связано с повреждением изоляции относительно земли. ОЗЗ носят случайный характер, однако в большинстве случаев они происходят через переходное сопротивление, величина которого может достигать 7 кОм и более. Переходное сопротивление, как параметр контура тока нулевой последовательности снижает чувствительность защиты от ОЗЗ и является причиной ее неработоспособности в условиях эксплуатации.

На рис. 1 представлен характерный случай однофазного замыкания на землю через переходное сопротивление в разветвленной кабельной сети 6 кВ промышленного предприятия.

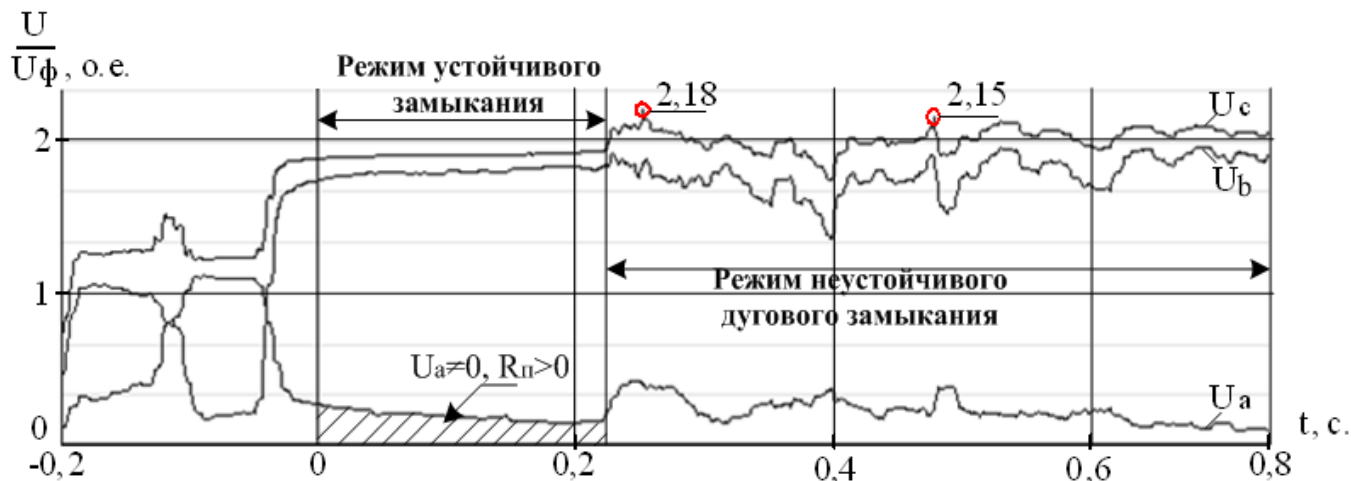


Рис.1 –Зависимости, отражающие характер изменения во времени величин напряжения поврежденной фазы (U_a), неповрежденных фаз (U_b , U_c) при ОЗЗ в кабельной сети 6 кВ.

Из рис 1 видно, что наличие переходного сопротивления в месте замыкания фазы электрической сети на землю стало причиной того, что защита от ОЗЗ не смогла селективно выявить поврежденное присоединение, что впоследствии привело к переходу режима устойчивого замыкания в режим дугового замыкания на землю с перенапряжениями на неповрежденных фазах, кратность которых составила 2,15 и 2,18 по отношению к нормальному фазному напряжению. Такой режим замыкания на землю представляет серьезную опасность для изоляции всего электрооборудования, что обуславливает необходимость в разработке мероприятий, направленных на повышение селективности и обеспечение инвариантности действия защиты от ОЗЗ по отношению к параметрам контура тока нулевой последовательности, а также на снижение величины и длительности перенапряжений в сети.

Одним из возможных вариантов решения проблемы замыкания через переходное сопротивление является применение инвариантной токовой защиты, в которой реализован алгоритм оценки степени неполноты замыкания на землю (величины переходного сопротивления) и последующей коррекции контролируемых токов нулевой

последовательности защищаемых линий до величин, при которых обеспечивается необходимая селективность работы защиты от ОЗЗ[1].

На рис. 2 представлены характеристики, отражающие работу инвариантной и обычной ненаправленной токовых защит от ОЗЗ в условиях вариации переходного сопротивления в месте замыкания на землю.

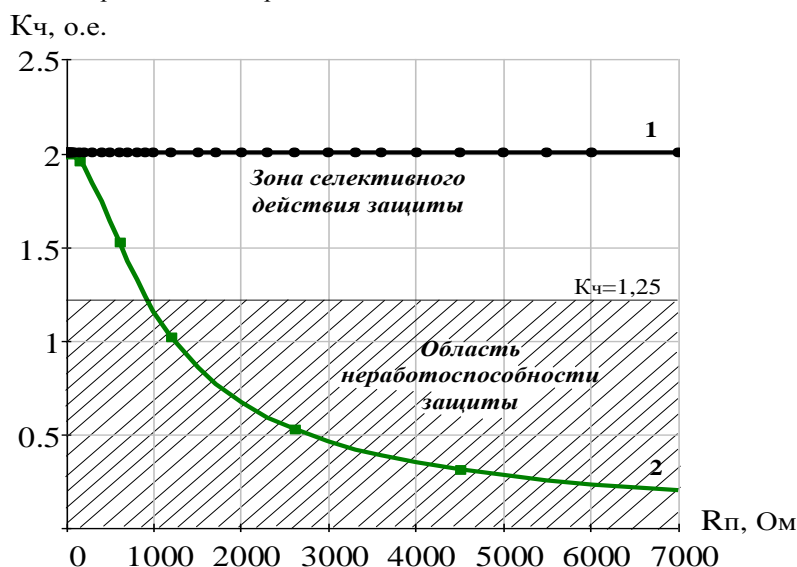


Рис. 2. Зависимости коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}}$ токовой защиты от переходного сопротивления $R_{\text{п}}$ в месте замыкания на землю:

- 1 – инвариантная токовая защита;
2 – обычная ненаправленная токовая защита.

Из рис. 2 следует, что при применении инвариантной токовой защиты (1), в сравнении с обычной ненаправленной токовой защитой (2), коэффициент чувствительности защиты при изменении величины переходного сопротивления в месте замыкания на землю остается неизменным и равен величине $K_{\text{ч}}$ при металлическом замыкании ($R_{\text{п}}=0$). Это говорит о том, что инвариантная защита от ОЗЗ способна селективно выявлять поврежденное присоединение вне зависимости от величины переходного сопротивления в месте замыкания на землю.

Для снижения величины и длительности воздействия перенапряжений на изоляцию электрооборудования при неустойчивом дуговом замыкании представляется целесообразным включение в нейтраль заземляющего резистора и регулирование его величины с целью быстрого перехода режима замыкания на землю в устойчивую фазу при условии, что длительность и интенсивность воздействия резистивного заземления на режим определяются по контролируемым параметрам развивающегося переходного процесса. Этими параметрами являются: величина тока замыкания на землю, напряжения поврежденной и неповрежденных фаз, напряжение нулевой последовательности.

Управление величиной резистора в цепи заземления нейтрали должно осуществляться согласно следующим требованиям:

1) при включении заземляющего резистора в нейтраль, величина активного тока $I_{\text{а}}$, создаваемого им равна емкостному току сети $I_{\text{с}}$. Далее величина активного тока быстро увеличивается вплоть до перехода режима неустойчивого замыкания в устойчивую фазу горения дуги. При этом после каждого дискретного увеличения активного тока в месте повреждения необходимо измерять величину напряжения на поврежденной фазе с целью определения стадии развития процесса;

2) после перехода режима замыкания в устойчивую фазу величина накладываемого активного тока устанавливается на значении $I_{\text{а}}=I_{\text{с}}$, при котором обеспечивается селективное действие защиты от ОЗЗ;

3) после срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю цепь заземляющего резистора размыкается.

Реализовать указанные требования управления резистором в нейтрали можно с помощью устройства, которое позволяет осуществлять последовательную коммутацию секций заземляющего резистора тиристорными ключами [2].

Представленные мероприятия по повышению селективности действия защиты от ОЗЗ и снижению величины воздействия перенапряжений на электрическую сеть предложено объединить в систему адаптивного управления режимом нейтрали (рис. 3).



Рис. 3 – Обобщенная структурная схема системы адаптивного управления режимом нейтрали

Предложенная система в процессе функционирования выполняет три основные операции: непрерывный сбор информации о процессах, определяющих появление в сети замыкания на землю, выбор алгоритма действия на основе полученной информации и формирование информационно-управляющих воздействий, направленных на быструю локализацию однофазного замыкания на землю.

Анализ полученных данных и формирование на их основе информационно-управляющих воздействий включают в себя: определение вида ОЗЗ (перемежающееся дуговое или устойчивое) на основе измеренных величин напряжений на нейтрали и фазных напряжений; селективное выявление поврежденной линии; проверка возможности отключения поврежденного присоединения, исходя из категории по надежности электроснабжения потребителей.

Алгоритм действия предложенной системы представлен на рис. 4, из которого следует, что в процессе работы предложенная система осуществляет непрерывный мониторинг указанных параметров, определяющих появление в электрической сети ОЗЗ с последующей идентификацией вида этого повреждения. При наличии неустойчивого дугового замыкания в сети в нейтраль включается заземляющий резистор и осуществляется регулирование его величины с целью быстрого перехода режима ОЗЗ в стадию устойчивого горения дуги. Таким образом, обеспечивается локализация однофазного замыкания на землю. Селективное выявление поврежденной линии и фазы осуществляется за счет применения инвариантной токовой защиты.

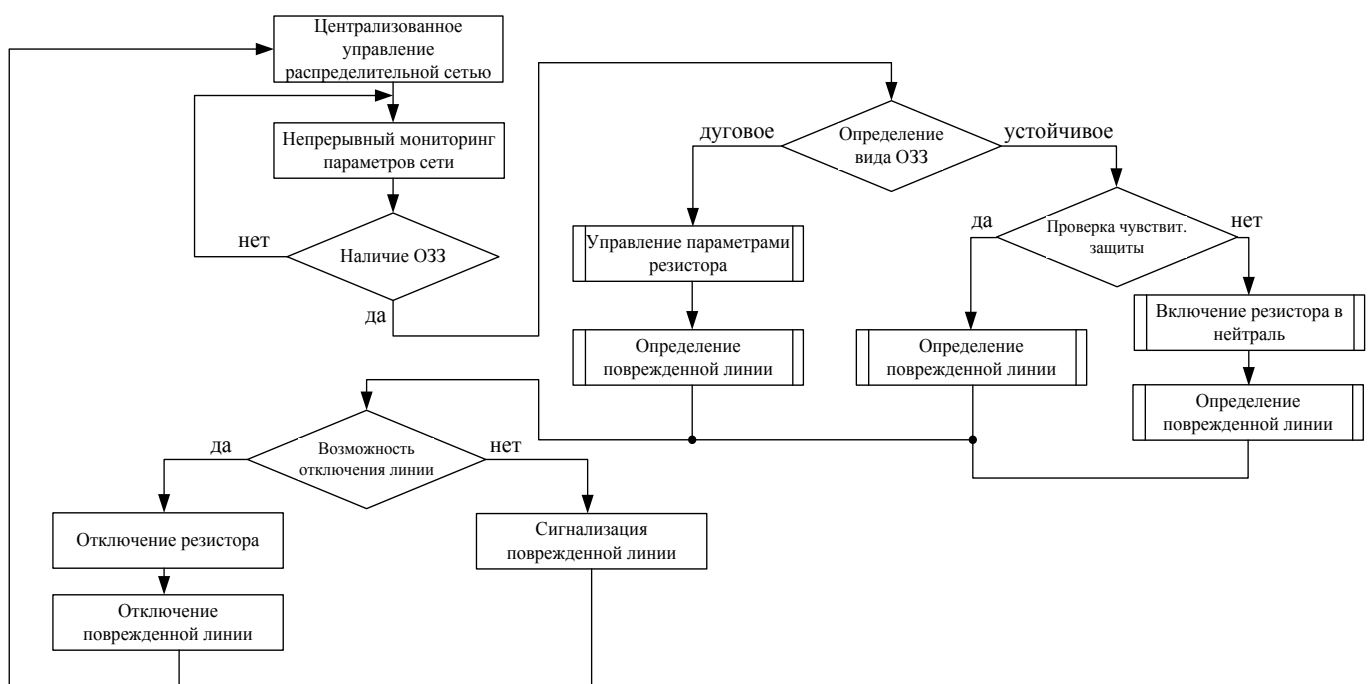


Рис. 4 – Алгоритм действия системы адаптивного управления режимом нейтрали

Поскольку при устойчивом замыкании на землю перенапряжения на неповрежденных фазах практически не возникают, регулирование параметров цепи резистора не представляется целесообразным. Однако в случае недостаточной чувствительности токовой защиты в цепь нейтрали необходимо включить резистор, настроенный по условию $I_d = I_c$. После чего, алгоритм действия предложенной системы заключается в селективном выявлении поврежденного присоединения и последующей проверке возможности отключения поврежденной линии.

Таким образом, рассмотренная система адаптивного управления режимом нейтрали позволяет минимизировать ущербы от однофазных замыканий на землю за счет локализации ОЗЗ посредством ограничения величины и длительности воздействия перенапряжений на изоляцию фаз сети и своевременного селективного выявления поврежденного присоединения.

Литература

1. Пеленев Д.Н. Инвариантная токовая защита от однофазных замыканий на землю для электрических сетей 6-35 кВ // Горное оборудование и электромеханика. - М.: Изд. Новые технологии – № 9, 2014 – С. 16-20.
2. Рыжков В.П., Рыжкова Е.Н. Патент на изобретение РК 18942. Способ ограничения дуговых перенапряжений в сетях с компенсацией емкостных токов замыкания на землю. Оpubл. 15.11.2007, бюл.№11.

References

1. Pelenev D.N. Invariantnaya tokovaya zashchita ot odnofaznyh zamykanij na zemlyu dlya ehlektricheskikh setej 6-35 kV // Gornoe oborudovanie i ehlektromekhanika. - M.: Izd. Novye tekhnologii – № 9, 2014 – S. 16-20.
2. Ryzhkov V.P., Ryzhkova E.N. Patent na izobretenie RK 18942. Sposob ograniчениya dugovyh perenapryazhenij v setyah s kompensaciej emkostnyh tokov zamykaniya na zemlyu. Opubl. 15.11.2007, byul.№11.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.107

Кабулова М.Ю.¹, Рехвиашвили Э.И.², Гревцова С.А.³, Айлярова М.К.⁴

¹Кандидат биологических наук, доцент; ²доктор биологических наук, профессор; ³кандидат биологических наук, доцент; ⁴старший преподаватель.

Горский Государственный Аграрный Университет

ДИАГРАММА ПАРЕТО КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация

Качество и безопасность пищевой продукции является важным фактором повышения эффективности производства. Применение статистических методов управления качеством позволяет предприятиям своевременно выявить и устранить дефекты, возникающие в ходе производственного процесса. Одним из таких методов является принцип Парето. Сущность принципа Парето состоит в том, что наибольший эффект приносит сосредоточение внимания и усилий на малочисленных критических, жизненно важных факторах, в то время как малозначительными, многочисленными факторами можно пренебречь. Используя методiku Парето, проведен анализ несоответствий по качеству творога.

Ключевые слова: качество, диаграмма Парето, статистическое управление качеством.

Kabulova M.J.¹, Rehviashvili E.I.², Grevtsova S.A.³, Ailyrova M.K.⁴

¹PhD in Biology; ²PhD in Biology, professor; ³PhD in Biology; ⁴Senior Lecturer

THE CHART PARETO AS THE INSTRUMENT OF QUALITY MANAGEMENT BY PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS

Abstract

Quality and safety of food products is an important factor of increase of production efficiency. Application of statistical methods of management of quality allows the enterprises to reveal and eliminate in due time the defects arising during production. One of such methods is the Pareto principle. The essence of Pareto principle consists that the greatest effect brings focusing and efforts on small critical, vital factors while insignificant, numerous factors can be neglected. Using Pareto's technique, the analysis of discrepancies on quality of cottage cheese is carried out. Quality and safety of food products is an important factor of increase of production efficiency. Application of statistical methods of management of quality allows the enterprises to reveal and eliminate in due time the defects arising during production. One of such methods is the Pareto principle. The essence of Pareto principle consists that the greatest effect brings focusing and efforts on small critical, vital factors while insignificant, numerous factors can be neglected. Using Pareto's technique, the analysis of discrepancies on quality of cottage cheese is carried out.

Keywords: quality, Pareto's chart, statistical quality management.

Создание продукции, свойства которой позволяют обеспечить удовлетворение многообразных потребностей с минимальными затратами, представляет собой высшую цель и исходную предпосылку управления качеством. Не случайно одним из принципов менеджмента качества, содержащихся в стандартах ИСО 9000 и получивших большое распространение во всем мире, является ориентация на потребителя.

Специалистам, осуществляющим проектирование и производство, управление качеством продукции, формирование ассортимента товаров в торговле, важно знать, что в условиях рыночных отношений все процессы в конечном итоге направлены на удовлетворение потребностей потребителей.

В условиях рыночной экономики, в которых конкурентная борьба фирм на рынки сбыта является по сути борьбой за наиболее эффективное удовлетворение потребностей, именно потребности людей становятся исходным моментом, побудительной силой и стимулом всякого производства. Во многом благодаря им развивается наука, появляются новые изобретения, материалы, конструкции, происходит эволюция форм и методов управления качеством [1].

Для обеспечения соответствия характеристик продукции требованиям необходимо определенным образом регулировать их установление, применение и исполнение.

Контроль и управление качеством продукции независимо от используемых методов прежде всего, предполагает отделение хороших изделий от плохих (годных от негодных). Основное внимание уделяется не выявлению брака (как констатация свершившегося факта), а его предупреждению, тщательному контролю процесса производства.

В нынешних условиях для пищевых предприятий важным фактором успешной деятельности является качество выпускаемой продукции. Победить в конкурентной борьбе производителям помогает не только снижение цен, но и высокие качественные характеристики продукции, способные удовлетворить запросы потребителей.

В питании человека большое значение имеют кисломолочные продукты. Они обладают приятным вкусом, ароматом, лечебными и диетическими свойствами.

Творог представляет собой продукт, который получают из молока путем сквашивания закваской с последующим удалением из полученного сгустка части сыворотки. Пищевые предприятия, производящие творог часто сталкиваются с таким понятием как производственный брак. В таких случаях необходимо своевременно выявить несоответствия по качеству, установить причины возникновения дефектов.

Дефекты кисломолочных продуктов, в том числе творога можно классифицировать на пороки вкуса, запаха, пороки внешнего вида и пороки консистенции.

В ходе эволюции управления качеством было выработано много методов, позволяющих предприятиям выпускать продукцию соответствующую требованиям безопасности и качества. Основными из них являются статистические методы управления процессами [2].

Начало статистическим методам положил в 1924 г. У.Шухарт, разработкой контрольных карт. В дальнейшем появились методы, которые позволяли достоверно и точно оценить состояние продукции, процессов и других объектов управления качеством. Одним из таких методов является диаграмма Парето[1]. Сущность данного метода состоит в том, что наибольший эффект приносит сосредоточение внимания на малочисленных, но жизненно важных факторах. Многочисленные малозначительные факторы можно не учитывать, так как их влияние на процесс не велико. Принцип Парето описывают в виде правила 80/20 : 80% рассматриваемых в определенной ситуации проблем возникает вследствие 20% всех возможных причин.

Диаграмма Парето – это метод, позволяющий раскрыть основные причины возникновения брака на предприятиях. Он представляет собой разновидность столбиковой диаграммы, используемой для наглядного отображения рассматриваемых факторов в порядке уменьшения (возрастания) их значимости [3].

При выполнении диаграммы Парето необходимо выполнить:

1. Сбор необходимой информации.
2. Анализ причин или результатов.
3. Определение значимости полученных данных.
4. Построение диаграммы Парето.

При графическом изображении диаграммы необходимо наиболее важные проблемы располагать в левой части, все остальные – в правой.

Принцип Парето, применяемый нами при производстве творога, позволяет выявить проблемы, а также провести анализ причин, вызывающих эти проблемы.

Применение статистических методов управления качеством должно базироваться на достоверной информации. Начальным этапом использования статистических методов является сбор необходимых данных.

Для сбора, упорядочения и облегчения использования информации служат контрольные листки. Целями сбора данных являются:

1. Контроль, регулирование процесса производства;
2. Анализ отклонений от установленных требований;
3. Контроль качества продукции.

На первом этапе работ нами был проведен сбор данных о дефектах и пороках продукции, путем заполнения специальных листов регистрации дефектов (таблица 1).

Таблица 1 – Контрольный листок регистрации дефектов

№ дефекта	Вид дефекта	Число дефектов	Доля дефектов $m_i / \Sigma m_i$
1	Выделение сыворотки	10	0,1
2	Кормовой привкус	6	0,06
3	Повышенная кислотность	24	0,24
4	Прогорклый вкус	20	0,2
5	Горький вкус	15	0,15
6	Крошливая, сухая консистенция	12	0,12
7	Резинистая консистенция	8	0,08
8	Температура при выходе с предприятия	5	0,05

Последующие расчеты проводились в следующем порядке:

1. Определяется общее число дефектов.
2. Определяется доля – относительная частота появления каждого дефекта.
3. В сумме все относительные частоты должны составлять 1,0.

Полученные результаты позволяют нам решить задачу – определить наиболее часто встречающиеся дефекты при производстве творога.

Далее нами была построена столбчатая диаграмма, высота столбиков которой соответствует количеству каждого вида дефектов.

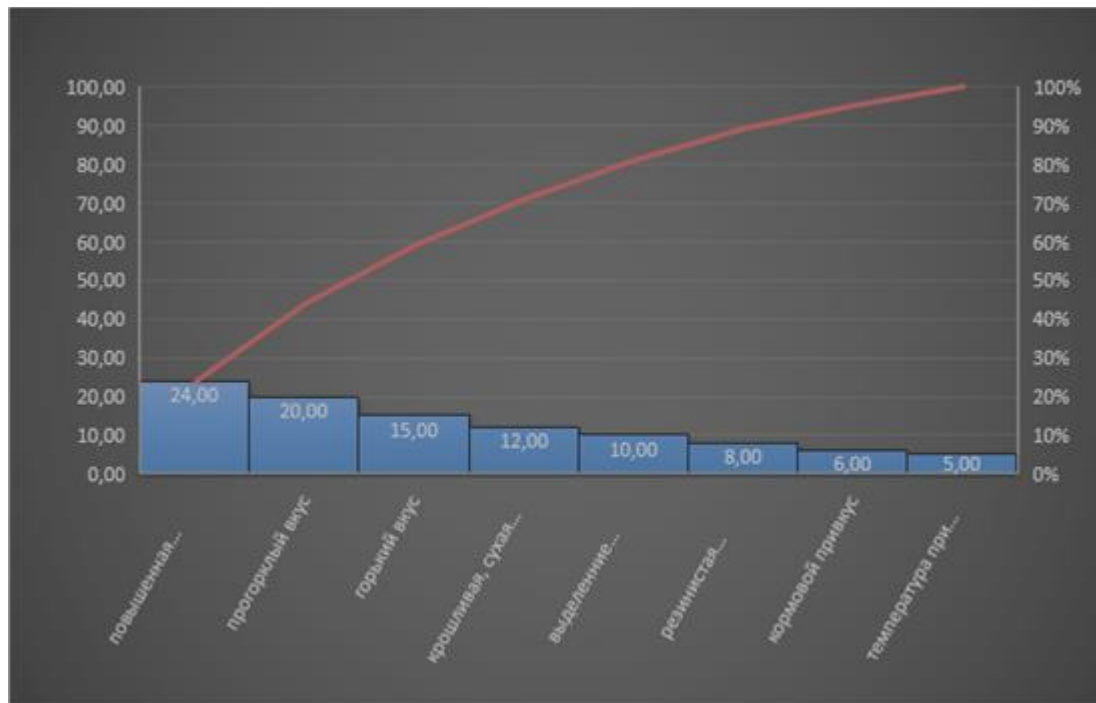


Рис. 1 – Диаграмма Парето для производства творога

По полученным данным нами была построена кумулятивная кривая, показывающая нарастающую долю первого, второго и так далее дефектов.

Из диаграммы Парето видно, что дефект повышенная кислотность составляет - 24 % ; дефект прогорклый вкус - 20%; горький вкус – 15%.

Назовем группу, состоящую из таких дефектов как повышенная кислотность прогорклый вкус, горький вкус – группой А. Группа В – крошливая сухая консистенция, выделение сыворотки, резинистая консистенция. Группа С – кормовой привкус, температура при выходе с предприятия.

Группа А содержит самые значительные дефекты (59%). Группа В – крошливая сухая консистенция, выделение сыворотки, резинистая консистенция – это промежуточная группа (30% от общего числа дефектов). Группа С – прочие дефекты, доля которых незначительна по сравнению с общим числом (11%).

Из проведенного анализа следует, что в первую очередь необходимо жестко контролировать появление дефектов, которые относятся к группе А.

Своевременное выявление и устранение дефектов является важным условием функционирования пищевого предприятия. Используя методику Парето, производители могут выявить наиболее часто встречающиеся дефекты и сконцентрировать свое внимание на их устранении. Дефекты, которые встречаются реже, могут быть устранены позже. Такая организация и планирование работ по устранению недостатков будет более продуктивной для предприятия и принесет высокий экономический эффект.

Литература

1. Михеева, Е.Н. Управление качеством / Е.Н. Михеева, М.В. Сероштан.–М.: Издательско – торговая корпорация «Дашков и К», 2011. –532 с.
2. Тебекин, А.В. Управление качеством / А.В. Тебекин. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 371 с.
3. Мишин, В.М. Управление качеством / В.М. Мишин. – М.: Юнити – Дана, 2007. – 467 с.

References

1. Miheeva, E.N. Upravlenie kachestvom / E.N. Miheeva, M.V. Seroshtan.–M.: Izdatel'sko – trgovaya korporaciya «Dashkov i K», 2011. –532 s.
2. Tebekin, A.V. Upravlenie kachestvom/ A.V. Tebekin. – M.: Izdatel'stvo YUrajt, 2012. – 371 s.
3. Mishin, V.M. Upravlenie kachestvom/ V.M. Mishin. – M.: YUniti – Dana, 2007. – 467 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.122

Калимуллин А. Т.¹, Лесков И. А.², Темников Е. А.³

¹Аспирант, ассистент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, ²Студент 4 курса, Энергетический факультет, ³Студент 4 курса, Энергетический факультет, Омский Государственный Технический Университет, Омск, РФ.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ*Аннотация*

В статье рассмотрены такие актуальные вопросы, как измерение и анализ качества электрической энергии в электрических сетях, ведь качество электроэнергии оказывает значительное влияние на надежность работы электрооборудования и технико-экономические показатели. Показатели качества электроэнергии, выходя за допустимые пределы, в совокупности с другими факторами приводят к экономическим потерям. Также в статье произведена оценка характеристик основных средств измерения показателей качества электроэнергии, требования, предъявляемые Стандартом по измерениям качества электроэнергии. Дана сравнительная характеристика отечественных и зарубежных приборов по измерению показателей качества электрической энергии.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, средства измерения показателей качества электроэнергии, качество электроэнергии.

Kalimullin A.T.¹, Leskov I.A.², Temnikov E.A.³

¹Aspirant assistant of the department of power supply for industrial enterprises, ²Student 4th year, the Energy Department, ³Student 4th year, the Energy Department, Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation.

EVALUATION OF MODERN MEASURING DEVICES POWER QUALITY INDICATORS*Abstract*

The article deals with topical issues such as the measurement and analysis of the quality of electrical energy in electric grids, for power quality has a significant impact on the reliability of the electrical equipment and the technical and economic indicators. Power quality, going beyond the limits, in combination with other factors result in economic losses. The article also evaluated the characteristics of the main tools for measuring power quality, the requirements on the measurement of power quality. Comparative characteristics of domestic and foreign instruments to measure the indicators of quality of electric energy.

Keywords: power quality indicators, measuring power quality, power quality.

Power quality - this is a question the economic and at the same time, the issue of cultural production and consumption - quality of life of society. Electrical energy today is increasingly becoming a commodity, and where the goods there and the quality of goods.

During the operation of electrical networks there are changes of parameters such as the rated frequency, rated sinusoidal voltage and current on the requirements, which are characterized by readings of power quality (PQP). The deterioration of the PQP not only leads to failure of the equipment, its accelerated wear, but also to the loss of information, failures of processes among consumers, the damage from which can sometimes reach up to one million rubles at a time. Poor quality also leads to a direct increase in electricity losses during transmission and consumption. Therefore, the question of adequate QP is now being given more attention [3]. The result was the emergence of new types of instruments for measuring the PQP and executed on the basis of modern microprocessor, as well as development of various PQP monitoring systems.

To ensure the perfect quality of electric energy in real operating conditions, when increasing the share of electricity consumers, which are widely used power semiconductor devices, there is a constant input of new capacities, introduction of energy systems (SES) of alternative energy sources (wind, solar power plants, power plants in the thermal waters), etc., is virtually impossible. Since this will lead to high material costs on continuous monitoring, carry out the necessary measures, the purchase of modern PQP measurements [6]. In this regard, the state standards set permissible levels of some deterioration of the PQP, which largely does not affect the operation of electrical receivers of consumers.

Nomenclature of parameters measured in Russia, describing the PQ, sets GOST 32144-2013. It includes proper PQP (normalized and not normalized) and auxiliary parameters of electric energy.

The standard establishes the following indicators of quality of electric power [2]:

- steady-state voltage deviation δU_y ;
- alteration voltage range δU_t ;
- flicker dose P_t ;
- THD voltage K_U ;
- ratio of the n-th harmonic component of the voltage $K_U(n)$;
- ratio of voltage unbalance on the reverse sequence K_{2U} ;
- voltage unbalance factor for residual K_{OU} ;
- frequency deviation Δf ;
- the duration of a voltage dip t_n ;
- impulse voltage $U_{имп}$;
- relation of temporary overvoltage $K_{пер}U$.

In determining the values used by the PQP following auxiliary power options:

- repetition rate of voltage change $F_{\delta U_t}$;
- interval between voltage changes $\Delta t_{i,i+1}$;

- voltage dip depth δU_{Π} ;
- relative frequency of occurrence of voltage dips F_{Π} ;
- pulse duration at the level of 0.5 of its amplitude $t_{\text{имп}0.5}$;
- duration of the temporary overvoltage $\Delta t_{\text{пер}U}$.

To evaluate compliance with PQP standards specified GOST set minimum billing period is 24 hours, and the recommended period - 7 days. The use of existing means of measurement (MD) allows PQP to solve current problems in the monitoring of the PQP.

MD PQP requirements [7]:

- The ability to use MD in industrial (hard) conditions;
- The ability to control the three-phase (phase-phase) voltage at the same time;
- Additional opportunity to control the phase currents;
- The presence of the recording properties;
- In some cases - the requirements of the relevant Standards.

Values PQ indicators of measurement error should be in the range bounded by the maximum permissible values (Table. 1), the establishment of standards [2].

Table 1 – Measurement error for MD PQP

Power quality , the unit of measurement	Standards PQ (standard items)		The limits of the permissible measurement error PQ index	
	normally admissible	limits	absolute	relative, %
steady-state voltage deviation $\delta U_y, \%$	± 5 (5.2.1)	± 10 (5.2.1)	$\pm 0,5$	—
alteration voltage range $\delta U_t, \%$	—	Curves 1 and 2 in Figure 1 (5.3.1, 5.3.2)	—	± 8
Flicker, rel. units: short P_{st} long P_{Lt}	— —	1,38; 1,0 1,0; 0,74 (5.3.3, 5.3.4)	— —	± 5 ± 5
THD voltage $K_U \%$	According to table 1 (5.4.1)	According to table 1 (5.4.1)	—	± 10
ratio of the n-th harmonic component of the voltage $K_{U(n)}, \%$	According to table 2 (5.4.2)	According to table 2 (5.4.2)	$\pm 0,05$ at $K_{U(n)} < 1,0$	± 5 at $K_{U(n)} \geq 1,0$
ratio of voltage unbalance on the reverse sequence $K_{2U}, \%$	2 (5.5.1)	4 (5.5.1)	$\pm 0,3$	—
voltage unbalance factor for residual $K_{0U}, \%$	2 (5.5.2)	4 (5.5.2)	$\pm 0,5$	—
frequency deviation $\Delta f, \text{Hz}$	$\pm 0,2(5.6.1)$	$\pm 0,4(5.6.1)$	$\pm 0,03$	—
the duration of a voltage dip $\Delta t_{in}, \text{s}$	—	30 (5.7.1)	$\pm 0,01$	—
impulse voltage $U_{\text{имп}}, \text{kilovolt}$	—	—	—	± 10
ratio of temporary overvoltage $K_{\text{пер}U}$, relative units	—	—	—	± 10

Generalized measurement purposes, we distinguish between three [7]:

- express - examination of the electrical network (audit);
- continuous monitoring of the PQP (monitoring);
- survey electrical network in order to identify the causes of decline in the quality of power supply and make necessary recommendations for its improvement.

Audit requires a relatively simple and inexpensive MD PQP. This portable MD. Audit task - identifying anomalies stable electrical networks, those such which occur at relatively short observation time (minutes to several hours).

Monitoring more difficult and requires, in general, more expensive hardware and software solutions. This spatially distributed, as a rule, measurement and information networks with centralized management and monitoring (measuring-computing complexes).

The specialized firms having necessary licenses for carrying out such works conduct examination. They require much more sophisticated, precision, "thin" and feature-rich, much more expensive tools.

In all developed countries, many companies produce electricity grids MD parameters that we can refer to the PQP. These include specialized multimeters, spectrum analyzers, loggers, measuring systems, and more. Table. 2 shows the characteristics of both domestic and foreign MD PQP.

Table 2 – Measured values MD PQP in accordance with GOST 32144-2013

Measured values	ИБК "Омск -М"	Ресурс – UF2M	ЭРИС – КЭ.02	Парма РК3.0 1	Проры в КЭ	FLUK E 435	Metre 1 MI 2792 A	MAVO W ATT 70	SATE C PM17 5	ANALYS T 3Q
The current value of the phase voltages	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
The current value of the phase currents	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Asymmetry coefficient for the negative sequence voltage	+	+	+	+	+	-		+	+	
Asymmetry coefficient for the zero-sequence voltage	+	+	+	+	+	-		+	+	
Sinusoidal voltage distortion factor	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coefficient of n-th harmonic component of voltage	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
fractional harmonic	-	-	-	-	-	-	+	+		
steady-state voltage deviation	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
permissible frequency deviation	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
flicker	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+
alteration voltage range	-	+	+	-	-	+		+	+	+
impulse amplitude	-	-	+	-	-	+		+	+	+
The duration of the voltage dip	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Ratio of temporary overvoltage	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Active/reactive/apparent power	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+	+/+/+
Power factor	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Active/reactive energy	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	-	+/+	+/+	+/+	

Obviously, all the variety of devices has the right to be represented in our market. A number of foreign instruments already has Russian certificates. Domestic appliances are usually intellectually and functionally more complex devices. They immediately developed to meet the Standard. However, their price for our customers is that large.

Consider the generalized structural MD PQP scheme (Figure 1).

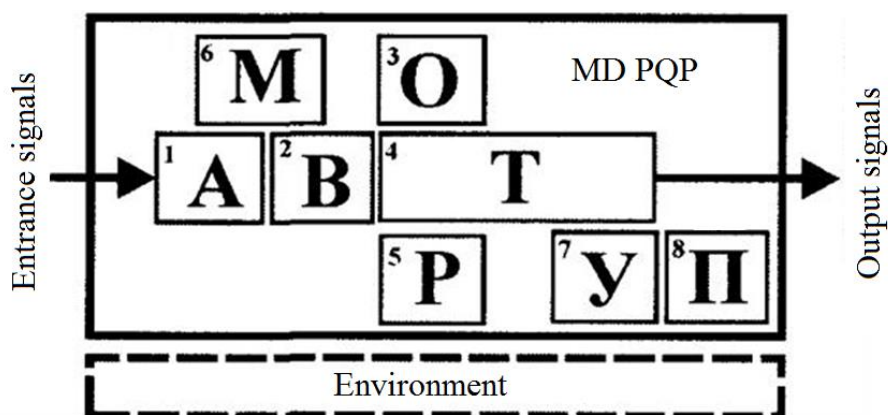


Fig. 1 – Generalized structure MD PQP:

A - device adaptation of the input signals to a digital environment; B - the device is the digital processing of the primary information (computer); O - on the display device; P - device registration information; T - device information broadcast; M - modification of the device operating mode; Y - control device; II - power device.

The main purpose of the MD PQP - separated from the original signals PQP itself. The information obtained or used on-site by the operator O, or passed to the upper level system through T or P is registered for the purpose of deferred consumption. All these functions can in some cases can be performed simultaneously [7].

Structural products scheme supplemented "parasitic" element - the "environment". The most critical part of any MD and MD PQP, in particular, - the measuring channel. It is usually referred to as a group of structural elements, i.e. measurement. In this example, A+B. Where A performs an initial conversion of the input analog signal to a digital - provides the primary input signal into a digital environment. Element B processes the digitized values in order to extract information - indicators of quality of electric energy [7].

Measuring channel determines the metrological properties of the MD. In this case, the element A its "saturates" the structure is mainly an instrumental component of the error, and the element B - methodical.

Naturally, figure 1 at different stages of the design will become more complex.

Catering for MD PQP requires separate serious consideration. The underestimation of the problem can lead to unreliable operation of the product or a substantial reduction in application properties. It should be borne in mind when designing schemes of power that modern power converters are a source of interference for internal MD PQP schemes (especially analog), and for the environment.

The technical side of the problem of expanding the range of MD PQP, as well as a systematic approach to improving the MD situation in the consumer market are given in [7].

International Electrotechnical Commission, in 2008, two instruments operating in the field of PQ were presented [4, 5]:

1. IEC 6100-4-30:2008. Electromagnetic compatibility. Methods of testing and measurement. PQ measurement methods.
2. IEC 6100-4-7:2002. Amendment 1 (2008). Electromagnetic compatibility. Methods of testing and measurement.

General guidance on the measurement of harmonics and interharmonics and instrumentation for power supply systems and equipment connected to it.

Currently issued on the basis of standards of GOST P 51317.4.30-2008 and GOST P 51317.4.7-2008. Under these standards, two classes characterize the measurement process of the PQP:

- class A (advanced);
- class S (observation).

The standard provides PQP measurement ranges separately for MD PQP Class A and Class S. A comparison on a number of PQP reflected in [1]. Based on the above it can be concluded that the Russian market MD PQP although saturated, but slow and expensive devices mainly. The main problems: high price, low level of technical support, and poor theoretical training of technical personnel. An additional difficulty - the virtual absence of literature on the issue is not the quality of electric power, nomenclature and the practice of the MD PQP. MD PQP market is not yet formed and waiting for affordable, reliable and convenient products.

References

1. Safonov, D. G. Analysis of the main characteristics of the modern means of measuring the power quality // D. G. Safonov, C. H. Turakhanov – Omsk Scientific Bulletin №1 (27) 2010. – C. 144
2. GOST 32144-2013. Electric Energy. Compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems. – M.: Standartinform, 2014. – C. 33
3. Investments. [Electronic resource] – Access mode – URL: <http://www.alfar.ru/smart/3/507/> (date of the application: 25.04.2016).
4. IEC 6100-4-30:2008. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-30. Methods of testing and measurement. Quality measurement methods of electrical energy, 2008. – C. 40
5. IEC 6100-4-7:2002. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-7. Methods of testing and measurement. General guidance on the measurement of harmonics and interharmonics and instrumentation for power supply systems and equipment connected to them, 2008. – C. 42
6. Povoroznyuk, N. I. Power Quality Monitoring System // N. I. Povoroznyuk, D. P. Bilyuba. - Vestnik NTU "KPI". Special Issue: Information and simulation. - Kharkov: NTU "KPI" – 2011. – № 36. – C. 135 – 139.
7. Makarychev, P. C. The measuring power quality. The principles and design issues // P. C. Makarychev. - Moscow Power Engineering Institute (Technical University), Russia, Institute of energy efficiency problems (IPEEF) STRC ETT.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.291

Киселёв Б.Ю.¹, Шепелев А.О.¹, Лысенко В.С.¹, Киселёв Г.Ю.², Бубенчиков А.А.³¹Магистрант, ²Студент, ³Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет;

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**Аннотация**

В данной статье рассмотрены принцип действия парогазовой установки, ее плюсы и минусы по сравнению с паротурбинными и газотурбинными установками. Рассмотрена конструкция более совершенной трёхконтурной (тринарной) парогазовой установки. Так же проведён анализ литературы, кратко описаны достижения в этой области. Рассмотрены перспективы использования парогазовых установок на тепловых и атомных электростанциях России. Так же рассмотрены перспективы применения парогазовых установок с использованием возобновляемых источников энергии (биотопливе).

Ключевые слова: парогазовая установка, биотопливо, электроэнергетика.

Kisselyov B. Yu.¹, Shepelev A. O.¹, Lysenko V. S.¹, Kisselyov G. Yu.², Bubenchikov A. A.³¹Undergraduate student, ²Student, ³PhD in Technical Sciences

Omsk State Technical University

ENERGY EFFICIENCY COMBINED-CYCLE PLANTS**Abstract**

This article describes the principle of operation of combined-cycle plant, its advantages and disadvantages compared to the steam turbine and gas turbine. The design of a more perfect trinar combined-cycle plant. Also carried out the analysis of literature, summarized achievements in this field. The prospects of the use of combined-cycle plants in the thermal and nuclear power plants in Russia. As the prospects for the use of combined cycle power plants using renewable energy sources (biofuels).

Keywords: combined cycle plant, biofuels, electricity.

В промышленности электричество получают путём преобразования тепловой энергии в механическую, а затем уже в электрическую энергию. Преобразование тепла в электричество с большим значением КПД без промежуточного преобразования его в механическую работу являлось бы большим шагом на пути вперёд. Исчезла бы необходимость в тепловых электростанциях, и как следствие применение тепловых двигателей, КПД которых обладает очень малым значением, и так же требуют за собой тщательного ухода. В нынешнее время техника не может создать установки, преобразующие тепло в электрическую энергию на прямую. В данный момент все подобные установки имеют, либо очень низкую мощность, либо малое время работы, либо низкий КПД, либо зависят от временных факторов (погодных условий, времени суток и т.д.). Так или иначе они не могут обеспечивать надёжное электроснабжение страны. Поэтому без тепловых двигателей на тепловых электростанциях не обойтись [1].

В нашей стране электроэнергия в основном генерируется на тепловых электростанциях (ТЭС) при этом используется органическое топливо: уголь или природный газ. В нынешнее время природный газ, который сжигается на ТЭС, составляет примерно около 70 % от общей доли добываемого в стране. Однако, КПД паротурбинных установок, сжигающих газ, не достигает даже 40 % [2].

Согласно Энергетической стратегии России [3] в электроэнергетике России в период до 2020 г. планируется внедрить в эксплуатацию значительное количество современных парогазовых установок (ПГУ). ПГУ являются перспективным направлением в энергетике из-за относительно высокого КПД по сравнению с паротурбинными установками. КПД парогазовых установок на данный момент уже достигают 60%.

Устройство и принцип действия простейшей ПГУ.

ПГУ в своей конструкции два блока, отдельных друг от друга: газотурбинный и паросиловой. В газотурбинной установке турбину во вращение приводит газ, образующийся при сжигании топлива, далее он совершает механическую работу. На валу с турбиной располагается генератор, который благодаря вращательному движению ротора генерирует электрическую энергию. После прохождения турбины газ имеет давление, значение которого близко к наружному, что не даёт ему совершить работу. Однако его температура еще довольно высока и составляет порядка 500-600 С. Затем продукты сгорания отправляются в паросиловую установку, котел-утилизатор, где нагревают воду и образующийся пар, еще довольно высокая температура газа даёт возможность получить пар, давление которого достигает 100 атмосфер, что позволяет успешно применять полученный пар в паровой турбине. А паровая турбина в свою очередь приводит во вращение второй генератор (Рис. 1) [4].

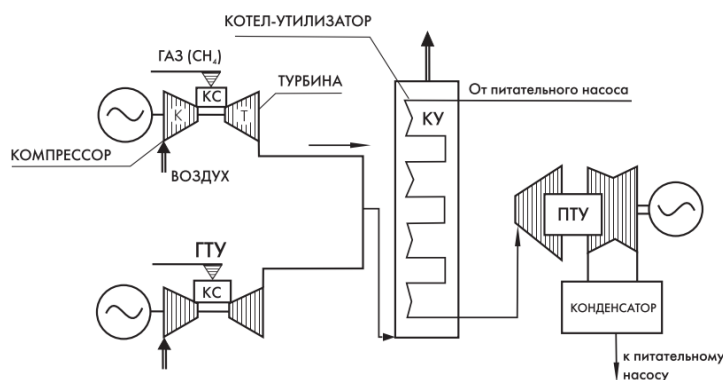


Рис. 1 - Парогазовая установка

Преимущества:

- Очень высокий КПД достигающий 60% по сравнению с паросиловыми установками 33-45 % и газотурбинными установками 28-42%.
- Низкая себестоимость единицы мощности.
- Меньшее потребление воды на единицу генерируемой мощности по сравнению с паротурбинной установкой (ПТУ).
- Сроки возведения составляют всего 9-12 месяцев.
- Нет надобности подвозить топливо железнодорожным либо морским транспортом (При работе данной установки на газе или жидком топливе)
- Небольшие массогабаритные размеры, что позволяет располагать их прямо у потребителя. Тем самым уменьшая затраты на ЛЭП и доставку электрической энергии.
- Более экологична чем ПТУ

Недостатки:

- Необходимо производить фильтрацию воздуха, который используется в камерах сгорания топлива.
- Ограничения на типы используемого топлива.
- Сезонные ограничения мощности. Наибольшая эффективность в период зимы.

В настоящее время публикуется множество статей посвященных данной тематике. Разрабатываются и совершенствуются ПГУ, повышаются КПД, номинальные мощности и т.д. В последнее время в самых высокоэффективных ПГУ используются трехконтурные ПТУ с использованием водяного пара с довольно усложненной схемой (Рис. 2). Под трёхконтурной (тринарной) ПГУ подразумевается утилизационная парогазовая установка, в которой комбинированы три цикла: газотурбинный цикл и два паротурбинных цикла: верхний – паротурбинный цикл основанный на воде и водяном паре, и нижний цикл турбоустановки основанный на низкокипящем веществе НКВ [2]. Высокие показатели КПД существующих ПГУ можно достичь в основном при помощи повышения начальных температур газа перед входом пара в газовые турбины до 1300–1500°C, с перспективой создания газовых турбин, работающих при начальных температурах газа, равных 1600°C. При столь высоких температурах КПД ГТУ составляет всего 39–41%, а высокий КПД ПГУ (58–61%) определяется глубиной утилизации теплоты газов, покидающих газовую турбину, в паротурбинном цикле с начальной температурой пара на уровне 540–560°C. Одним из важных компонентов определяющих КПД ПГУ является котел-утилизатор. Котлы утилизаторы бывают двух типов с горизонтальной и вертикальной компоновкой поверхностей нагрева. Согласно работе [5] наилучшим является котел-утилизатор вертикального типа. Так как это позволяет уменьшить потери мощности ГТУ, а, следовательно, повысить КПД всего цикла ПГУ, так же снижается металлоёмкость котла вследствие более высоких значений коэффициентов теплопередачи.

В работе [6] представлена принципиально новая тепловая схема парогазовых установок с применением регенеративного подогрева питательной воды в утилизационном паротурбинном цикле, что позволяет увеличить КПД парогазовых установок на 5 %. В работе [7] предлагается использовать паровое охлаждение лопаток газовой турбины, что позволяет увеличить КПД ПГУ на 1,7-2,1%.

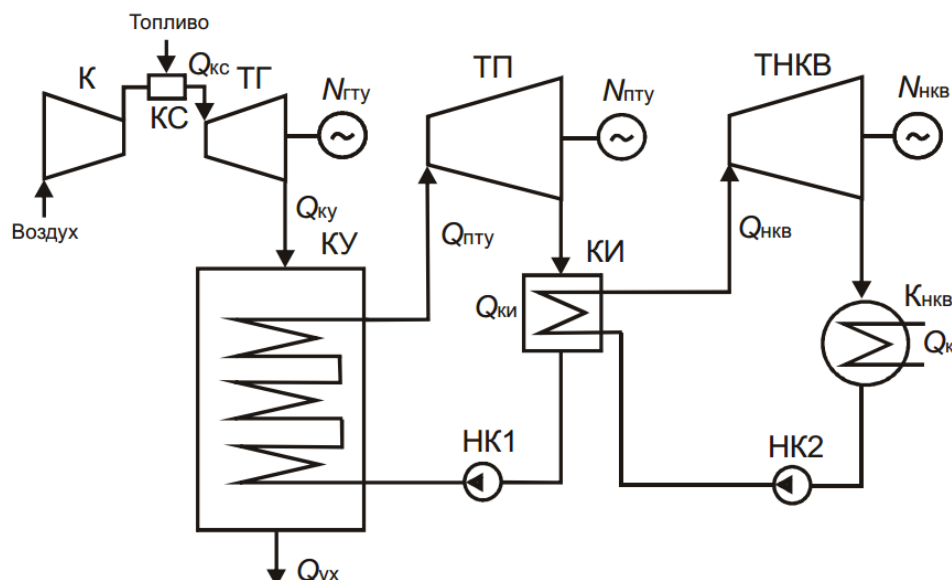


Рис. 2 - Упрощенная схема ПГУ тринарного типа

Возможно, что в дальнейшем ПГУ также будут применяться и на АЭС. Перспективам применения данных установок на АЭС посвящены работы [8,9].

Большое внимание направлено на возобновляемые источники энергии. Одним из наиболее перспективных возобновляемых источников энергии является растительная биомасса (древесина и отходы ее переработки, торф, сельскохозяйственные отходы растительного происхождения). Каждый год в России заготавливается около 150 млн. м³ древесины, одновременно при ее заготовке и переработке образуется более 30 млн. м³ отходов, использование которых даст возможность снизить потребность в жидком топливе. Торф так же является одним из перспективных типов топлива в нашей стране. Развитие и внедрение ПГУ на биотопливе в основном направлено на создание

установок значительно малой мощности, что в свою очередь позволит обеспечить децентрализованных потребителей высокоэффективными автономными энергетическими установками. Работы, посвященные ПГУ на биотопливе [10,11].

В настоящее время существует огромное количество различных типов, применяемых ГТУ, а также схем применяемой паротурбинной части ПГУ. Установки можно классифицировать по числу газотурбинных установок (ГТУ) (одна, две, три), по числу контуров котлов утилизаторов (КУ) (одноконтурные, двухконтурные, трехконтурные), отсутствию или наличию промежуточного перегрева пара в ПТУ и т. п. А также по типу топлива используемого данной установкой (Газ, жидкое топливо, биомасса и т.д.)

Заключение.

Внедрение парогазовых установок в энергетику России является очень перспективным направлением. ПГУ имеют очень большую экономическую и инвестиционную эффективность. Так же использование ПГУ на биотопливе позволит решить проблему, связанную с ростом экономического мирового кризиса, связанного с нехваткой топливно-энергетических ресурсов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках научного проекта № МК-5098.2016.8»

Литература

1. Парогазовые установки. [Электронный ресурс] Дата обновления: 22.11.2010. -url: [http:// bestreferat.ru.html](http://bestreferat.ru.html) (дата обращения: 29.02.2016).
2. Галашов Н.Н. Анализ Эффективности парогазовых установок тринарного типа / Н.Н. Галашов, С.А. Цибульский // Известия томского политематического университета. – 2014. – №4. – С. 33-38.
3. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года. - М.: Минэнерго РФ, 2001.
4. Письменный В.Л. Многорежимная парогазовая установка / В.Л. Письменный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2006. – №7-8. – С. 43-48.
5. Мошкарин А.В. Сравнительный анализ котлов-утилизаторов вертикального и горизонтального типа / А.В. Мошкарин, Б.Л. Шелыгин, Т.А. Жамлиханов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2009. – №4. – С. 15-17.
6. Зарянкин А.Е. Парогазовая установка с регенеративным подогревом питательной воды / А.Е. Зарянкин, А.Н. Рогалев, Е.Ю. Григорьев, А.С. Магер// Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2013. – №2. – С. 19-22.
7. Богомоллова Т.В. Повышение эффективности бинарных ПТУ при использовании парового охлаждения лопаток газовой турбины / Т.В. Богомоллова, М.Б. Цирков // Вестник МЭИ. – 2013. – №3 – С. 27-31.
8. Касилов В.Ф. Перспективы использования парогазовых технологий в энергоблоках атомных электростанций / В.Ф. Касилов, А.В. Низовой // Научные исследования: от теории к практике. – 2015. – №4(5). – С. 34-38.
9. Кряжев А.В. Использование парогазовой технологии на АЭС / А.В. Кряжев, А.М. Антонова // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2010. – №1. – С. 56-61.
10. Седнин В.А. Параметрическая оптимизация парогазовой установки на биомассе / В.А. Седнин, А.И. Левшеня // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2013.– №6. – С. 72-79.
11. Мазуренко А.С. Экономическая эффективность парогазовых установок на биотопливе / А.С. Мазуренко, А.Е. Денисова, НГО МиньХиеу // Энергетика: экономика, технологии, экология. – 2013. – №1(32). – С. 15-19.

References

1. Parogazovye ustanovki. [Elektronnyj resurs] data obnovenija: 22.11.2010. -URL: [http:// bestreferat.ru.html](http://bestreferat.ru.html) (data obrashhenija: 29.02.2016).
2. Galashov N.N. Analiz JEffektivnosti parogazovyh ustanovok trinarnogo tipa / N.N. Galashov, S.A. Cibul'skij // Izvestija tomского politematicheskogo universiteta. – 2014. – №4. – S. 33-38.
3. Osnovnye polozhenija JEnergeticheskoy strategii Rossii na period do 2020 goda. - M.: Minjenergo RF, 2001.
4. Pis'mennyj V.L. Mnogorezhimnaja parogazovaja ustanovka / V.L. Pis'mennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy jenergetiki. – 2006. – №7-8. – S. 43-48.
5. Moshkarin A.V. Sravnitel'nyj analiz kotlov-utilizatorov vertikal'nogo i gorizontalnogo tipa / A.V. Moshkarin, B.L. SHelygin, T.A. ZHamlihanov // Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. – 2009. – №4. – S. 15-17.
6. Zarjankin A.E. Parogazovaja ustanovka s regenerativnym podogrevom pitatel'noj vody / A.E. Zarjankin, A.N. Rogalev, E.JU. Grigor'ev, A.S. Mager// Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. – 2013. – №2. – S. 19-22.
7. Bogomolova T.V. Povyshenie jeffektivnosti binarnyh PTU pri ispol'zovanii parovogo ohlazhdenija lopatok gazovoj turbiny / T.V. Bogomolova, M.B. Cirkov // Vestnik MJEI. – 2013. – №3 – S. 27-31.
8. Kasilov V.F. Perspektivy ispol'zovanija parogazovyh tehnologij v jenergobloках atomnyh jelektrostantsij / V.F. Kasilov, A.V. Nizovoj // Nauchnye issledovanija: ot teorii k praktike. – 2015. – №4(5). – S. 34-38.
9. Krjazhev A.V. Ispol'zovanie parogazovoj tehnologii na AJES / A.V. Krjazhev, A.M. Antonova // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. JAdernaja jenergetika. – 2010. – №1. – S. 56-61.
10. Sednin V.A. Parametricheskaja optimizacija parogazovoj ustanovki na biomasse / V.A. Sednin, A.I. Levshenja // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij i jenergeticheskikh ob#edinenij SNG. JEnergetka. – 2013.– №6. – S. 72-79.
11. Mazurenko A.S. JEkonomicheskaja jeffektivnost' parogazovyh ustanovok na biotoplive / A.S. Mazurenko, A.E. Denisova, NGO Min'Hieu // JEnergetika: jekonomika, tehnologii, jekologija. – 2013. – №1(32). – S. 15-19.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.212

Кротов Л.Н.¹, Кротова Е.Л.², Рукшин С.А.³

¹Доктор физико-математических наук, профессор, кафедра Прикладной физики, ²кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра Высшей математики, ³аспирант, кафедра Прикладной физики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ

Аннотация

Решается задача по разбиению наблюдений на основе анализа метрик качества предоставляемой провайдером услуги на 2 класса на основе метода *k-means*. Основная задача – выявить класс элементов, максимально соответствующий обучающей выборке. Впоследствии планируется увеличивать количество параметров, по которым проводится разбиение наблюдений на классы. Так же возможно увеличение градации схожести полученных классов с обучающей выборкой для выявления всех или максимального количества элементов совпадающих с обучающей выборкой.

Ключевые слова: математическое моделирование, статистическая кластеризация, статистический критерий.

Krotov L.N.¹, Krotova E.L.², Rukshin S.A.³

¹PhD in Physics and Mathematics, professor, ²PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, ³postgraduate Perm national research polytechnic university

MATHEMATICAL SIMULATION FOR THE CLUSTERING OF DATA ON THE BASIS OF LEARNING SELECTION

Abstract

The problem on partition of observations on the basis of the analysis of metrics of quality of the service delivered by provider on 2 classes on the basis of the *k-means* method is solved. The main objective is to reveal the class of elements which is the most corresponding to learning selection. Afterwards it is planned to increase the number of parameters in which partition of observations on classes is carried out. Increase in gradation of similarity of the received classes with learning selection for detection of all or the maximum quantity of the elements matching learning selection is also possible.

Keywords: mathematical simulation, statistical clustering, statistical criterion.

Актуальность исследования заключается в том, что решение задачи кластеризации может быть использовано для устранения внутренних проблем на производстве и вычленения слабых звеньев производственного процесса. Так же методы кластерного анализа могут применяться в других отраслях (распознавание образов без учителя, стратификация, таксономия, автоматическая классификация и т.п.) [1].

Метод *k-means* (метод *k*-средних) – наиболее популярный метод кластеризации (именно поэтому он был выбран для решения поставленной задачи). Суть метода сводится к тому, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. При этом он разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров *k*. Основная идея заключается в том, что на каждой итерации пересчитывается центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения центра масс кластеров. Это происходит за конечное число итераций, так как количество возможных разбиений конечного множества конечно, а на каждом шаге суммарное квадратичное отклонение не увеличивается, поэтому заикливание невозможно [2].

Цель работы состоит в том, чтобы из общего множества наблюдений вычленить класс наиболее близкий к обучающей выборке. Для решения данной задачи был использован следующий подход:

- С сервера взята выборка данных, включающая в себя данные по 17528 наблюдениям, по каждому из которых зафиксированы 14 метрик.
- Определены ранги параметров, которые влияют на качество услуги а именно 2 главных параметра, имеющих наибольшую корреляцию с обучающей выборкой: среднее время установления соединения и среднее количество пакетов данных = p_1 , переданных без повторной передачи = p_2 .

По этим двум главным параметрам и проводим разбиение методом *k*-средних первоначально на два максимально противоположных класса.

Для этого строим матрицу вышеупомянутой выборки – в ней получается 17528 строк (количество наблюдений) и 14 столбцов (количество метрик), соответствующих метрик, после чего формируем матрицу состоящую все из тех же 17528 строк, но двух столбцов для получения матрицы параметров. При этом в полученной после деления матрицы первый соответствует параметру p_1 – с наивысшим рангом, а второй соответствует параметру p_2 со вторым рангом [3,4].

В результате получаем матрицу параметров $X = [p_1; p_2]$, которая имеет 17528 строк по количеству наблюдений, и 2 столбца со значениями вычисленных параметров. Представление этой матрицы графически является координатной плоскостью, где каждый *i*-ый абонент будет представлен в виде точки с координатами $p_1(i)$; $p_2(i)$, значения p_1 и p_2 откладываются вдоль осей p_1 по горизонтали, p_2 – по вертикали, таким образом получаем распределение абонентов, характеризуемых параметрами p_1 и p_2 . При этом не нужно путать с графиком функции в координатах, здесь горизонтальная и вертикальная оси – никак не связаны между собой и значение по вертикали не зависит от горизонтальных значений, величины – независимы.

Далее используем функцию, которая встроена в Matlab и которая позволяет разбить объекты в множестве таким образом, чтобы объекты разных классов как можно больше отличались друг от друга, а наблюдения внутри класса были максимально схожими между собой. Функция *kmeans*.

[IDX, C, sumD, D] = kmeans(X, 2, 'distance', 'cityblock', 'start', 'sample');

Здесь ее характеризуют следующие параметры, они указаны в скобках после самой функции:

- сама случайная величина, в данном случае наша матрица $X = [p1; p2]$;
- ее размерность 2 в нашем случае, поскольку мы классифицируем объекты по двум параметрам $p1$ и $p2$;
- 'distance' это мера расстояний между объектами, которая используется для нахождения внутригрупповых средних расстояний;
- 'start' – это координаты задания центроидов;

Для нашего исследования были выбраны Манхэттенское расстояние – 'cityblock' и метод задания начальных координат центроидов классов 'sample' поскольку при них была получена наиболее адекватная визуальная картина разбиения на классы.

Применив данную функцию, в Matlab автоматически рассчитывается разбиение элементов нашей матрицы $X = [p1; p2]$ на два класса.

После этого мы делаем 2 выборки наблюдений из полученных при разбиении классов: то есть выбираем все элементы в первом классе и выбираем отдельно все элементы во втором классе. В нашем исследовании выборка у нас состоит из 17528 в обоих классах, при разбиении функцией kmeans получилось 2 класса, включающих в себя 373 и 17155 элементов. Результаты разбиения на классы можно увидеть на рисунке ниже.

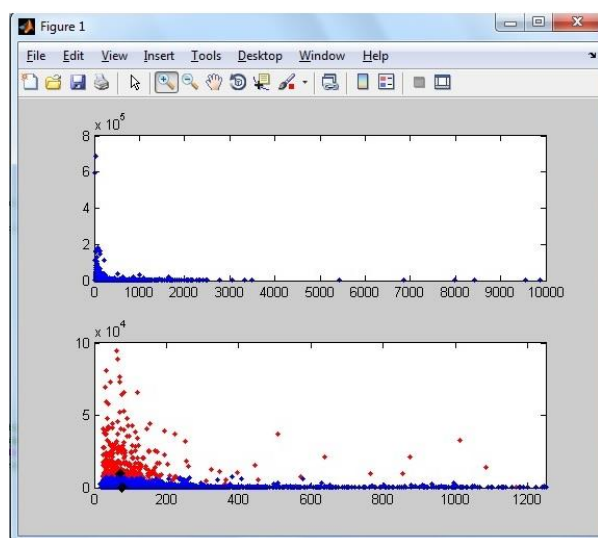


Рис.1 – Результат разбиения элементов на классы с применением k-means в пакете MatLab.

Проведя процедуру сравнения элементов каждого из классов по отдельности файлом обучающей выборки находим совпадения элементов и делим результат количества совпадений на общее количество элементов в данном классе и получаем результат отношения элементов в классе к общему числу элементов в этом классе. Далее для получения процентного соотношения можно результат отношения умножить на 100%.

Таким образом, у нас получилось в классе из 373 элементов, 363 совпали с обучающей выборкой, что дает результат $363/373=0,9732*100\%=97,32\%$.

Во втором классе аналогично из 17155 элементов, 2636 совпали с обучающей выборкой, что дает результат $2636/17155=0,1537*100\%=15,37\%$.

Теперь становится понятно, что в классе из 373 элементов находятся 363 по которым произошло совпадение с обучающей выборкой концентрацией совпавших элементов более 97%! А класс, содержащий 17155 элементов содержит в себе всего чуть более 15% совпадений с обучающей выборкой, включает в себя около 85% элементов, не совпавших с обучающей выборкой. Однако, стоит заметить, что хоть в процентном соотношении в классе с 17155 элементами 15% совпадений, но в абсолютном количестве 2636 – это много, следовательно, предлагаем класс с 373 элементами оставить таким, какой он получился, а класс в 17155 элементами разбить дальше еще на 2 класса, затем (при потребности) еще один из вновь полученных классов разбить еще на 2 класса, повторить эту процедуру оптимальное число раз. При этом, при каждом разделении на 2 класса у нас будут выявляться вновь классы с большим или меньшим числом совпадений элементов с обучающей выборкой. В итоге взяв объединение всех классов с высокой концентрацией совпадений мы вычленим элементы, совпадающие с обучающей выборкой из всего массива наблюдений.

Таким образом, предложенная методика кластеризации показала удовлетворительные результаты и ее продолжение при постоянном сравнении с новыми данными обучающих выборок позволит решить поставленную задачу. В дальнейшем полученные результаты можно использовать так же при исследовании влияния параметров трафика на качество обслуживания [5].

Литература

1. Мандель И.Д. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 176 с.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/K-means>.
3. E.M. Mirkes, K-means and K-medoids applet. University of Leicester, 2011.
4. Е. Л. Бородулина, Е. Л. Кротова, “Метод расщепления строго устойчивых смесей нормального закона для показателей устойчивости $\alpha=1$ и $\alpha=2$ ”, Матем. моделирование, 20:7 (2008), 3–12.
5. Меркулова Ирина Александровна. Исследование и разработка методов анализа трафика Интернет-провайера : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 Самара, 2007 144 с. РГБ ОД, 61:07-5/2070.

References

1. Mandel' I.D. — M.: Finansy i statistika, 1988. — 176 с.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/K-means>.
3. E.M. Mirkes, K-means and K-medoids applet. University of Leicester, 2011.
4. E. L. Borodulina, E. L. Krotova, “Metod rasshhepleniya strogo ustojchivyh smesej normal'nogo zakona dlja pokazatelej ustojchivosti $\alpha=1$ i $\alpha=2$ ”, Matem. modelirovanie, 20:7 (2008), 3–12.
5. Merkulova Irina Aleksandrovna. Issledovanie i razrabotka metodov analiza trafika Internet-provajdera : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.12.13 Samara, 2007 144 s. RGB OD, 61:07-5/2070.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.042

Крукович М.Г.

Доктор технических наук, профессор

Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II
**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
 ДЛЯ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Аннотация

Рассмотрены низкотемпературные процессы газового борирования и азотирования в закрытых контейнерах. Насыщающая газовая среда самопроизвольно образуется при нагреве контейнера либо из обмазки, нанесенной на внутренние поверхности контейнера, либо из размещенной внутри солевой составляющей. Отработку процесса проводили на сталях 40X, P6M5 и X12M. Для защиты от окружающей окислительной среды и предупреждения выхода насыщающей атмосферы из контейнера использовали плавкий затвор на основе песка и борного ангидрида. Разработанные технологии обладают высокой экологической безопасностью и могут использоваться для обработки деталей и инструментов единичного и мелкосерийного производства предприятий малого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: борирование, азотирование, низкотемпературная обработка, самоорганизация, детали, инструмент.

Krukovich M.G.

PhD in Engineering, professor

Moscow state university of engineering of Emperor Nicolai II

**LOW-TEMPERATURE PROCESSES THERMOCHEMICAL TREATMENT FOR SINGLE AND SMALL
 BATCH PRODUCTION**

Abstract

The low-temperature process of gas nitriding and boriding in closed containers are considered. Saturating the gaseous medium is formed spontaneously or upon heating of the container of coating deposited on the inner surface of the container or placed inside of the saline component. process refinement was performed on steel 40X, P6M5 and X12M. To protect against environmental oxidizing environment and preventing output saturation atmosphere of the container used to fuse the shutter based on sand and boric anhydride. The developed technologies have a high environmental safety and can be used for machining of parts and tools for single and small batch production of small and medium-sized businesses.

Keywords: borating, nitriding, low-temperature processing, self-organization, parts, tools.

Введение. Основными преимуществами низкотемпературных процессов химико-термической обработки являются возможность обработки деталей и инструментов при совмещении с операцией высокого отпуска, экономия электроэнергии и минимальные поковки и деформации обрабатываемых изделий. К таким процессам в большинстве своем относят борирование и азотирование, а также процессы на их основе, которые проводят в интервале 500 – 650°C. В результате обработки получаемые борированные и азотированные слои обеспечивают деталям и инструментам повышение твердости, износостойкости, коррозионной стойкости, контактной выносливости и, после азотирования, усталостной прочности.

Химико-термическая обработка, как правило, проводится в жидких, твердых и газовых средах. В настоящее время разработано достаточно много технологических рекомендаций и разработано современное эффективное оборудование для массового производства [1, 2, 3, 4]. В то же время для мелкосерийного и единичного производства, в условиях которого использование дорогостоящего оборудования является экономически нецелесообразным, нет достаточно отработанных технологических рекомендаций. Для названных производств наиболее приемлемыми являются технологические процессы, проводимые в твердых порошковых и газовых (без использования исходных газовых составляющих) средах. Последние являются предпочтительными, так как не требуют операций упаковки деталей и их извлечения из насыщающих порошковых смесей.

Таким образом, целью данной работы является исследование низкотемпературных газовых процессов борирования и азотирования деталей и инструментов для мелкосерийного и единичного производства.

Методика исследования. Процессы борирования и азотирования проводились в металлических контейнерах, в которых изоляция от внешней среды осуществлялась с помощью плавкого затвора. Состав плавкого затвора состоял из смеси песка (70-80% SiO_2) и борного ангидрида (20-30% B_2O_3) и обеспечивал защиту насыщающего пространства контейнера от печной атмосферы начиная с 450°C . Внутреннее пространство контейнера условно разделялось на газоприготовительное и насыщающее. Газовая насыщающая среда образовывалась в результате реакции взаимодействия компонентов насыщающей смеси между собой и самопроизвольно распространялась по внутреннему пространству контейнера, в котором находились исследуемые образцы или обрабатываемые детали.

Контейнер для борирования представлял собой короб, на внутренние стенки которого наносилась обмазка определенного состава, обеспечивающая образование газовой насыщающей среды при нагреве. Сверху контейнер закрывался крышкой. Плавкий затвор предотвращал выход насыщающей атмосферы из внутреннего объема контейнера в печное пространство.

Контейнер для азотирования представлял тот же металлический короб, закрываемый крышкой с плавким затвором. Внутрь контейнера помещали кювету с солевой составляющей, которая при нагреве контейнера обеспечивала образование насыщающей газовой смеси.

Обработку образцов и деталей проводили в камерной электрической печи. Образцы изготавливали из конструкционной стали 40X, быстрорежущей стали Р6М5 и инструментальной стали Х12М. После обработки образцы подвергали металлографическому и дюрOMETрическому методам анализа.

Результаты обработки. Процесс низкотемпературного газового борирования проводили при использовании газообразующей обмазки, содержащей (% по массе): 30-50% B_4C + 30-40% Al_2O_3 + 18,5 – 29,5% KBF_4 + 0,5-1,5% ПТФЭ (политетрафторэтилен). Обработку стали 40X проводили при температуре 600°C в течение 4 ч. Это обеспечило образование двухфазного игольчатого слоя боридов (FeB + Fe_2B), толщиной 16 мкм. В случае необходимости получения больших по толщине слоев продолжительность обработки увеличивают до 16 ч. На инструментальной стали Р6М5 после обработки в течение 25 ч. образовался боридный слой, толщиной 10 мкм. Твердость получаемых слоев находится на уровне 20000 МПа для фазы FeB и 16500 МПа для фазы Fe_2B .

Процесс газового азотирования сталей в среде диссоциированного аммиака обычно протекает в течение 30 и более часов. Проведение процесса по отработанной технологии в закрытом контейнере обеспечивает образование технологически приемлемых азотированных слоев в течение 4 – 6 ч. Эксперименты проводились на образцах стали 40X, прошедших закалку и высокий отпуск. Толщина слоя определялась по распределению твердости, которая плавно уменьшалась по мере удаления от поверхности. За общую толщину слоя принималось расстояние от поверхности до места выравнивания твердости слоя и твердости сердцевины образцов.

В частности, при азотировании стали 40X в течение 4 ч. был получен слой, толщиной 0,45 мм и твердостью 7500 МПа, на стали Р6М5 был получен слой, толщиной 0,15 мм с твердостью 10300 МПа, на стали Х12М – 0,2 мм с твердостью 9500 МПа.

Обсуждение полученных результатов. Процессы, протекающие в закрытом контейнере, следует рассматривать как термодинамическую систему, преобразующую внешнюю тепловую энергию в энергию химического взаимодействия или распада (диссоциацию) солевых компонентов и энергию взаимодействия образующейся газовой среды и твердого тела. Во всех насыщающих средах процессов борирования и азотирования массоперенос в режиме самоорганизации обеспечивается субсоединениями бора и азота (соединениями низшей валентности), которые и являются диссипативными структурами термодинамической системы. Они присутствуют в среде при проведении процессов насыщения и переходят в другие более устойчивые формы с окончанием процесса. Реакции взаимодействия субсоединений с обрабатываемой поверхностью требуют минимальной энергии и обеспечивают образование атомов бора и азота непосредственно на самой поверхности. Образование таких атомов на некотором расстоянии от поверхности и дальнейшее их перемещение к ней возможно, но они не играют существенной роли в формировании диффузионного слоя. Продукты реакции при накоплении у поверхности стремятся к выравниванию своего распределения в насыщающем объеме и отходят от нее, освобождая пространство у поверхности для подвода новых субсоединений. Таким образом, обеспечивается циркуляция субсоединений в насыщающем пространстве. По окончании процесса с уменьшением температуры или в результате интенсивного обмена с внешней окружающей средой субсоединения переходят в более стабильные нейтральные соединения.

В конечном итоге массоперенос бора и азота от газообразующей смеси к обрабатываемой поверхности обеспечивается в режиме самоорганизации. Регулирование фазовым составом проводится путём подбора состава газообразующей смеси и установлением определённого давления в контейнере. В частности, при борировании фазовый состав получаемых боридных слоев на стали 40X зависит от газообразующей способности футеровки и степени герметизации. С повышением давления в контейнере от 2 до 4 кПа боридный слой от однофазного строения на основе Fe_2B приходит к сплошному слою на обрабатываемой поверхности на основе фазы FeB .

Исследование влияния содержания карбида бора в насыщающей футеровке показало, что оптимальным его количеством является 45%. Состав включает в себя следующие ингредиенты (в % по массе):

45 % B_4C + 30% KBF_4 + 20 % Al_2O_3 + 5 % С (древесного угля).

При большем содержании карбида бора толщина борированного слоя на стали увеличивается незначительно. Пятикратное использование состава без освежения вызывает снижение толщины слоя на 20 - 25 %. Устранение этого достигается размещением на дне контейнера при каждой новой загрузке деталей порции активатора KBF_4 в количестве 2% от веса насыщающей футеровки. Газообразующая способность обмазки контейнера (футеровки) определяется реакционной поверхностью компонентов B_4C и активатора, а также пористостью самой футеровки. Чем меньше размер частиц B_4C , тем больше реакционная поверхность, но меньше газопроницаемость компактного материала футеровки. Поддержание необходимой пористости футеровки обеспечивается применением древесного угля, который, помимо создания в насыщающем пространстве восстановительной атмосферы, создает необходимую

пористость. Оптимальный размер частиц древесного угля 2-3 мм. При малом коэффициенте загрузки контейнера влияние содержания В₄С менее заметно, в особенности, при крупном размере его частиц. Коэффициент загрузки футерованного контейнера, который определялся как отношение площади поверхности детали к площади поверхности футеровки ($K = S_{\text{дет}}/S_{\text{футер}}$). Он должен быть на уровне $\sim 0,8$.

При проведении процесса азотирования в закрытом контейнере образуются слои на основе α – твердого раствора с дисперсными включениями нитридов, на поверхности которого формируется нитридный слой γ' -фазы. Установлено, что при снижении температуры азотирования по рассматриваемой технологии твердость поверхности повышается. Так, например, при температуре обработки 550⁰С твердость слоя на стали 40Х составила 7200 МПа, а при температуре 510⁰С – 8200 МПа. Этот результат полностью согласуется с результатами многих исследований по процессу азотирования с использованием других газовых, твердых и жидких насыщающих сред.

Проведенные исследования показали, что твердость на поверхности азотированных слоев в наибольшей степени зависит от количества солевой составляющей и температуры предварительного отпуска. В первом случае за счет повышения азотного потенциала газовой среды, во втором – за счет образования дисперсных включений нитридов в слое с когерентной связью с твердым раствором.

Было установлено, что при максимальном активировании газовой среды, т.е. при максимальном содержании солевой составляющей, в равных температурных условиях образуется меньшая толщина азотированного слоя α – твердого раствора. Это связано с образованием на поверхности слоя нитридов, который тормозит рост α – фазы.

Таким образом, разработанная технология газового азотирования обеспечивает получение качественных азотированных слоев со скоростью, превышающей скорость роста слоев при газовом азотировании в аммиачной среде. Главным ее преимуществом является малая продолжительность обработки для получения технологически приемлемых азотированных слоев. Она обладает высокой экологической безопасностью и может использоваться для обработки деталей и инструментов единичного и мелкосерийного производства предприятий малого и среднего бизнеса.

Закключение. Параметрами управления ходом технологического процесса (скоростью образования боридного и азотированных слоев, их фазовым составом и соотношением фаз, напряжённым состоянием, а в конечном итоге механическими свойствами обработанного изделия в целом) помимо температуры и времени являются:

- уровень избыточного давления в насыщающем пространстве;
- газообразующая способность смеси, которая определяется составом, величиной газообразующей поверхности, размером частиц и количеством веществ, содержащих бор или азот;
- интенсивность циркуляции газовой среды в насыщающем пространстве;
- степень легированности обрабатываемых сталей.

Литература

1. Борисенко Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин, Н.С. Горбунов, Г.Н. Дубинин, Г.Л. Жунковский, М.Г. Крукович и др. – М.: Metallurgy, 1981. – 424 с.
2. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов. Лахтин Ю.М. Арзамасов Б.Н., М.: Metallurgy, 1985 256с.
3. Арзамасов Б.Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов. / Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Т.А. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999, 400 с.
4. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: Физматлит, 2010. - 384 с.

References

1. Borisenok G.V. Chemical heat treatment of metals and alloys: Directory / G.V. Borisenok, L.A. Vasilyev, L.G. Voroshnin, N.S. Gorbunov, G.N. Dubinin, G.L. Zhunkovsky, M.G. Krukovich etc. - M.: Metallurgy, 1981. - 424 p.
2. Lahtin Y.M. Chemical heat treatment of metals. Y.M. Lahtin, B.N. Arzamasov B.N., M.: Metallurgy 1985 256 p.
3. Arzamasov B.N. Ionic chemical heat treatment of alloys. / B.N. Arzamasov, A.G. Bratukhin, Yu.S. Eliseev, T.A. Panayotov - M.: Publishing. MSTU. N.E. Baumann, 1999, 400 p.
4. Krukovich, M.G. Plasticity borated layers / M.G. Krukovich, B.A. Prusakov, I.G. Sizov. - M.: FIZMATLIT, 2010. - 384 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.111

Кувенёв А.В.

ORCID: 0000-0002-5009-7950, аспирант, Московский технологический университет

АНАЛИЗ ПОДРУЛИВАЮЩИХ И ДРУГИХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**Аннотация**

Статья посвящена разработке и совершенствованию движительно-рулевого комплексов способных в значительной степени улучшить манёвренные качества судов. Проведён анализ рулевых управляющих устройств, выявлены факторы, которые могут привести к аварийным ситуациям. Показано, что задача выбора оптимальных устройств движительно-рулевого комплекса является важной составляющей судостроения, особенно в условиях жёстких требований к манёвренным и тяговым качествам. Предложено использовать, помимо рулевого устройства, дополнительный набор органов управления, спроектированных с учётом современных требований.

Ключевые слова: автоматизация, моделирование, гидродинамика, визуализация, промышленность, программное обеспечение, подруливающее устройство.

Kuvenev A.V.

ORCID: 0000-0002-5009-7950, postgraduate,

Moscow Technological University

ANALYSIS OF THE STEERING AND OTHER CONTROL DEVICES**Abstract**

The article is devoted to the development and improvement of similar propulsion units the steering complexes can greatly improve manoeuvring qualities of ships. The analysis of steering control devices, identified factors that can lead to emergency situations. It is shown that the problem of choosing the optimal device similar propulsion units-a steering complex is an important component of shipbuilding, especially in the conditions of rigid requirements to the maneuvering and traction qualities. It is proposed to use, in addition to the steering device, an additional set of controls, designed to meet the modern requirements.

Keywords: automation, simulation, hydrodynamics, visualization, industry, software, thruster.

В указе президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. №899 в целях модернизации и технологического развития российской экономики и повышения её конкурентоспособности были утверждены приоритетные направления развития науки, технологий и техники, а также перечень критических технологий. В частности среди них указываются транспортные системы, перспективные виды специальной техники, энергоэффективность и энергосбережение. В этом перечне также указаны базовые и критические промышленные технологии для создания перспективных видов специальной техники, технологии управляющих систем, технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии, а также технологии создания транспортной техники нового поколения.

Задача разработки и совершенствования движительно-рулевого комплекса является прежде всего комплексной, соответствующей основным приоритетным направлениям развития российской науки, технологий и техники, и соответственно является очень актуальной.

Движительно-рулевой комплекс (ДРК) является основой для управления морскими и речными судами, яхтами, паромными и другой спецтехникой [1, 2].

ДРК представляет собой совокупность элементов (двигателей, органов управления и т.д.), обеспечивающих прямолинейное или криволинейное движение судна, и является основным, приводящим судно в движение, источником сил. В его состав входят двигатель, обеспечивающий создание продольной силы, и средства управления, создающие возможность управления траекторией движения судна и улучшающие манёвренные качества судна при помощи создания поперечной силы. Сила, развиваемая ДРК в целом, может быть рассмотрена как сумма продольной и поперечной силы, так как подавляющее большинство манёвров выполняется под действием двигателей и средств управления, как единого целого. Если задача создания продольной силы решена в настоящее время достаточно успешно, то задача создания поперечной силы требует новых решений [3, 4].

Рассмотрим элементы движительно-рулевого комплекса в отдельности.

Основное назначение рулевого устройства – это изменение движения судна или поддержание его на заданном курсе. Для осуществления задачи поддержания курса, рулевое устройство будет являться противодействующим элементом для внешних сил (течения, ветра и т.п.), являющиеся основными источниками смещения судна от выбранного курса. В общем случае они представляют собой одну или несколько несущих поверхностей, углом установки которых, касательно курса следования судна, можно управлять. Рулевые устройства в зависимости от принципа их работы разделяют на пассивные и активные рули. Пассивное рулевое устройство может совершать поворот судна исключительно во время хода. Активный руль, в отличие от пассивного, даёт возможность осуществлять поворот судна не только при его движении, но и в стоячем положении, за счёт встроенного электродвигателя, приводящего во вращение гребной винт. Активный руль используется прежде всего на малых скоростях, при швартовках и проведении сверхсложного маневра, в том числе, когда судно стоит на якоре, может использоваться как аварийный двигатель. Решение сложных задач управления движением приводов при переменной нагрузке отражено в работах [5, 6].

На сегодняшний день широкое применение нашли профильные фигурные рули. Пером данного руля является две выпуклые наружные оболочки, имеющие с внутренней стороны грани, а так же вертикальные диафрагмы служащие для увеличения жесткости. Стоит отметить, что в целом строение пера руля цельносварное и полое внутри.

По структуре несущих поверхностей можно отметить следующие типы рулей:

– состоящие из одного крыла, с неизменяемой формой профиля;

- рули с изменяющейся геометрией крыла (с предкрылками и закрылками);
- многоперьевые системы.

Ещё одним критерием классификации рулей служит их позиционирование относительно оси вращения баллера, представляющая собой ось спина руля соединённая непосредственно с пером руля. Среди них выделяют несколько типов рулей: обыкновенный, полубалансирный, балансирный. У обыкновенного руля расположение плоскости пера находится за осью вращения. Особенностью полубалансирного руля будет то, что основная часть пера такого руля будет располагаться позади оси спина, при переключке руля это обеспечивает достаточно малый момент вращения. И, наконец, балансирный руль будет обладать пером, установленным с двух сторон относительно оси вращения, обеспечивающим отсутствие значительных моментов при переключке руля. Для того, что бы рулевое устройство оказывало действие на траекторию движения судна, оно должно быть установлено под определённым углом. Вращение баллера производится рулевой машиной, которая находится в корме судна под палубой. При этом необходимо особое внимание обращать на состояние подшипниковых опор, как рулевых машин, так и других тяжело нагруженных узлов, что требует контроля их параметров для безаварийного ходового и маневренного режимов движения судна [7].

Известны электрические, гидравлические и паровые рулевые агрегаты. В настоящее время, широкое применение находят гидравлические рулевые машины. У которых вращение рулевого колеса активирует датчик телемотора, тем самым заставляя протекающее под давлением масло в трубопроводе перемещать приёмник телемотора. Это и приводит в движение рулевой гидромотор в требуемом направлении.

Поворотная насадка, в конструктивном плане является кольцевым крылом, охватывающим гребной винт, и способное поворачиваться на заданный угол по отношению к вертикальной оси, идущей через диск гребного винта. Поворотная насадка представляет собой орган управления и одновременно является средством повышения эффективности гребного винта. Изменяя направление струи от находящего в работе гребного винта, отталкивая в нужную сторону корму судна при выполнении манёвра поворота.

Обычной практикой является оснащение вертикальным стабилизатором выходного сечения поворотной насадки, предназначением которого служит снижение момента на баллере насадки, а так же увеличение её стабилизирующего эффекта. Насадки, в свою очередь, подразделяются по подвесные и двухопорные, опирающиеся на пятки ахтерштевня, в зависимости от способа их установки. Преимуществом поворотной насадки будет не только значительное улучшение маневренных качеств судна на малых ходах, но и увеличение скорости на 4 – 5% при постоянной мощности. Кроме этого увеличивается также напор, развиваемый винтом. По этой причине их широко применяют, например, на буксирах.

Незаменимым средством, которое позволяет судам проводить эффективные манёвры является судовой крыльчатый движитель. Он представляется собой движительно-рулевой комплекс, оснащенный крыльчатым движителем работающего по принципу циклоидального движения лопастей, создающих напор, угол направления которого может варьироваться от 0° до 360° влево или вправо при смене углов установки лопастей. Компонировкой движительно-рулевого устройства с крыльчатым движителем будет круглая пластина, вращающаяся вокруг оси в вертикальном направлении, с множественностью вертикальных лопастей. С помощью внутреннего механизма, изменяющего угол, каждая лопасть будет вращаться по эпициклоиде вокруг оси. Вращение барабана с одновременной корректировкой угла установки лопастей по определённому закону позволяет произвольно задавать направление и величину вектора тяги движителя.

Обычно крыльчатые движители устанавливают попарно в носу и корме, это обеспечивает наиболее широкие маневренные возможности. Чаще всего используются на паромов, плавучих кранах и буксирах.

Поворотная колонка – это открытый гребной винт или гребной винт, установленный в направляющей насадке, позволяющей выполнить поворот винта на 360° вокруг вертикальной оси. Это позволяет использовать её в качестве движителя, и регулировать посредством коррекции частоты вращения гребного винта величину тяги и её направление (за счёт поворота колонки). Поворотные колонки чаще всего используют попарно.

Управляемость судна резко ухудшается, а иногда происходит и её полная потеря, в случае движения судна малым ходом и в случае движения по инерции (с выключенными двигателями), что может привести к аварийным ситуациям. При этом существует ряд случаев, когда снижение частоты вращения или выключение двигателей оказывается вынужденным. Вследствие этого возникает необходимость в использовании подруливающих устройств, которые дают возможность на малых скоростях эффективно управлять судном.

Подруливающее устройство входит в перечень судовых устройств, предназначенных для управления судном в активном режиме. В качестве рабочего органа служит винт, который находится в сквозном канале, пролегающим от борта до борта на судне, располагаясь ортогонально к его поперечной плоскости. Местом его установки служит носовая часть или в кормовой и носовой части судна одновременно.

Подруливающие устройства относятся к группе активных рулевых устройств без пера и часто применяются для повышения маневренности судна. Наиболее часто кормовые или носовые подруливающие устройства устанавливают в водоводе поперек судна.

Подруливающие устройства представляют собой конструкцию из сдвоенных или одиночных гребных винтов. Причём, в случае работы одиночного гребного винта – вода течёт при его вращении через туннель. Наиболее перспективно с энергетической точки зрения применять гребные винты регулируемого шага (ВРШ), в частности с переменным шагом (с регулируемым углами наклона лопастей).

Привод вращения гребных винтов может располагаться снаружи водовода (с механическими передачами, проходящими через опоры), или внутри рабочих колес (в виде соосных погружных электродвигателей).

Существуют также конструкции подруливающих устройств с выносными блоками (выдвижные подруливающие устройства). Движители являются нестационарными и опускаются в воду при необходимости совершения маневра. Очевидно, что такие конструкции не в состоянии обеспечить высокие передаваемые мощности и не могут быть

использованы в условиях постоянной необходимости управления судном в поперечном направлении, например, в речных судах.

Заключение. Задача выбора оптимальных устройств движительно-рулевого комплекса под необходимые цели и конструктивные параметры судов важная составляющая судопроизводства, особенно в условиях жёстких требований к манёвренным и тяговым качествам, в которых является недопустимым пренебрежение факторами оказывающих влияние на гидродинамические характеристики судна. Требования к судам возрастают ежедневно, в связи с увеличением плотности движения в каналах, шлюзах, портах. Вследствие этого возникает необходимость использования, помимо рулевого устройства, дополнительного набора органов управления, таких как поворотные насадки, крыльчатые движители, поворотные колонки, подруливающие устройства. Для повышения их эффективности рекомендуется привязка исполнительного оборудования [8, 9] и измерительных преобразователей [10] к SCADA системе [11].

Литература

1. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля. С.-Петербург: Судостроение, 2000. 336 с.
2. Кушнир А.П., Авельчев А.Е. Анализ устройств управления движением судов // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Машиностроение. 2012. № 43. С. 49-54.
3. Кушнир А.П., Кувенев А.В. Повышение эффективности маневрирования морских и речных судов // Международная научно-техническая конференция «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике», МНТК ИВТ, 2016. С. 324-327.
4. Кушнир А.П., Авельчев А.С. Подруливающее устройство. Патент РФ №2519610. МПК: B63H25/00. 20.06.2014. / A.P. Kushnir, A.E. Avel'chev. Manoeuvring propulsion device. Russian Federation Patent 2519610 C1 (2014).
5. Курнасов Е.В. Решение сложных задач управления движением приводов на основе программной среды // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 11. С. 30–35.
6. Кушнир А.П. Моделирование процесса разгона асинхронного привода при переменной нагрузке // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2011. № 32. С. 21-27.
7. Курнасов Е.В., Селиванов С.А. Метод расчёта гидродинамических подшипников // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2007. № 2. С. 8–9.
8. Курнасов Е.В. Метод ситуативного изменения поведения объектов АСУТП в пользовательских интерфейсах SCADA-систем // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 4. С. 20–28.
9. Холопов В.А., Голубцов И.Н. Математическая модель управления цикловым оборудованием // Промышленные АСУ и контроллеры. 2015. № 3. С. 14-18.
10. Бугров Ю.Н., Курнасов Е.В. Преобразование аналоговых сигналов на основе цифровых процессоров и микроконтроллеров в интерфейсе многоканальных датчиков // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 3. С. 13–19.
11. Kurnasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. T. 33. № 3. С. 152–155.

References

1. Zhinkin V.B. Teorija i ustrojstvo korablja. S.-Peterburg: Sudostroenie, 2000. 336 s.
2. Kushnir A.P., Avel'chev A.E. Analiz ustroystv upravlenija dvizheniem sudov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priborostroenija i informatiki. Serija: Mashinostroenie. 2012. № 43. S. 49-54.
3. Kushnir A.P., Kuvenev A.V. Povyszenie jeffektivnosti manevrirovaniya morskikh i rechnyh sudov // Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Informatika i tehnologii. Innovacionnye tehnologii v promyshlennosti i informatike», MNTK IVT, 2016. S. 324-327.
4. Kushnir A.P., Avel'chev A.S. Podrulivajushhee ustrojstvo. Patent RF №2519610. MPK: B63H25/00. 20.06.2014. / A.P. Kushnir, A.E. Avel'chev. Manoeuvring propulsion device. Russian Federation Patent 2519610 C1 (2014).
5. Kurnasov E.V. Reshenie slozhnyh zadach upravlenija dvizheniem privodov na osnove programmnoj sredy // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2009. № 11. S. 30–35.
6. Kushnir A.P. Modelirovanie processa razgona asinhronnogo privoda pri peremennoj nagruzke // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priborostroenija i informatiki. Serija: Priborostroenie i informacionnye tehnologii. 2011. № 32. S. 21-27.
7. Kurnasov E.V., Selivanov S.A. Metod raschjota gidrodinamicheskikh podshipnikov // Sbornik v mashinostroenii i priborostroenii. 2007. № 2. S. 8–9.
8. Kurnasov E.V. Metod situativnogo izmenenija povedenija ob"ektov ASUTP v pol'zovatel'skikh interfejsah SCADA-sistem // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2014. № 4. S. 20–28.
9. Holopov V.A., Golubcov I.N. Matematicheskaja model' upravlenija ciklovym oborudovaniem // Promyshlennye ASU i kontrollery. 2015. № 3. S. 14-18.
10. Bugrov Ju.N., Kurnasov E.V. Preobrazovanie analogovyh signalov na osnove cifrovyh processorov i mikrokontrollerov v interfejsе mnogokanal'nyh datchikov // Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii. 2015. № 3. S. 13–19.
11. Kurnasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. T. 33. № 3. С. 152–155.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.186

Куликов М.А.

ORCID: 0000-0001-8944-9522, кандидат химических наук, Березниковский филиал

Пермского национального исследовательского политехнического университета

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АНТИСЛЕЖИВАТЕЛЯ ДЛЯ НИТРАТА КАЛИЯ**Аннотация**

Рассмотрены результаты опытно-промышленных испытаний карбоната калия в качестве добавки для снижения слеживаемости технической калиевой селитры. Представлена технологическая схема участка обработки калиевой селитры раствором антислеживателя. Приведены результаты аналитического контроля опытных партий продукта непосредственно после получения, через три и шесть месяцев хранения.

Ключевые слова: нитрат калия, поташ, слеживаемость, антислеживатель, опытно-промышленные испытания.

Kulikov M.A.

ORCID: 0000-0001-8944-9522, PhD in Chemistry, State National Research Politechnical University of Perm,

Berezniki branch

PILOT TESTS ANTI-CAKING FOR POTASSIUM NITRATE**Abstract**

The results of pilot tests of potassium carbonate as an additive to reduce caking of technical potassium nitrate. The technological scheme of processing portion potassium nitrate anti-caking agent solution. The results of the analytical control of experimental batches of the product immediately after preparation, after three and six months of storage.

Keywords: potassium nitrate, potassium carbonate, caking, anti-caking agent, pilot tests.

Техническая калиевая селитра – ценное химическое вещество, имеющее применение, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве [1]. Отрицательной стороной продукта является его слеживаемость в процессе транспортировки и хранения. Для устранения слеживаемости калиевую селитру обрабатывают поверхностно-активными веществами, например, сульфонолом [2,3]. Обработка продукта сульфонолом обеспечивает 100%-ную рассыпчатость, но в тех случаях, когда потребитель использует водный раствор калиевой селитры, происходит сильное вспенивание, что осложняет его применение.

Еще одним способом снижения слеживаемости нитрата калия является выпуск продукта в гранулированном виде [4]. Недостаток способа – высокие энергозатраты, обусловленные температурой плавления нитрата калия (334 °С).

Из неорганических антислеживающих добавок наибольший интерес представляет поташ [5], применение которого в количестве 0,2-1,2 % позволяет сохранить 100 %-ную рассыпчатость продукта. Достоинством поташной добавки служит и отсутствие вспенивания полученных растворов.

Для проверки данного способа проведены опытно-промышленные испытания, обработка калиевой селитры раствором поташа осуществлялась по технологической схеме, представленной на рис. 1.

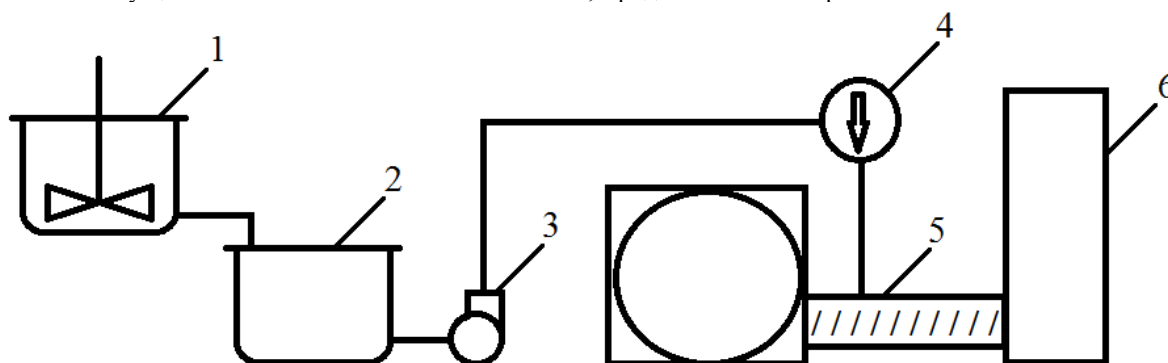


Рис. 1 – Технологическая схема обработки нитрата калия раствором поташа: 1 – растворитель поташа; 2 – емкость раствора поташа; 3 – насос;

4 – дозирующее устройство; 5 – шнек; 6 – сушилка кипящего слоя

В емкость с мешалкой 1 закачивается паровой конденсат и при перемешивании загружается расчетное количество предварительно измельченного поташа.

Готовый раствор с концентрацией K_2CO_3 36-38 % и плотностью 1,36-1,38 г/дм³ самотёком поступает в приемную емкость 2, откуда центробежным насосом через дозирующее устройство 4 подается в шнек 5 на обработку влажного нитрата калия. Дозировка раствора осуществляется из расчета содержания K_2CO_3 в готовом продукте 0,6-0,8 %. Влажная соль далее поступает в сушилку кипящего слоя 6, а затем в бункер и на упаковку.

Отмечено, что калиевая селитра, обработанная поташом, при упаковке не застревает в бункере и хорошо засыпается в мешки. Полученный продукт содержит 0,64-0,78 % карбоната калия, что соответствует показателю, заложенному в программе опытно-промышленных испытаний. Всего было выпущено десять опытно-промышленных партий несслеживающегося нитрата калия в количестве 272 тонны.

Калиевую селитру с добавкой поташа, упакованную в полипропиленовые мешки с полиэтиленовым вкладышем, в количестве 1,5 тонны (по 3 мешка от каждой партии) уложили в штабель из 30 мешков (10 рядов по 3 мешка в ряд) на складе для длительного хранения с последующим анализом через три и шесть месяцев. При закладке продукция,

упакованная в мешки, сохранила свою подвижность и текучесть без признаков слеживаемости. Усредненные показатели качества калиевой селитры и нормы для марки А, используемой в промышленности, представлены в таблице 1.

По истечении срока хранения три месяца мешки с калиевой селитрой из закладки визуальным образом были проверены на рассыпчатость, которая составила 100 %. После шести месяцев хранения продукт проанализирован по показателю «Рассыпчатость» согласно ГОСТ 21560.5-82 [6]. С этой целью каждый из выбранных мешков нитрата калия сбрасывают вручную с высоты 1 метр плашмя на плоскую твердую поверхность.

Таблица 1 – Усредненные показатели качества калиевой селитры

Наименование показателей	Норма по ГОСТ 53949-2010 для марки А	Факт
1. Внешний вид:	белые кристаллы с желтовато-сероватым оттенком	
2. Массовая доля азотнокислого калия в пересчете на сухое вещество, %, не менее	99,90	99,36
3. Массовая доля воды, %, не более	0,20	0,22
4. Массовая доля хлористых солей в пересчете на NaCl в сухом веществе, %, не более	0,017	0,024
5. Массовая доля углекислых солей в пересчете на K ₂ CO ₃ в сухом веществе, %, не более	0,01	0,61
6. Массовая доля нерастворимого в воде остатка в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,01	0,002
7. Массовая доля окисляемых марганцовокислым калием веществ в пересчете на KNO ₂ в сухом веществе, %, не более	0,01	0,0018
8. Массовая доля солей кальция и магния в пересчете на кальций в сухом веществе, %, не более	0,002	0,0008
9. Массовая доля железа в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,001	0,0001
10. Гранулометрический состав, % остаток на сите № 1К по ГОСТ 6613 остаток на сите № 01К по ГОСТ 6613, не менее	0 90	0,01 98,5
11. Рассыпчатость продукта, %, не менее	100	100

Затем мешок переносят на сито, разрезают, продукт освобождают от тары и проводят рассев. Комочки соли, оставшиеся на сите, взвешивают, и рассчитывают показатель рассыпчатости по формуле:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(g - g_1)}{g} \times 100,$$

где g – масса калиевой селитры в мешке до отсева, кг;

g_1 – масса остатка калиевой селитры на сите, кг;

n – количество мешков с калиевой селитрой, подвергнутых испытанию.

Аналитические показатели качества калиевой селитры с антислеживающей добавкой после получения, через 3 и 6 месяцев хранения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Аналитические показатели калиевой селитры после хранения

Наименование показателей	На момент закладки	После трех месяцев хранения	После шести месяцев хранения
Массовая доля азотнокислого калия KNO ₃ , %	99,36	99,33	99,30
Массовая доля воды, %	0,22	0,37	0,43
Массовая доля хлористых солей в пересчете на NaCl, %	0,024	0,017	0,015
Массовая доля углекислых солей в пересчете на K ₂ CO ₃ , %	0,61	0,64	0,65
Рассыпчатость продукта, %	100	100 (визуально)	85

Данные таблицы 2 показывают, что в процессе хранения показатели качества продукта остаются относительно стабильными, а рассыпчатость по истечении шести месяцев снижается всего на 15 %.

Таким образом, результаты опытно-промышленных испытаний показали эффективность использования поташа в качестве антислеживающей добавки для калиевой селитры. При этом, полученный продукт не соответствует требованиям стандарта для марки А по нескольким показателям и не может выпускаться по ГОСТ Р 53949-2010. Однако, по согласованию с потребителями для данного продукта может быть разработана отдельная нормативная документация.

Литература

1. Нитрат калия и его применение – URL <http://fb.ru/article/17402/nitrat-kaliya-i-ego-primenenie> (дата обращения 16.04.2016 г.).
2. ГОСТ Р 53949-2010. Селитра калиевая техническая. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2011.
3. Способ получения нитрата калия: А. с. 1721016А1 СССР / Э.Э. Пфефер, Н.К. Бажуро [и др.]. № 4633836/26; заявл. 09.01.1989; опубл. 23.03.1992. Бюлл. № 11. – 3 с.
5. Способ получения нитрата калия: пат. 2317255 Рос. Федерация / А.И. Суханов, С.Е. Макаров [и др.]. № 2006132939/15; заявл. 13.09.2006; опубл. 20.02.2008. Бюлл. № 5. – 4 с.
4. Способ предотвращения слеживаемости нитрата калия: пат. 2324652 Рос. Федерация / А.И. Суханов, Н.И. Бердичевский, А.П. Стародумов, С.В. Костюшева. № 2006145997/15; заявл. 26.12.2006; опубл. 20.05.2008. Бюлл. № 14. – 4 с.
6. ГОСТ 21560.5-82. Удобрения минеральные. Метод определения рассыпчатости. – М.: Стандартинформ, 2003.

References

1. Nitrat kalija i ego primenenie – URL <http://fb.ru/article/17402/nitrat-kaliya-i-ego-primenenie> (data obrashhenija 16.04.2016 g.).
2. GOST R 53949-2010. Selitra kalievaja tehničeskaja. Tehničeskie uslovija. – M.: Standartinform, 2011.
3. Sposob poluchenija nitrata kalija: A. s. 1721016A1 SSSR / Je.Je. Pfefer, N.K. Bajuro [i dr.]. № 4633836/26; zajavl. 09.01.1989; opubl. 23.03.1992. Bjull. № 11. – 3 s.
5. Sposob poluchenija nitrata kalija: pat. 2317255 Ros. Federacija / A.I. Suhanov, S.E. Makarov [i dr.]. № 2006132939/15; zajavl. 13.09.2006; opubl. 20.02.2008. Bjull. № 5. – 4 s.
4. Sposob predotvrashhenija slezhivaemosti nitrata kalija: pat. 2324652 Ros. Federacija / A.I. Suhanov, N.I. Berdichevskij, A.P. Starodumov, S.V. Kostjusheva. № 2006145997/15; zajavl. 26.12.2006; opubl. 20.05.2008. Bjull. № 14. – 4 s.
6. GOST 21560.5-82. Udobrenija mineral'nye. Metod opredelenija rassypchatosti. – M.: Standartinform, 2003.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.153

Курбатов Ю.Е.¹, Кашеварова Г.Г.²¹Аспирант; ²Доктор технических наук, профессор,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ПОВРЕЖДЕННОСТЬ КАК ОСНОВНАЯ МЕРА УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ

Аннотация

Задача прогнозирования усталостной долговечности конструкций зданий является одной из наиболее актуальных и важных задач в строительстве. В данной работе рассмотрены различные модели накопления повреждений, с помощью которых можно определить величину поврежденности материала. Выполнен комплексный анализ данной усталостной характеристики, что позволяет обобщить разрозненные подходы к ее трактовке и использовать ее при численном моделировании процесса усталостного разрушения.

Ключевые слова: поврежденность, усталостная долговечность, сплошность, кривая Вёлера.

Kurbatov Y. E.¹, Kashevarova G. G.²¹Postgraduate student; ² PhD in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

DAMAGEABILITY AS A BASIC MEASURE OF THE FATIGUE FRACTURE

Abstract

The problem of forecasting the durability of building structures is one of the most urgent and important tasks in construction. Different models of damage accumulation which help to quantify the amount of the material damageability are considered in this article. Performed a comprehensive analysis of this fatigue characteristic, which enables to generalize the disparate approaches to its definition and use it in the numerical modeling of fatigue fracture.

Keywords: damageability, fatigue life, continuity, Wohler curve.

Циклические нагрузки являются одними из основных факторов воздействия на бетонные и железобетонные конструкции промышленных и транспортных сооружений. В результате данные нагрузки могут вызывать усталостное разрушение отдельных узлов или целых конструкций.

Согласно [1, стр.3] **усталостное разрушение** – это разрушение материала нагружаемого объекта до полной потери его прочности или работоспособности вследствие распространения усталостной трещины. При этом основным параметром, характеризующим усталостную выносливость того или иного материала является **циклическая долговечность** - число циклов напряжений или деформаций, выдержанных нагруженным объектом до образования усталостной трещины определенной протяженности или до усталостного разрушения (в соответствии с тем же нормативным документом [1, стр.13]).

Однако помимо знания информации о количестве циклов до разрушения (которую чаще всего можно получить из лабораторных испытаний), необходимо также контролировать процесс накопления усталостных повреждений, фиксируя появление дефектов во времени. К сожалению, на сегодняшний день отсутствуют объективные количественные характеристики физического состояния материала, которые бы однозначно оценивали кинетику накопления усталостных повреждений и оставшийся ресурс конструкций. Процесс образования усталостной трещины сопровождается определенным изменением физических свойств материала, но при этом не может быть количественно интерпретирован прямыми физическими методами. В результате, на практике принято использовать формальную методологию оценки усталостного повреждения. В основе данной методологии лежит понятие **поврежденности** материала – это универсальная мера, позволяющая сопоставлять результаты испытаний, проводимых по разным

программам, и переходить от результатов эксперимента к оценке усталостной долговечности в эксплуатации [2, стр.52]. Существует несколько моделей поврежденности материала, основанные на различных подходах к определению данной величины.

Согласно простейшей модели поврежденности Пальмгрена-Майнера, мерой усталостного повреждения объекта служит отношение текущего числа циклов нагружения N к долговечности (числу циклов до разрушения) N_k при заданном уровне циклических напряжений σ :

$$P = \frac{N}{N_k(\sigma)} \quad (1)$$

Зависимость $N_k = f(\sigma)$ принимается по усталостным кривым (кривым Вёлера), которые характеризуют зависимость между максимальными напряжениями или амплитудами цикла и циклической долговечностью одинаковых образцов [1, стр.13].

На практике оценка усталостного повреждения по формуле Пальмгрена-Майнера является наиболее распространенной в силу своей простоты. При этом принимается, что процесс накопления повреждений является линейным, т.е. ΔN циклов в начале процесса нагружения создают точно такое же повреждение, как и ΔN циклов в середине или конце процесса нагружения образца (см. рис. 1). Таким образом, данный подход основывается на гипотезе линейного суммирования усталостных повреждений.

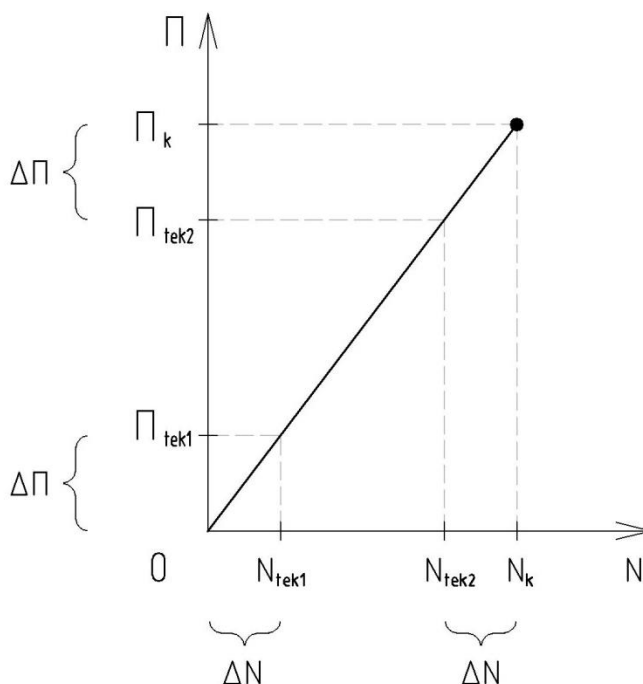


Рис. 1 – Гипотеза линейного суммирования усталостных повреждений

В рамках данной гипотезы существует два направления в трактовке величины P_k , соответствующей моменту разрушения: кинетический и феноменологический. Согласно первому $P_k = 1$ и разрушение происходит при прохождении критического числа циклов, обусловленного усталостной кривой. На практике P_k далеко не всегда равна единице, что можно объяснить неоднозначностью величины усталостной долговечности, которая напрямую зависит от принятого критерия разрушения при испытаниях и может варьироваться.

Согласно [3, стр.14], многочисленные экспериментальные проверки показали, что сумма накопленных повреждений к моменту разрушения может быть заключена в интервале от 0,2 до 14. Данный факт используют при феноменологическом подходе — считая $P_k \neq 1$, для разных материалов, типов конструкций, программ нагружения и их параметров пытаются определить конкретное значение данной величины.

В рамках кинетического подхода данная проблема решается путем учета дополнительных факторов, влияющих на результат, которые позволяют учесть или исключить взаимовлияние различных циклов (истории нагружения), сопровождающееся изменением деформационных свойств материала. Таким образом, выявляется нелинейный характер накопления повреждений, что и обуславливает возникновение ошибок расчета при использовании классической формулы (1), а также зависимость результата от очередности суммирования. Для устранения данных ошибок полный спектр циклов нагружения разбит на ряд групп, для каждой из которых действует свой закон накопления повреждений, но при этом все они остаются линейными:

$$P = \sum_{i=1}^k P_i = \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{N_{ki}} \quad (2)$$

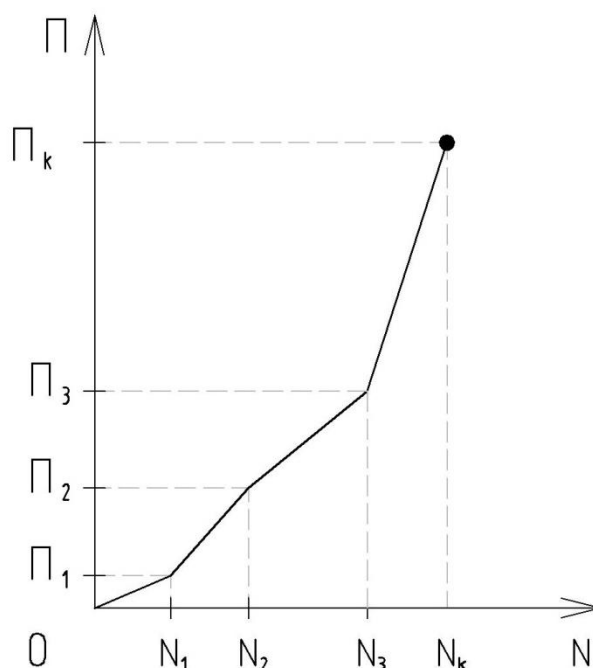


Рис. 2 – Гипотеза квазилинейного суммирования усталостных повреждений

Логичным развитием данной методики определения поврежденности материала является переход к гипотезе нелинейного суммирования усталостных повреждений, которая значительно сложнее описывает процесс накопления повреждений, но при этом позволяет приблизиться к фактическим показателям в реальных конструкциях. В работе [3] дается краткий обзор некоторых нелинейных моделей.

В модели рассеянной поврежденности Качанова-Работнова рассматриваемая величина поврежденности принимается равной:

$$\omega = 1 - \Psi \quad (3)$$

где Ψ – сплошность материала, характеризующая степень распространения дефектов по объему нагружаемого тела.

Сплошность можно определить как отношение номинального напряжения в сечении к фактическому, которое в свою очередь становится больше за счет ослабления рабочего сечения различными пустотами и повреждениями. Очевидно, что абсолютно неповрежденному “идеальному” материалу соответствует $\Psi = 1$ и $\omega = 0$, а для полностью разрушенного материала $\Psi = 0$; $\omega = 1$.

В таблице 1 приведены некоторые гипотезы накопления повреждений, постулирующие нелинейный характер роста поврежденности материала в рамках модели рассеянной поврежденности.

Таблица 1 – Модели накопления повреждений

Уравнение	Автор
$\frac{d\omega}{dt} = C_1 \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^m$	Л.М. Качанов
$\frac{d\omega}{dt} = C_2 \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^m \omega^\beta$	Ю.Н. Работнов
$\frac{d\omega}{dt} = C_3 \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^m$	А.С. Шестериков
$\frac{d\omega}{dt} = C_4 \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^m \frac{1}{1-\omega^q}$	Дж. Леметр
$\frac{d\omega}{dt} = C_5 \left(\frac{\sigma}{1-\omega} \right)^m \left(\frac{1}{1-\omega} \right)^{\Omega(\sigma)}$	В.П. Голуб А.В. Романов

В развитие данного подхода позднее были предложены модель тела с опасной точкой (рис.3, а), модель тела с опасным сечением Серенсена – Когаева (рис.3, б) и модель тела с опасной поверхностью Вагапова (рис.3, в) [4, 5]. В модели Серенсена – Когаева первичные усталостные повреждения возникают не только в точке на поверхности, но и на некоторой глубине циклически деформируемого твердого тела. Модель Вагапова обнаруживает указанные повреждения не только в опасном сечении (с максимальным уровнем напряжений), но и на прилегающей к нему поверхности, где напряжения на 5...15 % меньше максимального.

В работе [3, стр.17] дается подробный анализ модели тела с опасным объемом, которая обобщает изложенные выше аспекты. При этом абсолютная мера поврежденности определяется как объем материала с критическим уровнем напряжений в нем (рис.3, г).

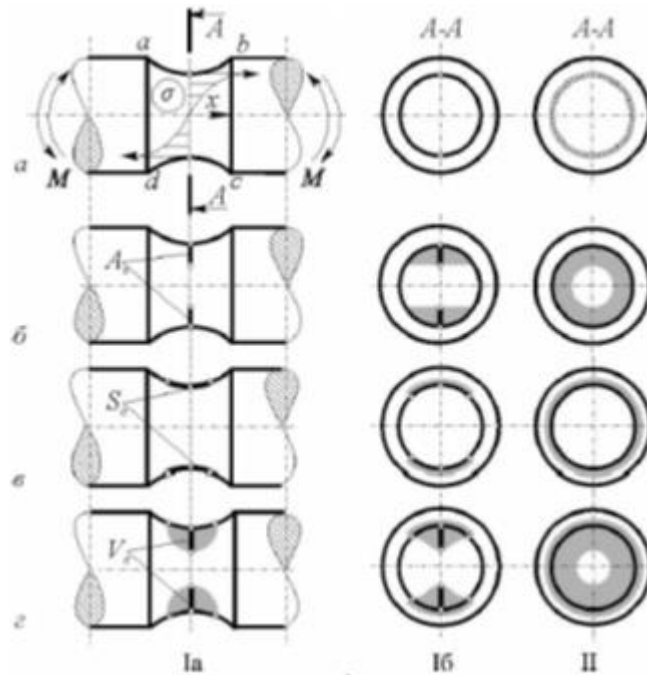


Рис. 3 – Схематическая иллюстрация моделей деформируемого твердого тела с опасной точкой (а), опасным сечением (б), опасной поверхностью (в) и опасным объемом (г) при статическом (Ia, Ib) и циклическом (II) нагружении

В модели тела с опасным объемом текущий уровень поврежденности материала описывается неравенством:

$$0 < \omega_{\sigma} = \frac{V_{Py}}{V_0} < 1 \quad (4)$$

где V_{Py} - объем материала с критическим уровнем напряжений; V_0 - рабочий объем элемента конструкции

Согласно [3, стр.18], процедура расчета опасных объемов предполагает знание трехмерного напряженного состояния элементов, вызванного как локальным нагружением, так и объемным деформированием, а также определение критических (предельных) напряжений, которые служат критерием для ограничения соответствующих опасных областей. При этом различные опасные объемы могут дополнять и пересекаться друг с другом, формируя комплексное повреждение в материале и создавая разнообразные расчетные ситуации. Важно отметить, что рабочий объем V_0 представляет собой не весь объем деформируемого твердого тела, а лишь объем предельно допустимого износа. Это соотносится с тем фактом, что усталостное разрушение происходит в результате разделения объема образца трещиной на отдельные “куски”, объем которых остается целостным.

Таблица 2 – Классификация динамических опасных объемов

Тип опасного объема	Определение	Расчетная формула	Относительная мера поврежденности
Компонентный	$V_{ij}^d = \bigcup_l V_{ij}(t_l)$	$V_{ij}^d = \int_l S_{ij}(l) dl$	$\omega_{ij}^d = V_{ij}^d / V_k$
Главный	$V_i^d = \bigcup_l V_i(t_l)$	$V_i^d = \int_l S_i(l) dl$	$\omega_i^d = V_i^d / V_k$
Шаровой	$V_s^d = \bigcup_l V_s(t_l)$	$V_s^d = \int_l S_s(l) dl$	$\omega_s^d = V_s^d / V_k$
Девииаторный	$V_D^d = \bigcup_l V_D(t_l)$	$V_D^d = \int_l S_D(l) dl$	$\omega_D^d = V_D^d / V_k$
Совмещенный	$V_C^d = \bigcap_{i=p,j=m}^{q,n} V_{ij}^d,$ $i, j, p, q, m, n = x, y, z,$ $V_C^d = \bigcap_{i=p}^q V_i^d, i, p, q = 1, 2, 3$	$V_C^d = \int_l S_C(l) dl$	$\omega_C^d = V_C^d / V_k$
Тензорный	$V_T^d = \bigcap_{i=p,j=m}^{q,n} V_{ij}^d,$ $i, j, p, q, m, n = x, y, z,$ $V_T^d = \bigcap_{i=p}^q V_i^d, i, p, q = 1, 2, 3$	$V_T^d = \int_l S_T(l) dl$	$\omega_T^d = V_T^d / V_k$

Авторы модели Сосновский Л. А., Журавков М. А. и Щербаков С. С. выделяют несколько типов опасных объемов, как статических, так и динамических (актуальных для циклического нагружения). Последние приведены в таблице 2.

Резюмируя данный подход, следует отметить, что в силу своего многообразия эффекты взаимодействия повреждений различных типов не могут быть точно описаны или спрогнозированы. Однако использование модели опасных объемов позволяет получить эквивалент комплекса повреждений, благодаря пропорциональности

критического объема уровню напряжений (деформаций) σ , следовательно, и количеству (концентрации) дефектов и повреждений.

Еще одна модель поврежденности была разработана в рамках линейной механики разрушения на основе идей, предложенных Гриффитсом. В соответствии с данной моделью свободная от дефектов среда содержит хотя бы одну остроконечную трещину, кинетика развития которой и определяет усталостную долговечность материала. При этом поврежденность определяется длиной усталостной трещины.

Согласно [6, стр.157], критический коэффициент интенсивности напряжений при обобщенном плоском напряженном состоянии K_C с одной стороны характеризует способность материала сопротивляться развитию трещины, а с другой входит в условия разрушения, устанавливающие ту величину коэффициента интенсивности напряжений, при котором наступает резкий неконтролируемый рост трещины.

Некоторыми исследователями на основе различных физических представлений были получены зависимости скорости роста трещины от числа циклов приложенного напряжения и длины трещины. Недостатком этих зависимостей является то, что они удовлетворительно описывают лишь какие-то определенные участки кривых роста усталостных трещин и не носят общего характера. С развитием механики разрушения стало возможным рассмотреть процесс роста усталостных трещин с более общих позиций. При этом было установлено, что скорость роста трещины зависит также и от коэффициента интенсивности напряжений (КИН). В работе [6, стр.160] приводятся основные уравнения, описывающие данную зависимость:

$$v = C(K_{max}/K^*)^n \quad (5)$$

уравнение Пэриса

$$v = C_1(\Delta K)^n \quad (6)$$

уравнение Эрдогана

$$v = C_2 K_{max}^m (\Delta K)^n = C_2 K_{max}^{m+M} (1-r)^n \quad (7)$$

уравнение Формана

$$v = \frac{C_3 (\Delta K)^n}{(1-r)K_C - \Delta K} \quad (8)$$

где $K = K_1$; $\Delta K = K_{max} - K_{min}$

K_{max}, K_{min} – КИНы при максимальной и минимальной нагрузках цикла;

r – коэффициент асимметрии цикла;

K^* – наибольший коэффициент интенсивности напряжений цикла при скорости роста трещины 10^{-7} м/цикл;

K_C – критический коэффициент интенсивности напряжений при обобщенном плоском напряженном состоянии;

$C, C_1, C_2, C_3, m, M, n$ – экспериментально определяемые константы.

Основная задача в данном случае состоит в том, чтобы охарактеризовать кинетику роста усталостной трещины, используя соответствующее уравнение, и оценить прогнозируемый срок службы.

Для вычисления поврежденности возьмем за основу уравнение (5) и примем $v = \frac{da}{dN}$. В результате получим дифференциальное уравнение развития трещины:

$$\frac{da}{dN} = 10^{-7} (K_{max}/K^*)^n \quad (9)$$

где a – длина трещины; N – число циклов.

Преобразуем полученное уравнение и проинтегрируем его:

$$dN = 10^7 (K^*/K_{max})^n da \quad (10)$$

$$N_k - N_0 = 10^7 \int_{a_0}^{a_k} (K^*/K_{max})^n da \quad (11)$$

где a_0 – начальная длина трещины, соответствующая числу циклов N_0 ; a_k – критическая длина трещины, соответствующая числу циклов в момент разрушения N_k .

Для дальнейшего вычисления интеграла необходимо конкретизировать форму рассчитываемого элемента. В качестве примера рассмотрим полосу с центральной трещиной (рис. 4).

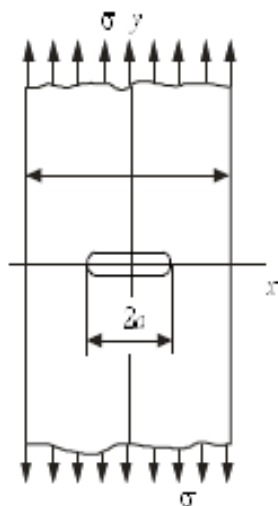


Рис. 4 – Полоса с центральной трещиной

Для данного конструктивного элемента:

$$K_{max} = \sigma_{max} * \sqrt{\pi a} * F_1(\alpha) \quad (12)$$

$$\text{где } F_1(\alpha) = (1 - 0,025\alpha^2 + 0,06\alpha^4) \sqrt{\sec \frac{\alpha\pi}{2}}; \quad \alpha = \frac{2a}{W}$$

W – ширина полосы

Подставив (12) в (11), получим:

$$N_k - N_0 = 10^7 \left(\frac{K^*}{\sigma_{max}} \right)^n \frac{1}{\sqrt{\pi^n}} \sqrt{\left(\frac{2}{W} \right)^{n-2}} \int_{\alpha_0}^{\alpha_k} \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha^n F_1^n(\alpha)}} \quad (13)$$

Таким образом, можно получить остаточную долговечность элемента конструкции с трещиной. Как отмечается в [6, стр.162], основная доля циклов усталостной долговечности приходится на начальный период роста трещины. По мере развития трещины происходит увеличение скорости роста, поэтому на стадию быстрого роста приходится лишь небольшая часть срока службы.

Используя выражение (13), попробуем вычислить поврежденность элемента через формулу (2):

$$\Pi_i = \frac{N_{0i}}{N_{ki}} = \frac{N_{0i}}{10^7 \left(\frac{K_i^*}{\sigma_{max i}} \right)^{n_i} \frac{1}{\sqrt{\pi^{n_i}}} \sqrt{\left(\frac{2}{W} \right)^{n_i-2}} \int_{\alpha_0}^{\alpha_k} \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha^{n_i} F_1^{n_i}(\alpha)}} + N_{0i}} \quad (14)$$

С учетом того, что K_i^* , n_i , a_k зависят от $\sigma_{max i}$, получим нелинейную зависимость поврежденности материала от начальной длины трещины:

$$\Pi_i = f(\sigma_{max i}, N_i, a_0) \quad (15)$$

На рисунке 5 приведен график зависимости поврежденности от начальной длины трещины; на рисунке 6 – от числа приложенных циклов для рассматриваемого образца с различными видами трещин при наибольшем и наименьшем значении максимальной нагрузки.

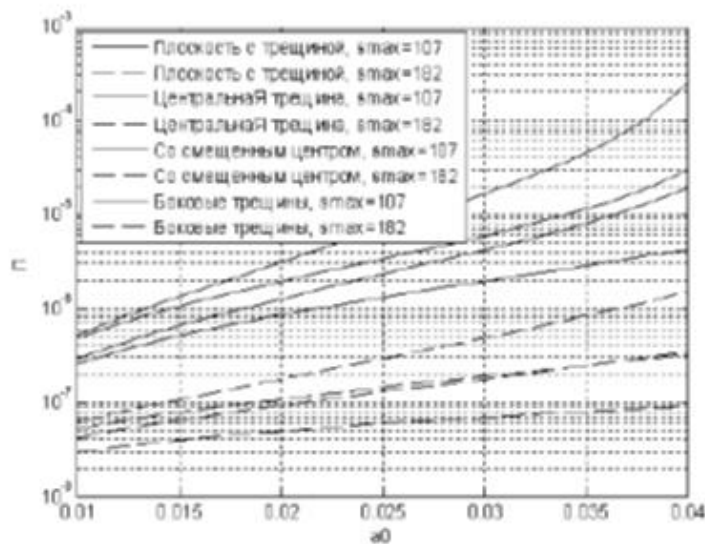


Рис. 5 – Зависимость поврежденности за один цикл от начальной длины трещины при наибольшем и наименьшем значении максимальной нагрузки

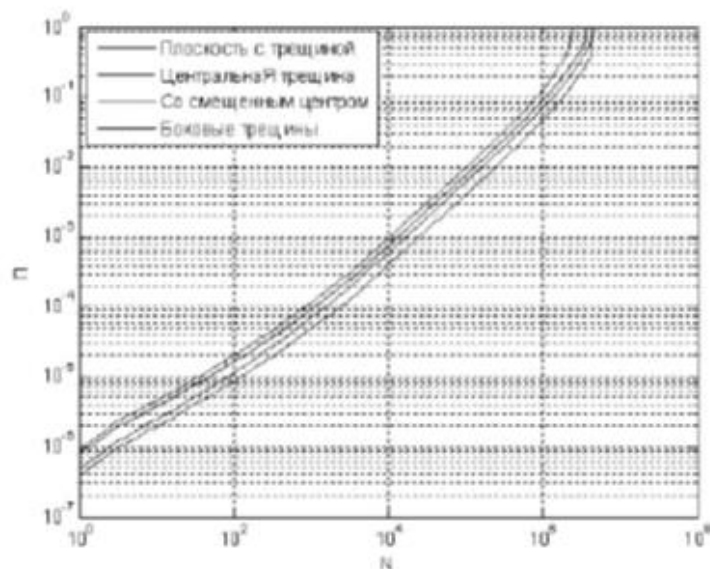


Рис. 6 – Зависимость поврежденности от числа циклов нагружения

Таким образом, можно сделать вывод о нелинейном характере процесса накопления усталостных повреждений (с изменяющейся скоростью развития трещины). Для анализа остаточной долговечности необходимо учитывать зависимость поврежденности за цикл от текущей длины трещины и уровня действующего максимального напряжения в цикле.

В работе [7] развивается модель изотропной вязкой континуальной поврежденности и проведена экспериментальная проверка базовых определяющих соотношений и прогнозируемых, на основе применения модели, результатов. Здесь рассматривается процесс зарождения и роста усталостной трещины в нелинейно упругом материале АД37, который находится под действием циклической нагрузки. Математическая модель разрушения включает в себя непосредственный расчет процесса зарождения и развития дисперсных дефектов и макроскопической трещины. При этом поврежденность материала учитывается с помощью эквивалентных параметров нелинейной упругости.

Будем считать, что повреждения, накопленные в материале вблизи вершины трещины, могут быть описаны с помощью скалярной функции времени $D(t)$. При этом в процессе нагрузки величина D принимает значение $[0,1]$ на отрезке времени t . Тогда $D = 0$ отвечает случаю, когда повреждения отсутствуют, значение $D = 1$ соответствует уровню повреждений, при котором материал полностью разрушился в рассматриваемой точке.

Классическое определяющее уравнение механики континуальной квазихрупкой поврежденности [8] имеет вид:

$$\sigma_{ij} = (1 - D)\lambda_{ijab}\varepsilon_{ab} \quad (16)$$

где σ_{ij} – тензор напряжений Коши; ε_{ab} – тензор линейной деформации; D – поврежденность материала; λ_{ijab} – тензор линейной упругости.

В свою очередь тензор линейной деформации можно найти по следующей формуле:

$$\varepsilon_{ab} = \frac{1}{2}[u_{a,b}(x) + u_{b,a}(x)] \quad (17)$$

где $u(x)$ – вектор перемещений.

Соотношение (16) дает возможность учесть влияние меры поврежденности D на упругие свойства материала в качестве фактора, который уменьшает его жесткость.

Используя в качестве условия эквивалентности упругих свойств модели нелинейной механики случайно неоднородных сред [8,9,10] и механики континуальной поврежденности, авторы [7] устанавливают взаимно однозначное соответствие между параметром ξ , который выражает количество микротрещин в единице объема и скалярной мерой поврежденности D (см. формулу 18).

$$(1 + a_\mu \xi)^{-1} = 1 - D \quad (18)$$

Отсюда можно выразить величину поврежденности:

$$D = 1 - \frac{1}{1 + a_\mu \xi} \quad (19)$$

где a_μ – длина микротрещины.

На рисунке 7 приведены зависимости эквивалентных модуля Юнга и модуля объемного сжатия от меры поврежденности D , полученные для рассматриваемого материала в случае плоского сдвига.

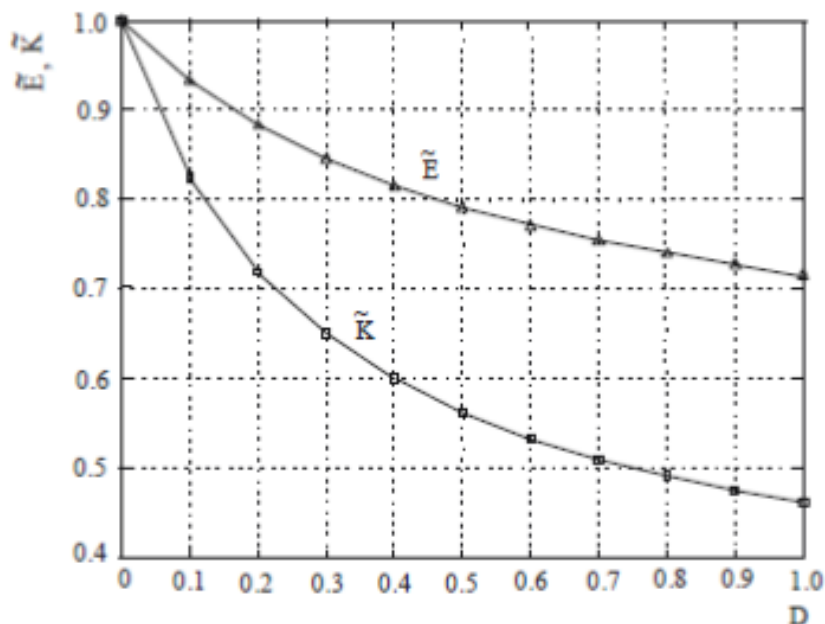


Рис. 7 – Развитие поврежденности в материале

Установленное в [7, стр.125] соответствие между скалярным параметром меры поврежденности D (который может определяться из эксперимента на одномерное растяжение) и аналитическим дисперсным параметром ξ , который характеризует число дискообразных микротрещин в единице объема, дает возможность исследования в трехмерной постановке на базе классических уравнений механики сплошной среды влияния вязкой поврежденности на процесс распространения усталостной трещины.

Таким образом, существует несколько моделей поврежденности, использующие различные подходы и разделы механики для определения усталостной долговечности того или иного материала. В силу малой изученности

процессов усталостного накопления повреждений в бетоне, рассмотренные в данной статье модели могут быть использованы при численном анализе процессов его усталостного разрушения. При этом должны учитываться отличительные особенности структурного состава бетона, как композита, в сравнении с металлами, для которых изначально разрабатывались изложенные выше методики.

Литература

1. ГОСТ 23207-78. Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения. – Введ. 1979-01-01. – Москва: Издательство стандартов, 1978. – 49с.
2. Сопротивление усталости элементов конструкций: учебник / А.З. Воробьев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 240с.
3. Сосновский Л. Концепции поврежденности материалов / Л. Сосновский, С. Щербаков // Вестник ТНТУ. – 2011. – Спецвыпуск – часть 1. – С.14-23.
4. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность [Текст] / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. – М. – 488 с.
5. Вагапов, Р.Д. Статистическая теория рассеивания случайной координаты повреждения тела [Текст] / Р.Д. Вагапов // Машиноведение. –1970. – № 4. – С. 63–74.
6. Кулик Н.С. Сравнительный анализ поврежденности и остаточной долговечности элементов конструкции с различными дефектами типа трещин при действии спектра нагрузок / Н.С. Кулик, А.Г. Кучер, В.Е. Мильцов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – № 10 (67). – С.156-166.
7. Климюк А.Н. Идентификация определяющих параметров модели усталостного разрушения пластины / А.Н. Климюк, И.В. Лиманский // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – № 1. – С.123-133.
8. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций: Учебник / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
9. Гусев Б.В., Кондращенко В.И., Маслов Б.П., Файвусович Ф.С. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства. – М.: Научный Мир, 2006. – 560с.
10. Хорошун Л.П., Маслов Б.П. Нелинейные свойства композитных материалов стохастической структуры. – К.: Наук. думка, 1993. – 132 с.

References

1. GOST 23207-78. Soprotivlenie ustalosti. Osnovnye terminy, opredelenija i oboznachenija. – Vved. 1979-01-01. – Moskva: Izdatelstvo standartov, 1978. – 49s.
2. Soprotivlenie ustalosti elementov konstrukcij: uchebnik / A.Z. Vorobiev [i dr.]. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 240s.
3. Sosnovskij L. Konceptii povrezhdennosti materialov / L. Sosnovskij, S. Shherbakov // Visnik TNTU. – 2011. – Specvipusk – chastina 1. – S.14-23.
4. Serensen S.V. Nesushhaja sposobnost i raschety detalej mashin na prochnost [Tekst] / S.V. Serensen, V.P. Kogaev, R.M. Shnejderovich. – M. – 488 s.
5. Vagapov R.D. Statisticheskaja teorija rasseivaniya sluchajnoj koordinaty povrezhdenija tela [Tekst] / R.D. Vagapov // Mashinovedenie. –1970. – № 4. – S. 63–74.
6. Kulik N.S. Sravnitelnyj analiz povrezhdennosti i ostatochnoj dolgovechnosti elementov konstrukcii s razlichnymi defektami tipa treshhin pri dejstvii spektra nagruzok / N.S. Kulik, A.G. Kucher, V.E. Milcov // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2009. – № 10 (67). – S.156-166.
7. Klimjuk A.N. Identifikacija opredelajushih parametrov modeli ustalostnogo razrushenija plastiny / A.N. Klimjuk, I.V. Limanskij // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – 2008. – № 1. – S.123-133.
8. Bolotin V.V. Resurs mashin i konstrukcij: Uchebnik / V.V. Bolotin. – M.: Mashinostroenie, 1990. – 448s.
9. Gusev B.V., Kondrashhenko V.I., Maslov B.P., Fajvusovich F.S. Formirovanie struktury kompozicionnyh materialov i ih svojstva. – M.: Nauchnyj Mir, 2006. – 560s.
10. Horoshun L.P., Maslov B.P. Nelinejnye svojstva kompozitnyh materialov stohasticheskoy struktury. – K.: Nauk. dumka, 1993. – 132 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.097

Мальшкин А.Б.

ORCID: 0000-0001-5902-4769, младший научный сотрудник, ООО «ВНИИОС-наука»

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при управлении процессом производства олефинов, которые являются основным строительным материалом в современной нефтехимической индустрии. Проведен анализ таких важнейших технологических процессов производства этилена как пиролиз и гидрирование этан-этиленовой фракции. Выявлены основные негативные факторы, влияющие на качество производимого целевого продукта. Отмечен низкий уровень автоматизации при гидрировании ацетилен в этан-этиленовой фракции. Предложены основные пути решения проблемы по автоматизации основных технологических процессов нефтехимической промышленности.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизированная система управления, селективное гидрирование, этилен, ацетилен, водород, катализатор, реактор.

Malyshkin A.B.

ORCID: 0000-0001-5902-4769, research assistant, LLC «VNIOS-science»

PROBLEMS AND PROSPECTIVES TECHNOLOGICAL PROCESS AUTOMATION
AT PETROCHEMICAL PLANTS

Abstract

This article considers problems, which happen with control system automation of olefins production process, because olefins are the main construction material in modern petrochemical industry. There is conducted analysis of such an important technological processes such as pyrolysis and hydrogenation ethane-ethylene fraction in ethylene manufacturing. Find out main negative factors, which influences on quality of the final product. Low level of the automation is observed in acetylene hydrogenation process in ethane-ethylene fraction. Main ways for the problem solution are offered for automation of the main technological processes in petrochemical industries.

Keywords: automation, automated control system (ACS), selective hydrogenation, ethylene, acetylene, hydrogen, catalyst, reactor.

Нефтехимическая промышленность одна из важнейших отраслей, продуктами которой мы пользуемся почти что ежеминутно, каждый пятый предмет, окружающий нас, произведен именно благодаря этой индустрии. Также, нефтехимия является одной из важнейших статей пополнения бюджета, наряду с добычей и экспортом нефти за границу, при этом, чем глубже переработка нефтехимического сырья, тем выше стоимость полученного продукта. Целевыми продуктами нефтехимических комбинатов являются – олефины, яркие представители которых – этилен (C_2H_4), пропилен (C_3H_6) и их производные полиолефины.

Сначала, нефтегазовыми компаниями добываются природные углеводороды, такие как: нефть, природный газ и попутный нефтяной газ, а затем перерабатываются нефтеперерабатывающими и газоперерабатывающими комплексами, где из них получают три основных вида сырья для дальнейшей переработки такие как:

1. Прямогонный бензин с нефтеперерабатывающих заводов;
2. ШФЛУ (широкая фракция легких углеводородов) получаемая газоперерабатывающими заводами;
3. Этан – ценное нефтехимическое сырье для нефтехимиков, содержащийся в природном газе.

Полученное в результате переработки сырье в различных пропорциях подвергают высокотемпературному пиролизу, благодаря которому, при разложении, образуются этилен и пропилен. Ценность этих продуктов обусловлена тем, что на земле их практически нельзя найти, и они имеют двойную углерод-углеродную связь, благодаря которой могут вступать практически во все реакции, образуя длинные углеродные цепочки. Но, первостепенным целевым продуктом нефтехимических комбинатов является – этилен.

Производство олефинов в России происходит исключительно пиролизом перспективных видов сырья, при разложении которых выход этилена варьируется от 25 до 50% масс.

Наибольшее внимание в процессе ведения пиролиза уделяется технологическим параметрам таким, как температура разложения сырья, разбавление его паром и время пребывания в печи пиролиза.

Процесс пиролиза можно разбить на две стадии. На первой стадии происходит образование таких продуктов, как метан, водород, этилен, этан, пропилен и т.д. Во время второй стадии образуются химические вещества такие, как диолефины, бензол, ацетилен, тяжелые смолы пиролиза, кокс, с участием уже образовавшихся продуктов при первой стадии.

Температура разложения – самый важный параметр, так как она в первую очередь определяет степень превращения исходных веществ по реакциям, которые протекают в процессе пиролиза, а также определяют степень разложения исходного вещества.

Технология разбавления сырья паром в свою очередь также определяет состав продуктов на выходе из печи пиролиза. Это обусловлено снижением парциального давления углеводородов, что позволяет увеличить выход низших олефинов и уменьшить скорость образования ароматических углеводородов, а также снизить коксообразование в змеевиках.

Таким образом, благодаря температуре разложения, степени разбавления сырья паром, а также времени его пребывания в печи, можно повысить жесткость пиролиза и соответственно увеличить выход этилена без снижения селективности процесса.

Получение этилена не заканчивается процессом пиролиза, который в свою очередь только начало длинной производственной цепочки, за которым следует охлаждение полученных в процессе пиролиза смесь газов (пирогаз),

их сжатие в многоступенчатых компрессорах, выделение водородсодержащего газа, низкотемпературная ректификация с выделением фракции углеводородов C_2 (фракция C_2 – этан-этиленовая фракция), узел гидрирования ацетилена в этан-этиленовой фракции и последующее её разделение с получением этилена.

Гидрирование ацетилена в этан-этиленовой фракции является наиважнейшим процессом после пиролиза [1], в процессе которого, этилен очищается от ацетилена с целью получения продукта полимерной чистоты для процесса полимеризации.

Количество ацетилена на выходе из реактора регламентируется ГОСТ 25070-2013 и не должно превышать более 0,0001% об., в противном случае недогидрированный полупродукт будет сжигаться на факеле как брак и предприятие понесет колоссальные убытки, так как такой этилен с превышенной концентрацией по ацетилену нельзя подвергнуть последующей полимеризации, в процессе которой получают полимеры. Именно поэтому автоматизации этого процесса необходимо уделить особое внимание, применяя современные методы проектирования, оценки и контроля эффективности автоматизируемых процессов [2-5].

Этан-этиленовая фракция, полученная на установке газоразделения, предварительно нагревается в паровом теплообменнике, а также в теплообменнике обратных потоков уже прогидрированной этан-этиленовой фракцией, а затем смешивается с водородсодержащим газом и подается в адиабатические или изотермические реакторы селективного гидрирования ацетилена во фракции C_2 (рис. 1).

Реактор гидрирования состоит из нескольких слоев, количество которых зависит от количества ацетилена, образованного во время пиролиза. Перед каждым слоем, температура этан-этиленовой фракции регулируется в теплообменниках, после чего её смешивают с водородом, и подают в реакторные слои. Затем прогидрированная фракция, после последнего слоя, охлажденная в теплообменнике обратных потоков, осушается и подается в колонну отмывки этан-этиленовой фракции от «зеленого масла» уже очищенным от ацетилена этиленом, либо в емкость, где оно отслаивается от этан-этиленовой фракции.

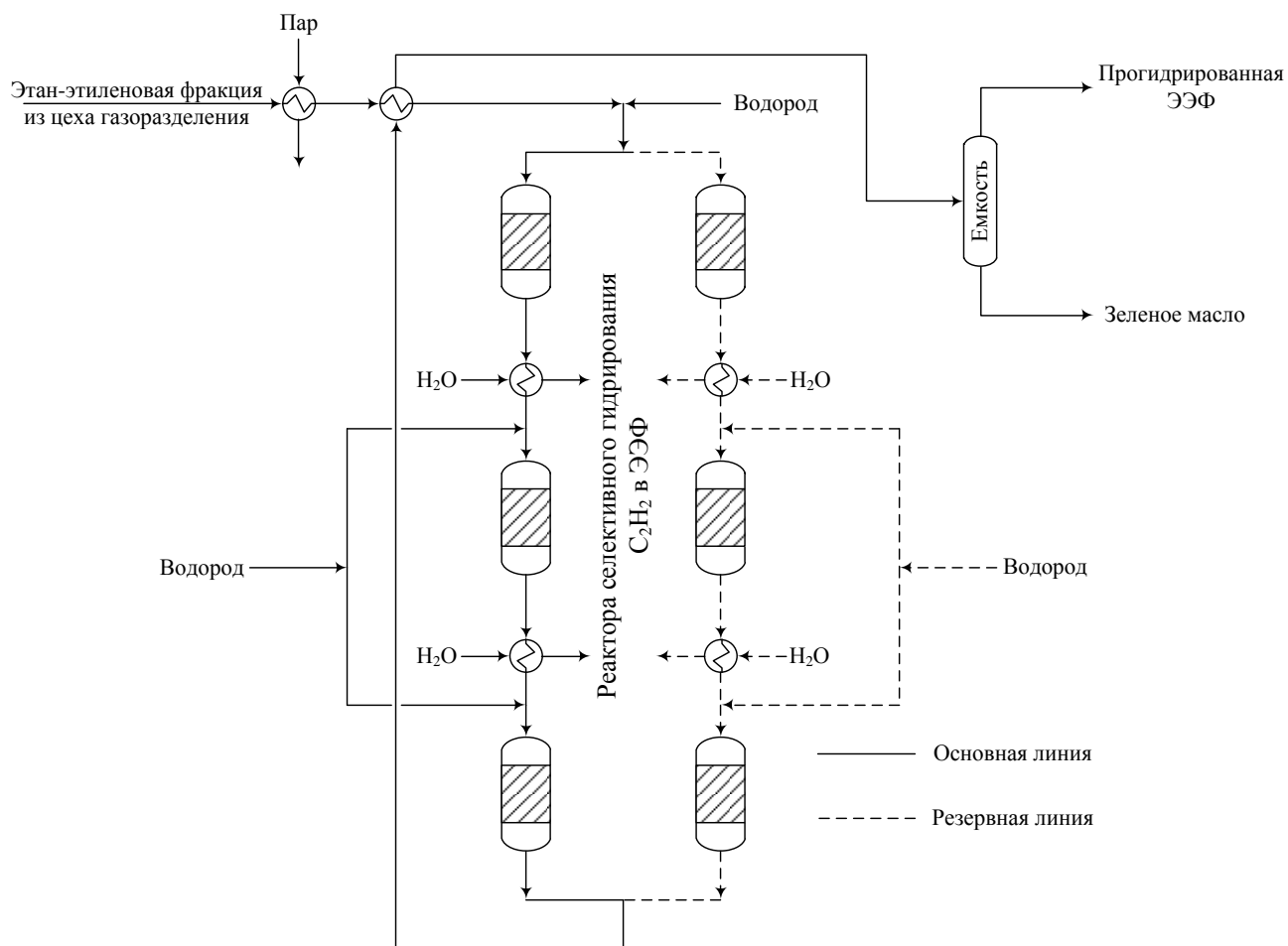


Рис. 1 - Принципиальная технологическая схема гидрирования ацетилена

В процессе гидрирования, оператору установки приходится вручную изменять режимы работы, регулируя подачу водорода и температуры, постепенно увеличивая значения по водороду и температуре, так как катализатор теряет свои свойства, из-за того, что его поверхность покрывается коксом, снижая его активность и селективность. При этом очень высока вероятность ошибки при неправильных действиях оператора, так называемый человеческий фактор, что очень часто приводит к потерям производительности, срыву реакции, но и к сожалению в химической промышленности достаточно часто возникают чрезвычайные ситуации с пожарами или даже взрывами установок, что приводит к человеческим жертвам.

Как правило, техногенные катастрофы связаны именно с человеческим фактором, ошибками при управлении химическими реакциями на катализаторных системах. В большинстве случаев при управлении химическими процессами оператор не в состоянии воспринять поток информации одновременно поступающей от десятков датчиков реактора и приборов аналитического контроля, из-за чего очень часто процесс управления осуществляется некорректно, что ведет к потерям сырья и снижению производительности установок и энергетическим затратам.

Так как основной задачей оператора является полное удаление ацетилена, из-за отсутствия интеллектуальной системы управления (эффективных программных продуктов) для управления процессом, как правило в систему подается избыточное количество водородсодержащего газа и устанавливаются завышенные температуры для гарантированного обеспечения гидрирования при колебаниях качества фракции C_2 и нагрузки на реактор по сырью.

Из-за того, что в реактор подается избыточное количество водорода, и работа установки ведется на повышенных температурах, то параллельно с целевой реакцией происходят побочные реакции перегидрирования этилена в этан, образование побочного масла и рост перепада давления.

К сожалению, на Российских предприятиях не используется в полной мере системы автоматизированного управления. В настоящее время существует два типа элементарных систем управления.

Первый тип управления – управление дозировкой гидрирующего газа по нагрузке.

Второй тип управления – управление дозировкой гидрирующего газа по концентрациям гидрируемой молекулы ацетилена на выходе из реактора.

Обе эти системы используют жесткую логику без учета концентраций химических элементов на входе в реактор. Ни одна из существующих систем управления не имеет возможности управления температурой и соответственно кинетикой химического процесса и энергией активации химических реакций.

При недостатке энергии, подводимой в систему, происходит затухание целевых химических реакций, а при избытке энергии, то есть при повышенных температурах ведения процесса, происходит активация побочных реакций, в том числе разгон неконтролируемой цепной реакции гидрирования и крекинга углеводородов, с неконтролируемым выделением тепла и активацией пирофорных процессов.

Для комплексного решения выше указанных проблем, требуется разработка интеллектуальных систем автоматизированного управления, способных анализировать поток информации и осуществлять полноценные управляющие воздействия, как подача гидрирующего газа, так и автоматизированное управление энергией реакции. Такие системы управления позволят исключить человеческий фактор.

В этой связи можно наметить несколько возможных вариантов развития систем автоматизации на предприятиях нефтехимической промышленности.

В первом варианте для относительно простых способов переработки сырья рекомендуется использовать комплексную систему с введением автоматизированного контроля всех входных и выходных технологических параметров, объединенных в SCADA систему [6, 7].

В некоторых случаях будет очень полезной как дополнение или как самостоятельная (второй вариант) подсистема имитационного моделирования [8] и подсистема оценка степени межуровневого взаимодействия информационных потоков предприятия [9].

В третьем варианте предлагается система, основанная на прогнозировании последствий действий оператора [10]. В её основу могут быть положены как математические [11], так и экспериментальные зависимости, описывающие динамику технологического оборудования [12], взаимосвязь входных и выходных технологических параметров с учетом фактора времени и вероятности наступления события [13, 14]. Достоинством такой системы является разделение реального и виртуального времени, в результате которого автоматизированная система может «заглянуть» за пределы реально происходящих событий и виртуально оценить последствия действий оператора или самой системы управления.

Литература

1. Муллахметов А.Г. Гидрирование ацетилена в этан-этиленовой фракции на новом палладиевом катализаторе: автореф. дис. канд. техн. наук. Казань: Изд-во КГТУ, 2000. 18 с.
2. Холопов В.А., Голубцов И.Н. Классификация автоматизированных производств для определения уровня и метода их автоматизации // Ползуновский вестник. 2012. № 1. С. 315-317.
3. Курнасов Е.В., Тен В.Э. Алгоритмы анализа и контроля эффективности автоматизированных технологических процессов // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 12. С. 21–25.
4. Курнасов Е.В. Оценка эффективности автоматизированного технологического процесса с учётом его декомпозиции и синтеза подпроцессов // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 4. С. 31–35.
5. Холопов В.А., Ладынин А.И. Анализ структур АСУТП по отношению к типам производства // Промышленные АСУ и контроллеры. 2015. № 6. С. 7-11.
6. Kumasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. Т. 33. № 3. С. 152–155.
7. Курнасов Е.В. Метод ситуативного изменения поведения объектов АСУТП в пользовательских интерфейсах SCADA-систем // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 4. С. 20–28.
8. Кушнир А.П. Имитационное моделирование прохождения твердого тела через преграду // Вестник МГТУ МИРЭА. 2015. Т. 2. № 4 (9). С. 116-126.
9. Курнасов Е.В. Оценка степени межуровневого взаимодействия информационных потоков производственного предприятия с MES-системой // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2012. № 3. С. 3–5.
10. Албагачиев А.Ю., Кушнир А.П. Прогнозирование результатов измерения инерционных параметров на основе математического моделирования // Приборы. 2012. № 9. С. 24-28.
11. Кушнир А.П. Моделирование течения вокруг вращающегося диска // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 7. С. 3-8.

12. Кушнир А.П. Моделирование процесса разгона асинхронного привода при переменной нагрузке // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2011. № 32. С. 21-27.

13. Албагачиев А.Ю., Кушнир А.П. Вероятностная оценка точности изготовления // В сборнике: Научные труды IV Международной научной конференции “Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении” 2015. С. 27-30.

14. Холопов В.А., Павлов Н.Г. Проблемы конфигурирования компонентов автоматизированной системы управления технологическим процессом // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Машиностроение. 2012. № 43. С. 27-31.

References

1. Mullahmetov A.G. Gidrirovanie acetilena v jetan-jetilenovoj frakcii na novom palladievom katalizatore: avtoref. dis. kand. tehn. nauk. Kazan': Izd-vo KGTU, 2000. 18 s.

2. Holopov V.A., Golubcov I.N. Klassifikacija avtomatizirovannyh proizvodstv dlja opredelenija urovnja i metoda ih avtomatizacii // Polzunovskij vestnik. 2012. № 1. S. 315-317.

3. Kurnasov E.V., Ten V.Je. Algoritmy analiza i kontrolja jeffektivnosti avtomatizirovannyh tehnologicheskikh processov // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2014. № 12. S. 21–25.

4. Kurnasov E.V. Ocenka jeffektivnosti avtomatizirovannogo tehnologicheskogo processa s uchjotom ego dekompozicii i sinteza podprocessov // Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii. 2016. № 4. S. 31–35.

5. Holopov V.A., Ladynin A.I. Analiz struktur ASUTP po otnosheniju k tipam proizvodstva // Promyshlennye ASU i kontrollery. 2015. № 6. S. 7-11.

6. Kurnasov E.V. Object attachment of devices in SCADA systems // Russian Engineering Research. 2013. T. 33. № 3. С. 152–155.

7. Kurnasov E.V. Metod situativnogo izmenenija povedenija ob#ektov ASUTP v pol'zovatel'skih interfejsah SCADA-sistem // Avtomatizacija i sovremennye tehnologii. 2014. № 4. S. 20–28.

8. Kushnir A.P. Imitacionnoe modelirovanie prohozhdenija tverdogo tela cherez pregradu // Vestnik MGTU MIRJeA. 2015. T. 2. № 4 (9). S. 116-126.

9. Kurnasov E.V. Ocenka stepeni mezhurovneвого vzaimodejstviya informacionnyh potokov proizvodstvennogo predpriyatija s MES-sistemoj // Sbornik v mashinostroenii i priborostroenii. 2012. № 3. S. 3–5.

10. Albagachiev A.Ju., Kushnir A.P. Prognozirovanie rezul'tatov izmerenija inercionnyh parametrov na osnove matematicheskogo modelirovanija // Pribory. 2012. № 9. S. 24-28.

11. Kushnir A.P. Modelirovanie techenija vokrug vrashhajushhegosja diska // Trenie i smazka v mashinah i mehanizmah. 2010. № 7. S. 3-8.

12. Kushnir A.P. Modelirovanie processa razgona asinhronnogo privoda pri peremennoj nagruzke // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priborostroenija i informatiki. Serija: Priborostroenie i informacionnye tehnologii. 2011. № 32. S. 21-27.

13. Albagachiev A.Ju., Kushnir A.P. Verojatnostnaja ocenka tochnosti izgotovlenija // V sbornike: Nauchnye trudy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii “Fundamental'nye issledovanija i innovacionnye tehnologii v mashinostroenii” 2015. S. 27-30.

14. Holopov V.A., Pavlov N.G. Problemy konfigurirovanija komponentov avtomatizirovannoj sistemy upravlenija tehnologicheskim processom // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta priborostroenija i informatiki. Serija: Mashinostroenie. 2012. № 43. S. 27-31.

CYBERLENINKA

*Международный научно-исследовательский журнал теперь размещается на платформе **Cyberleninka**, которая в свою очередь отправляет метаданные в крупнейшие репозитории научной информации, такие как Google Scholar, OCLC WorldCat, Соционет, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Registry of Open Access Repositories (ROAR), Open Access Infrastructure for Research in Europe (OpenAIRE), что в десятки раз увеличивает возможность цитируемости, не только в России, но и за рубежом.*

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.124

Мальцева Л.А.¹, Задворкин С.М.², Вахонина К.Д.³, Левина А.В.⁴, Шарапова В.А.⁵, Мальцева Т.В.⁶¹ORCID: 0000-0002-9621-1747, Доктор технических наук, УрФУ, ²ORCID: 0000-0002-7918-8207,Кандидат технических наук, Институт машиноведения УрО РАН, ³ORCID: 0000-0001-7715-1083, УрФУ,⁴ORCID: 0000-0001-8475-5272, УрФУ, ⁵ORCID: 0000-0002-0050-2022, Кандидат технических наук, УрФУ,⁶ORCID: 0000-0002-4607-6612, Кандидат технических наук, УрФУ

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006 и НИР № 2014/236 на выполнение Госработ в сфере научной деятельности в рамках базовой части Госзадания № 2480 Минобрнауки РФ.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ АУСТЕНИТНАЯ СТАЛЬ ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация

Изучены особенности изменения физико-механических свойств сложнолегированных коррозионно-стойких аустенитных сталей при криогенных температурах, отличающихся легированием. Рекомендована марка коррозионно-стойкой аустенитной стали 03X14N11K5M2ЮТ, являющейся термически стабильной в широком интервале температур (до температур жидкого азота) и имеющая высокие служебные и технологические свойства.

Ключевые слова: аустенит, мартенситные превращения, фазовый состав, конструктивная прочность, ударная вязкость.

Maltseva L.A.¹, Zadvorkin S.M.², Vakhonina X.D.³, Levina A.V.⁴, Sharapova V.A.⁵, Maltseva T.V.⁶¹ORCID: 0000-0002-9621-1747, PhD in Engineering, UrFU, ²ORCID: 0000-0002-7918-8207, PhD in Engineering,the Institute of Engineering Science, RAS, ³ORCID: 0000-0001-7715-1083, UrFU, ⁴ORCID: 0000-0001-8475-5272,UrFU, ⁵ORCID: 0000-0002-0050-2022, PhD in Engineering, UrFU,⁶ORCID: 0000-0002-4607-6612, PhD in Engineering, UrFU

PROMISING AUSTENITIC STEELS FOR CRYOGENIC TECHNOLOGY

Abstract

Features of change of physical and mechanical properties of corrosion-resistant austenitic steels have been studied at cryogenic temperatures. Recommendations have been given for the type of corrosion-resistant austenitic steel 03Kh14N11K5M2YuT which is thermally stable over a wide temperature range (up to the temperature of liquid nitrogen) and has a high utility and technological properties.

Keywords: austenitic, martensitic transformations, phase composition, structural strength, impact toughness.

Введение

В связи с расширением сферы применения криогенной техники возникает необходимость создания материалов, пригодных для работы при низких температурах. Для изготовления деталей криогенной техники широко применяются стали аустенитного и мартенситностареющего классов. Чаще всего это стали коррозионно-стойкие на Fe-Cr-Ni-Mn основе или на Fe-Cr-Ni с дополнительным легированием Mo, Co, Ti (или Al) [1,2]. Стали для криогенной техники должны обладать необходимой прочностью в сочетании с высоким комплексом пластических и вязких свойств при криогенных температурах, низкой склонностью к хрупкому разрушению и высокой коррозионной стойкостью [3]. Склонность к хрупкому разрушению в вышеперечисленных сталях при низких температурах уменьшается благодаря низкому содержанию углерода (не более 0,03%) и легированию никелем и кобальтом [4]. Поэтому в данной работе проводились исследования при отрицательных температурах физико-механических свойств коррозионно-стойких аустенитных сталей различного легирования, предназначенных для получения проволоочных заготовок, с целью изготовления высокопрочных пружин ответственного назначения.

Материал и методика исследований

Объектами исследования служили три стали аустенитного класса различного легирования: марок 03X14N11K5M2ЮТ (пл.129), 03X14N11KM2ЮТ (пл.5) и 03X14N11M2ЮТ (пл. 11) в состоянии после закалки (от 1000 °С в воду) на пересыщенный γ -твердый раствор. Химический состав исследованных сталей представлен в таблице 1. Для сравнительного анализа при изучении магнитных свойств были взяты еще две стали: аустенитно-ферритного класса 03X14N10K5M2Ю2Т (пл.6), имеющая в структуре две фазы ($\gamma + \delta$) в соотношении ~ 50:50 % и сталь ферритного класса 03X13N8M2Ю2Т (пл.166), имеющая практически 100 % ОЦК-фазы (δ -феррита).

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей*

№ плавки	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Co	Ti	Al
5	≤0,03	0,3	0,08	15,7	10,52	2,7	0,7	0,36	0,98
11	≤0,03	0,2	0,07	14,8	11,1	1,75	0,06	0,3	0,8
129	≤0,03	0,12	0,07	14,2	11,4	2,2	4,5	0,4	0,83
6	≤0,03	0,22	0,09	14,2	10,1	2,45	4,97	0,28	2,6
166	≤0,03	0,22	0,09	11,2	8,1	1,6	-	0,52	2,4

* содержание S, P не более 0,025 %, остальное Fe

Выплавку исследуемых сталей проводили в индукционных печах открытого типа с использованием чистых материалов и армо-железа. Слитки массой по 10 - 20 кг подвергали гомогенизационному отжигу при 1160 °С в течение 10 ч, механической зачистке, ковали и обтачивали на диаметр 14 мм. Из заготовок указанного диаметра

вытачивали образцы для статических испытаний на растяжение, сжатие и ударных испытаний, а также изготавливали проволоку различных типоразмеров на волочильных станах.

Характеристики ударной вязкости при 20 °С и при температуре жидкого азота определялись на образцах размером 10×10×55 мм с V-образным надрезом (тип 11) согласно ГОСТ 9454-78 и ГОСТ 22848-77 с помощью инструментированного маятникового копра Tinius Olsen IT542M. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре ДРОН-3. Металлографический и фрактографический анализ осуществлялся с применением оптического микроскопа Olimpus JX51 и растрового электронного микроскопа Jeol GSM 5900LV.

Магнитные свойства образцов измеряли на установке, включающей компьютеризированный гистерезисграф Remagraph C-500 и модернизированную универсальную испытательную машину УММ-5.

Результаты исследований и их обсуждение

Микроструктура сталей типичная для аустенитных коррозионно-стойких сталей. Структура всех закаленных сталей состоит из зерен аустенита полиэдрической формы с тонкими границами и двойниками отжига. У сталей плавки 5 и 11 наблюдается довольно большое количество мелких точечных выделений второй фазы, как правило, расположенных внутри зерен, которые по данным рентгеноструктурного и электронно-микроструктурного анализа расшифровываются как χ -фаза. Кроме того, в структуре этих сталей после закалки отмечается небольшое количество δ -феррита, о наличии которого также свидетельствует появление слабой намагниченности. В работе было показано [5], что кобальт подавляет образование δ -феррита, а поскольку в плавках 5 и 11 кобальта мало (или практически отсутствует), то присутствие в структуре закаленной стали в этих плавках δ -феррита вполне оправдано. Фазовый состав и механические свойства исследуемых сталей приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства закаленных от 1000 °С сталей

№ плавки	Фазовый состав, %		$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCV, МДж/м ²		A _p /A _z	
	ОЦК	ГЦК					20°С	-196°С	20°С	-196°С
129	-	100	245	540	63	83	3,69-	1,93	2,33	0,58
5	~ 5-10	95-90	345	585	52	78	2,58	1,80	170	0,37
11*	~ 10-15	98	240	520	64	86	-	-		

* на плавке 11 ударная вязкость не определялась ввиду ограниченного количества металла

Охлаждение исследуемых сталей до криогенных температур

Испытания на ударную вязкость образцов при комнатной и криогенной температуре, а также обработка экспериментальных диаграмм ударного нагружения, записанных в координатах «нагрузка-перемещение», в соответствии с рекомендациями [6] позволила выделить из общей работы разрушения образца (A) ее составляющие – работу зарождения трещины (A_z) и работу распространения трещины (A_p), рассчитать пиковое усилие, определить напряжения пластического течения. Сравнительный анализ результатов испытания показал, что все исследуемые стали обладают повышенным сопротивлением росту трещин и, соответственно, запасом конструктивной прочности как при комнатной, так и криогенной температуре динамического испытания. С понижением температуры испытания до минус 196 °С соотношение работ распространения и зарождения трещины (A_p/A_z) снижается, что указывает на уменьшение динамической трещиностойкости при ударном нагружении в область криогенных температур.

Фрактографический анализ изломов ударных образцов показал, что процесс разрушения закаленных образцов обеих исследуемых сталей развивается по внутрикристаллическому механизму с образованием вязких ямок, при этом более высоким значениям ударной вязкости соответствуют более крупные и глубокие энергетические ямки (рис.1).

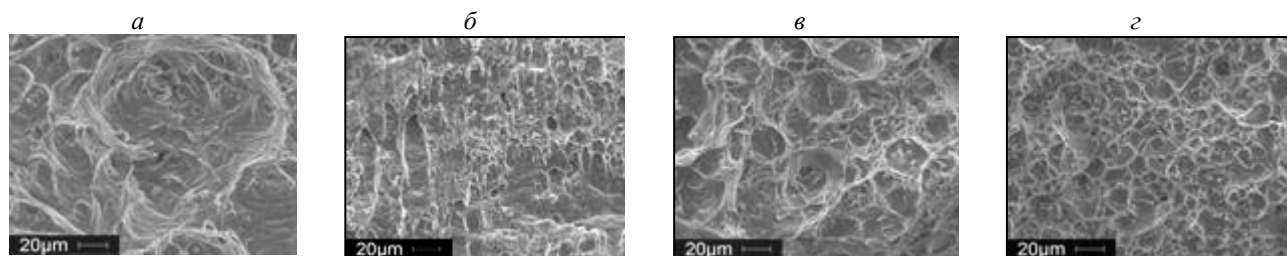


Рис. 1 - Микростроение поверхности изломов ударных образцов: а – плавка 129 (20 °С); б – плавка 5 (20 °С); в – плавка 129 (-196 °С); г – плавка 5 (-196 °С)

Поскольку исследуемые стали являются метастабильными аустенитными, то на поверхности изломов по данным рентгеноструктурного анализа было зафиксировано наличие ОЦК фазы, количество которой было практически в 2 раза выше у стали плавки 5, чем у плавки 129, вследствие большей склонности к мартенситообразованию стали с пониженным содержанием кобальта. Температурные зависимости намагниченности исследуемых сталей определяли с помощью вибрационного магнитометра LakeShore 7407 в интервале температур 77...300 К в магнитном поле напряженностью 80 А/см (Рис.2). Исследования показали, что образцы сталей плавки 5, 6, 129 и 166 практически не изменяют свою намагниченность насыщения после цикла «охлаждение до 77 К – нагрев до 300 К». Это свидетельствует о стабильности фазового состава данных сталей вплоть до температуры жидкого азота. Известно, что

кобальт несколько снижает критическую точку мартенситного превращения [5], в связи с чем, поведение стали без кобальта могло быть иным.

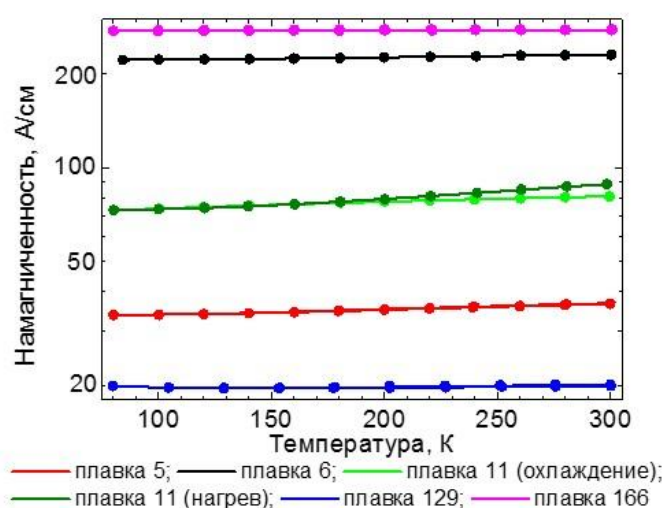


Рис. 2 - Температурные зависимости намагниченности исследуемых сталей в поле 80 А/см

Проведенные исследования магнитных свойств показали, что намагниченность насыщения стали плавки 11 после цикла «охлаждение - нагрев» увеличилась примерно на 10 %, что указывает на протекание частичного ($\gamma \rightarrow \alpha$)-превращения.

Подобная зависимость прослеживалась и на температурных кривых намагниченности с увеличением напряженности поля от 80 до 10350 А/см (Рис.3). Кривые намагниченности в зависимости от напряженности магнитного поля имеют нелинейный характер, что свидетельствует о наличии ферромагнитной фазы в исследуемых сталях. Поскольку намагниченность исследуемых сталей изменяется примерно на 3 порядка, то, следовательно, и количество магнитной фазы различается существенно от нескольких долей процента практически до 100 % (пл. 129 и 166 соответственно).

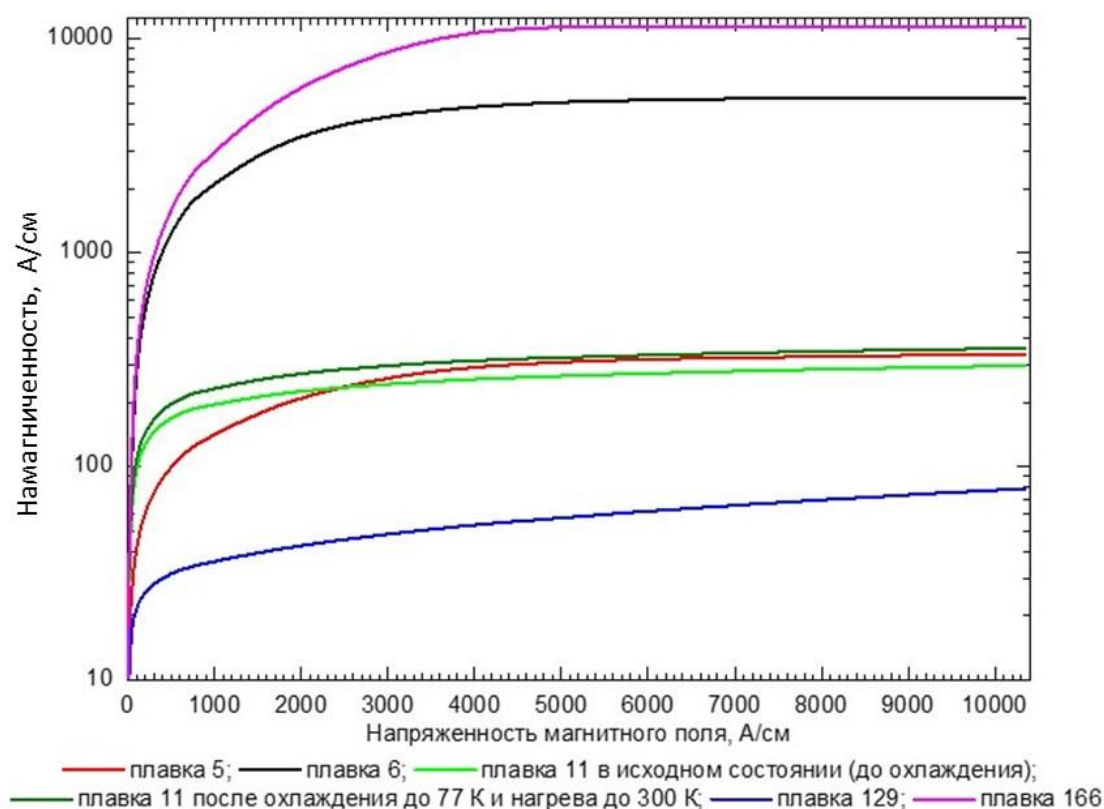


Рис. 3 - Кривые намагниченности исследуемых сталей

Аустенитно-ферритная (пл.6) и ферритная (пл.166) стали уже в закаленном состоянии имеют достаточно высокий уровень намагниченности, соответствующий количеству магнитной фазы в структуре, которое практически не изменяется при глубоком охлаждении и последующем отогреве.

При охлаждении до минус 196 °С точки M_n во всех исследуемых сталях обнаружено не было, кроме стали пл.11, не содержащей кобальта.

Механические свойства и структура исследуемых аустенитных сталей при отрицательных температурах

Поскольку аустенит исследуемых сталей является деформационно- метастабильным, то следовало ожидать изменения фазового состава после деформации сжатием на гидравлическом вертикальном прессе при усилиях $P_1 = 100, 200, 300, 400$ кН, которую проводили как при комнатной, так и при отрицательной температуре (-100 °С).

Образцы вытачивали из предварительно закаленной от 1000 °С стали в форме цилиндров диаметром $d_0 = 10$ мм и высотой $h_0 = 15$ мм. Степень деформации (e) рассчитывали по формуле $e = \ln(h_0/h_i)$, где h_i – текущая высота образца, соответствующая i -ой ступени нагружения. Измерения твердости показали, что с увеличением нагрузки при деформации, твердость образцов обеих плавок стали растет (Рис. 4). Это объясняется ростом количества ε - и α -мартенсита деформации.

При более низкой температуре (-100 °С) в условиях внешней нагрузки мартенситное превращение протекает легче, доля образовавшегося мартенсита, при равной нагрузке, выше, соответственно сталь после такой обработки имеет большую твердость. Показатели твердости стали пл.129 при одинаковых условиях испытания (температуре и нагрузке) выше твердости пл. 5.

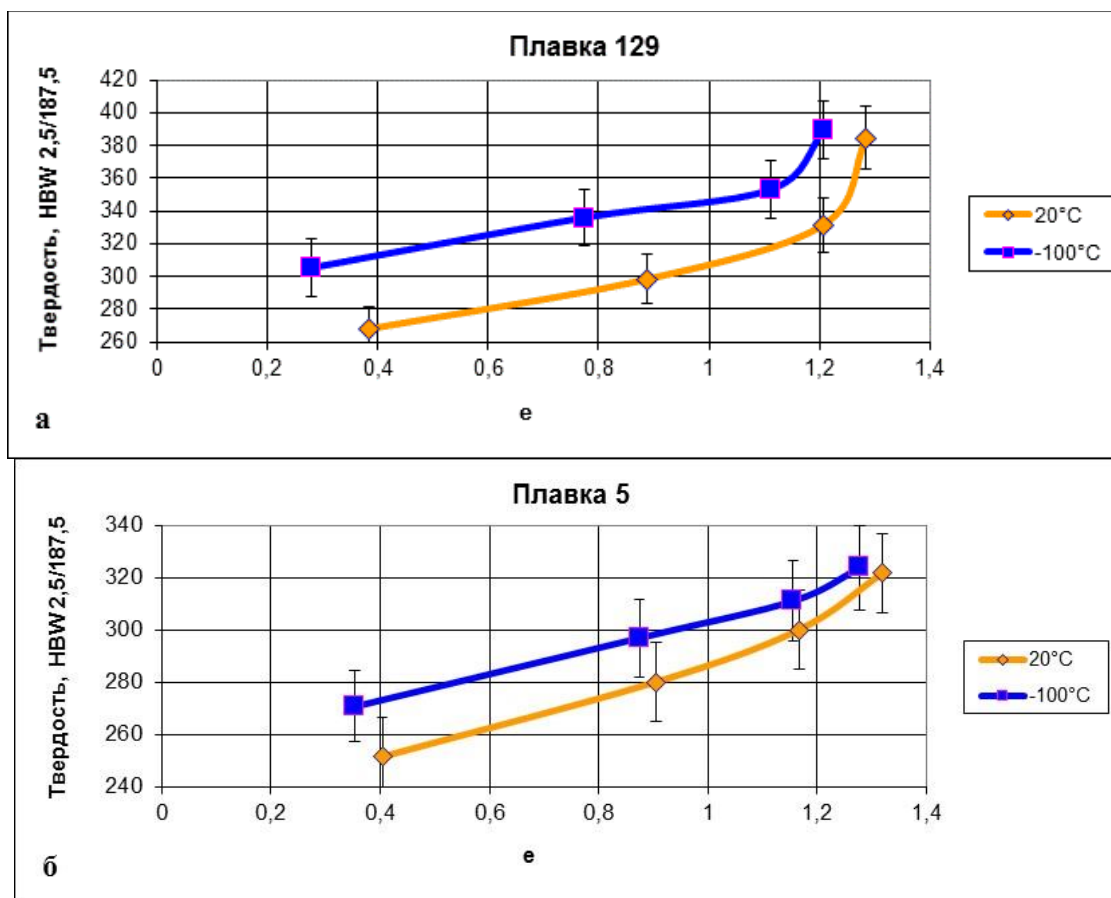


Рис. 4 - Твердость стали после деформации сжатием при 20 °С и -100 °С:
а - плавка 129, б - плавка 5

Известно [7], что в хромоникелевых аустенитных сталях типа 18-8 мартенситное превращение в ходе деформации происходит по схеме $\gamma \rightarrow \varepsilon \rightarrow \alpha$. Чаще всего ε -мартенсит можно обнаружить при деформациях не более 10-15 %. Как показали рентгеноструктурные исследования, в структуре стали пл. 5 после первого обжатия усилием 100 кН ($e \sim 0,4$) уже не наблюдается ε -мартенсит, а дальнейшее увеличение истинной степени деформации приводит к плавному повышению твердости в результате повышения количества α -мартенсита. Электронно-микроструктурные исследования деформированных сжатием образцов ($e \approx 1,1-1,2$ при усилии сжатия 300 кН) подтвердили наличие в структуре пл. 5 только α -мартенсита деформации (Рис.5 а,б). Дисперсные кристаллы мартенсита формируются в деформированном аустените, в частности на пересечении двойников, и образуют скопления в полосах скольжения аустенита.

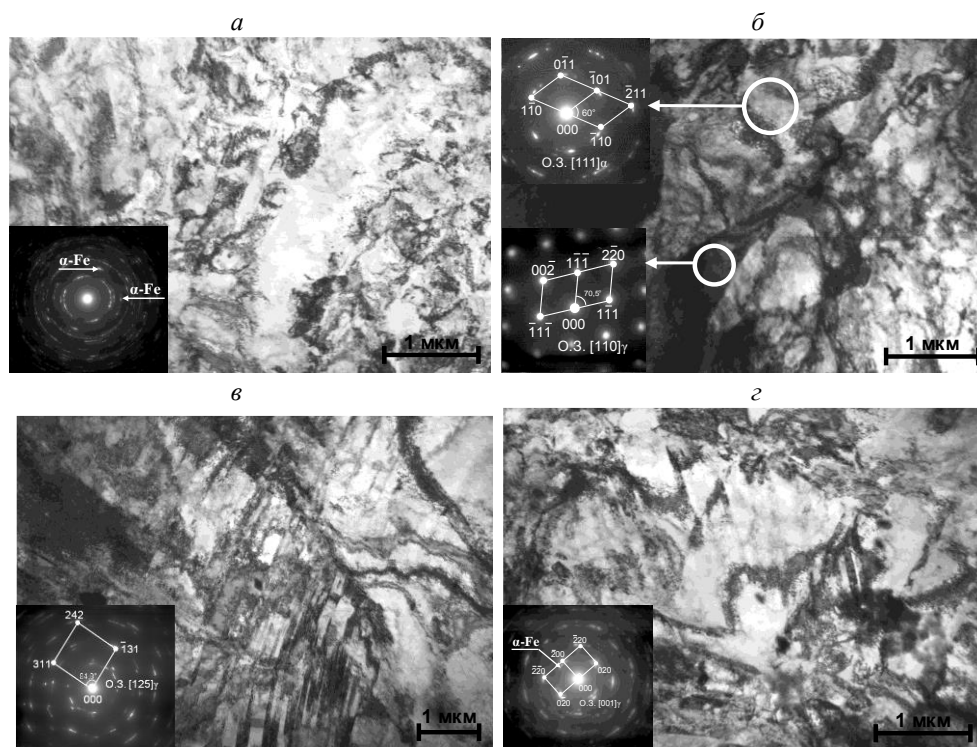


Рис. 5 - Микроструктура деформированных образцов (при усилии $P = 300$ кН): а, б – пл. 5 при 20 °С (а) и -100 °С (б); в, г – пл. 129 при 20 °С (в) и -100 °С (г)

Однако кобальт подавляет образование α -мартенсита и усиливает процесс формирования ε -мартенсита. Подобное влияние кобальта на мартенситное превращение, происходящее при деформации в исследуемой метастабильной стали 03X14N11K5M2ЮТ было показано в работе [5]. В пл.129 (03X14N11K5M2ЮТ) в связи с ее легированием 5,0 % кобальта, происходит сохранение двойникованной структуры даже при столь высокой степени истинной деформации (Рис. 5, в,г) как при комнатной, так и отрицательной температурах.

Выводы:

1. Исследуемые стали при отрицательных климатических и криогенных температурах обеспечивают необходимую прочность в сочетании с высокой вязкостью, пластичностью и низкой склонностью к хрупкому разрушению.
2. Наиболее перспективной сталью для упругих элементов и пружин является сталь 03X14N11K5M2ЮТ, имеющая высокие прочностные и технологические свойства и сохраняющая стабильность фазового состава от комнатной до криогенной температуры.
3. Исследуемые аустенитные стали являются деформационно-метастабильными. Чем выше степень деформации исследуемой стали и чем ниже температура деформирования, тем больше количество образовавшегося мартенсита деформации и, соответственно, выше прочностные свойства.
4. Мартенсит охлаждения исследованных аустенитных сталях пл. 129 и пл. 5 при температуре до -196 °С не образуется.

Литература

1. Маннинен А. И., Хорошайлов В. Г., Крахмалев В. И., Антропов Н. П. Субструктурное упрочнение метастабильных аустенитных сталей для криогенной техники. Прочность и разрушение сталей при низких температурах. М.: Металлургия, 1990. С.184-189.
2. Мальцева Л. А., Озерец Н. Н., Косицына И. И., Грачев С. В., Завалишин В. А., Дерягин А.И. Исследование формирования структуры метастабильной аустенитной стали 03X14N11K5M2ЮТ при деформационном воздействии // МиТОМ. – 2008. - № 10. – С. 19-23.
3. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 4-е перераб. и доп. СПб.: Химиздат, 2007. 784 с.
4. Братухин А. Г. Высокопрочные коррозионно-стойкие стали современной авиации. М.: Изд. МАИ, 2006. 656с.
5. Мальцева Л. А., Задворкин С. М., Шарапова В. А., Озерец Н. Н., Мальцева Т. В., Горулева Л. С. Роль кобальта в формировании структуры и физико-механических свойств метастабильных аустенитных сталей после различных упругопластических деформаций // Деформация и разрушение материалов. – 2012. - № 5. – С. 23-31.
6. Ботвина Л. Р. Разрушение: кинетика, механизмы, общие закономерности. М.: Наука, 2008. 334 с.
7. Рахштадт А. Г. Пружинные стали и сплавы. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Металлургия, 1982. 400 с.

References

1. Manninen A. I., Horoshajlov V. G., Krahmalev V. I., Antropov N. P. Substrukturnoe uprochnenie metastabil'nyh austenitnyh stalej dlja kriogennoj tehniki. Prochnost' i razrushenie stalej pri nizkih temperaturah. M.: Metallurgy, 1990. P. 184-189.

2. Mal'ceva L. A., Ozerec N. N., Kosicyna I. I., Grachev S. V., Zavalishin V. A., Derjagin A.I. Issledovanie formirovaniya struktury metastabil'noj austenitnoj stali 03H14N11K5M2JuT pri deformacionnom vozdejstvii // MITOM. – 2008. - № 10. – P. 19-23.
3. Solncev Ju. P., Prjahn E. I. Materialovedenie: Uchebnik dlja vuzov. Izd. 4-e pererab. i dop. SPb.: Himizdat, 2007. 784 p.
4. Bratuhin A. G. Vysokoprochnye korrozionno-stojkie stali sovremennoj aviacii. M.: Izd. MAI, 2006. 656 p.
5. Mal'ceva L. A., Zadvorkin S. M., Sharapova V. A., Ozerec N. N., Mal'ceva T. V., Goruleva L. S. Rol' kobal'ta v formirovanii struktury i fiziko-mehanicheskikh svoystv metastabil'nykh austenitnykh stalej posle razlichnykh uprugoplasticheskikh deformacij // Deformacija i razrushenie materialov. – 2012. - № 5. – P. 23-31.
6. Botvina L. R. Razrushenie: kinetika, mehanizmy, obshhie zakonomernosti. M.: Nauka, 2008. 334 p.
7. Rahshtadt A. G. Pruzhinnye stali i splavy. Izd. Z-e pererab. i dop. M.: Metallurgija, 1982. 400 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.132

Мелихов Н.С.¹, Костюченко А.Ю.², Ященко А.А.³, Нарежная Т.К.⁴¹Студент ИЭУИС 4-6; ²Студент ИЭУИС 4-6; ³Магистр ИЭУИС 1-8, ⁴Доцент, к.э.н.

Московский Государственный Строительный Университет

ПРЕИМУЩЕСТВА BIM ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ*Аннотация*

В статье рассмотрено понятие технологии информационного моделирования зданий BIM, её преимущества при разработке проектной документации и дальнейшем прохождении экспертизы, указаны наиболее яркие и часто встречающиеся примеры, показывающие насколько проектная документация, разработанная по действующей, можно сказать классической, модели, несовершенна, неточна, сложна в восприятии и проверке во время прохождения ею экспертизы, по сравнению с документацией, разработанной с применением BIM технологий.

Ключевые слова: BIM, экспертиза, строительство.

Melikhov N.S. ¹, Kostyuchenko A.Yu. ², Yashchenko A.A. ³, Narezhnaya T.K. ⁴¹Student IEMIS 4-6, ²Student IEMIS 4-6, ³Master IEMIS 1-8, ⁴Assistant professor, PhD in Economics.

Moscow State University Of Civil Engineering

BENEFITS BIM DURING THE EXAMINATION OF PROJECT DOCUMENTATION.*Abstract*

The article considers the concept of technology building information modeling BIM, its benefits in the development of project documentation and further through the examination, provided the most striking and commonly occurring examples showing how the project documentation developed according to the current, we can say classical, model, imperfect, imprecise, difficult to comprehend and verify at the time of passing her examination, in comparison with the documentation developed using BIM technologies.

Keywords: BIM, Expertise, Construction.

Несмотря на то, что про BIM технологии знает или слышал практически каждый инженер, поясним, вкратце, что же это такое.

Технология BIM (информационное моделирование зданий) предполагает построение одной или нескольких точных виртуальных моделей здания, включая инженерные сети, в цифровом виде. Использование моделей облегчает процесс проектирования на всех его этапах, обеспечивая более тщательные анализ и контроль. Будучи завершёнными, эти компьютерные модели содержат точную геометрию конструкции и все необходимые данные для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительных работ.

Работ, поясняющих суть BIM технологий предостаточно, и при желании можно самостоятельно изучить это понятие. Но сегодня мы хотим поговорить о преимуществах BIM при проведении экспертизы проектной документации.

Как известно, несмотря на огромное количество компьютерных программ, невозможно до конца изучить здание и его поведение на протяжении всего жизненного цикла, не построив «макет в натуральную величину». Именно поэтому только единичные проекты проходят экспертизу проектной документации с первого раза, в подавляющем же большинстве случаев документация многократно возвращается на переделку и доработку, или вовсе не имеет шансов быть воплощенной в реальность из-за серьезных конструктивных недоработок. Так же ни для кого не секрет, что в каждом строительстве расходы значительно превышают запланированные опять же из-за недочетов в расчетах.

Сегодня немногие экспертные компании имеют опыт проверки проектной документации, разработанной с использованием BIM-технологий. Это связано с тем, что ограниченный круг проектных компаний выпускает такую документацию. Тем не менее, большинство декларируют опыт, похожий на анализ структурированного и наполненного атрибутами 3D-моделирования.

Межрегиональный институт экспертизы предоставил данные, благодаря которым можно составить следующий список преимуществ экспертизы с применением BIM относительно экспертизы проектной документации в ее классическом виде.

Основными преимуществами результата увязки BIM-моделей в проектировании и экспертизе можно выделить следующие факторы:

1. Точность данных

В проектной документации, разработанной классическим, привычным для нас методом, зачастую фактические данные преподносятся в несколько искаженном виде. Для того чтобы не исправлять допущенные ошибки,

недобросовестные проектировщики умышленно вносят неточности, которые если даже и не исключены, но будут выявлены при разработке проектной документации с помощью BIM-технологий.

Ниже приведены несколько реальных примеров:

- Довольно часто в практике встречается случай, когда архитектор при разработке проектной документации начертив план помещения и получив, скажем, его площадь равную 488 кв. м, пишет вручную простым объектом "текст" - "500.0 кв. м";

- Сотрудниками, отвечающими за разработку генерального плана, нередко выпускаются чертежи со специально искаженным масштабированием. Например, вместо нормативно масштаба 1:1000, чертеж выпускается в масштабе 1:998;

- В разделе «Конструктивные решения» часто встречаются нарушения в длинах элементов, которые мы не будем выявлены в представлении на двухмерном носителе.

2. Техничко-экономические показатели проекта

Хорошо известно, что ТЭП объекта являются началом для взаимоотношений с заказчиком. Они значительно упрощаются при помощи BIM посредством упрощения сведений, простой математики при рассмотрении проектной документации, точного и своевременного определения стоимости работ, а также грамотного составления необходимых документов для оформления договора [2, 3].

3. Проверка расчетов

BIM предоставляет возможность вместе с проектировщиками просчитать ту или иную задачу в рамках предоставленного на экспертизу проекта, причём могут проверяться не только результаты, но и сами алгоритмы вычислений, которые были применены при построении расчетных моделей.

Рассмотрение решений непосредственно в среде, в которой они были сделаны, позволяет на порядок быстрее определить их соответствие техническому заданию и действующим регламентам.

4. Высокое качество взаимодействия с участниками

Написание замечаний по экспертизе проектной документации, используя текст, в то время, как на электронных чертежах в компьютере можно рисовать – не совсем грамотный и правильный выбор. Да, безусловно, для отчетности использование текстовых замечаний является необходимостью. Но для понимания сложных вопросов по проекту участникам приходится долго общаться между собой, и почти всегда – по телефону, что является не самым удобным средством для дискуссий и разъяснения ввиду отсутствия визуализации проблемных моментов. При формировании замечаний гораздо удобнее обозначать проблемный узел непосредственно на экране монитора в 3D, передавая это в дальнейшем другим участникам. Таким образом, крайне сложные и важные узлы гораздо легче воспринимаются, повышается взаимопонимание участников, и, вследствие этого, в разы быстрее принимается решение [4].

5. Поиск по BIM

BIM – это инструмент, который крайне мало используется на сегодняшний день. Но, по сути, BIM имеет потенциал не меньше, чем у поисковых машин, к которым все давно привыкли. Возможность использования поиска на чертежах и в модели сводит к минимуму телефонное общение, которое в свою очередь становится недолгим, простым, максимально конкретным и плодотворным.

6. Ответственность и культура проектирования

Распространение BIM-технологий упростит работу экспертам и позволит им качественно перестроить свою работу при проверке проектных документов. Так же применение BIM технологий улучшит качество проектирования, позволит проектировщикам оперативно исправлять выявленные ошибки, а не пытаться их скрыть и наивно надеяться на то, что их не заметят [1, 5].

В новых проектах всё чаще применяются сложные решения. BIM-технологии позволяют определить надежность конструкций, а также их соответствие регламентам, чего не всегда удастся добиться при использовании двумерных бумажных носителей.

Подводя итог, можно сказать, что при предоставлении данных в виде BIM, их проверка проходит гораздо быстрее и, главное, качественнее, без опасения за простую, но очень ответственную математику, так как программы комплекса BIM общаются между собой посредством данных, не зависящих от ручного вмешательства проектировщика. Это нечто похожее на механизм отображения числовых данных после запятой в Microsoft Office Excel в случае, когда мы не пользуемся функцией «ОКРУГЛ», а скрываем знаки в меню формата ячеек, программа хоть и выводит данные с нужным нам количеством знаков после запятой, но в расчетах использует полное число, что в конечном итоге, при расчете крупномасштабных вычислений, может привести к довольно некорректным колебаниям и расхождениям.

Из выше сказанного следует очевидный вывод, что в целом применение BIM-технологий в экспертизе проектной документации, пойдет на пользу всей отрасли, так как сроки проведения экспертизы будут значительно снижены, что приведет к улучшению массы параметров проекта, например, снижение рискованности проекта, так как она в свою очередь зависит в том числе и от продолжительности его реализации, так же сами результаты экспертизы будут максимально достоверны.

Литература

1. Международный институт экспертизы МИНЭКС [Электронный ресурс] URL: <http://minexpert.ru/news/bim-expertiza-proektnoy-dokumentacii> (дата обращения 15.04.2016)
2. Яценко А.А., Слепкова Т.И. Имитационно – информационная модель при оценке эффективности строительных инновационных процессов // Международный журнал экспериментального образования.- 2015г.-№10-С.56-59
3. Дельцова Т.Д., Афанасьева Т.В., Слепкова Т.И. Эффективность применения BIM- технологий при реконструкции объектов // Экономика и предпринимательство. - 2015. - № 6-3 (59-3). - С. 741-744.
4. Румянцева Е.В., Манухина Л.А. BIM-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). С. 33-36.

5. Мелихов Н.С., Костюченко А.Ю., Яценко А.А. Портрет современного студента из «инженерного спецназа» // журнал 2016 стр. 20-21.

References

1. Mezhdunarodnyj institut jekspertizy MINJeKS [Elektronnyj resurs] URL: <http://minexpert.ru/news/bim-expertiza-proektnoy-dokumentacii> (data obrashhenija 15.04.2016)
2. Jashhenko A.A., Slepko T.I. Imitacionno – informacionnaja model' pri ocenke jeffektivnosti stroitel'nyh innovacionnyh processov // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija. - 2015g.-№10-S.56-59
3. Del'cova T.D., Afanas'eva T.V., Slepko T.I. Jefferktivnost' primenenija BIM- tehnologij pri rekonstrukcii ob#ektov // Jekonomika i predprinimatel'stvo. - 2015. - № 6-3 (59-3). - S. 741-744.
4. Runjanceva E.V., Manuhina L.A. BIM-tehnologii: podhod k proektirovaniju stroitel'nogo ob#ekta kak edinogo celogo // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija. 2015. № 5 (18). S. 33-36.
5. Melihov N.S., Kostjuchenko A.Ju., Jashhenko A.A. Portret sovremennogo studenta iz «inzenernogo specnaza» // zhurnal 2016 str. 20-21.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.079

Нифонтова Л.С.¹, Руди Д.Ю.¹, Халитов Н.А.¹, Нурахмет Е.Е.¹, Руденок А. И.¹, Шарков Н.В.¹

Бубенчиков А.А.²

¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00243 а

АНАЛИЗ ТИПОВ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Аннотация

В работе рассмотрены типы тепловых насосов, классифицируемые по принципу работы и используемым источникам низкопотенциальной теплоты. Так же проведен анализ типов тепловых насосов, при этом учитывались условия Омского региона. Целью данной работы являлся выбор наиболее подходящего для условий Омского региона типа теплового насоса. Данный анализ позволил сузить круг исследуемых тепловых насосов. По результатам анализа выбран тип теплового насос для дальнейшего исследования. В дальнейшем планируется исследование работы выбранного для Омского региона типа теплового насоса.

Ключевые слова: тепловой насос, источник низкопотенциальной теплоты, Омск.

Nifontova L.S.¹, Rudi D.Yu.¹, Khalitov N.A.¹, Nurakhmet Y.Y.¹, Rudenok A.I.¹, Sharkov N.V.¹, Bubenchikov A.A.²

¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering

Omsk State Technical University

ANALYSIS OF THE TYPES HEAT PUMPS

Abstract

The article considers the types of heat pumps, which are classified on the principle of work and used low-grade heat source. Types of heat pumps analyzed, taking into consideration the condition of Omsk region. The aim of this article is choice heat pump the most appropriate for conditions Omsk region. This analysis allowed to narrow the range of the investigated heat pumps. According to the analysis results the type of heat pump was choice for future investigation. Further it is planned study the work chosen for the Omsk region heat pump type.

Keywords: heat pump, low-grade heat source, Omsk.

В настоящее время разработка устройств, использующих нетрадиционные источники энергии такие как: энергию ветра, воды, солнца, геотермальную энергию, а также тепловую энергию, содержащуюся в воде, воздухе и земле, актуальна среди ученых во всем мире [1-3]. Одним из таких устройств являются тепловые насосы.

Тепловой насос представляет собой машину, реализующую обратный термодинамический цикл, в результате чего осуществляется перенос теплоты от менее нагретых тел к более нагретым. По принципу работы тепловые насосы можно разделить на сорбционные и парокомпрессионные

В сорбционных тепловых насосах сорбент при помощи термохимических процессов поглощает рабочий агент с выделением теплоты – процесс сорбции. А затем, с поглощением теплоты из сорбента выделяется рабочий агент – процесс десорбции. Для работы такого теплового насоса необходимо располагать тремя внешними источниками теплоты: греющий источник, источник низкой температуры, для охлаждаемого элемента установки, и окружающая среда. Использование дополнительного источника теплоты делает такой вид насоса более затратным по сравнению с парокомпрессионным [4].

Парокомпрессионные тепловые насосы можно представить в виде системы из трех замкнутых контуров. В первом циркулирует антифриз, который собирает теплоту из окружающей среды, данный контур так же называется внешним. Второй представляет собой цикл теплового насоса, в котором циркулирует хладагент. Он отбирает теплоту внешнего теплоносителя, испаряясь при низкой температуре, и отдает теплоприемнику, конденсируясь при высокой температуре. Третий контур является внутренним контуром, по которому циркулирует теплоприемник, например вода систем теплоснабжения [5].

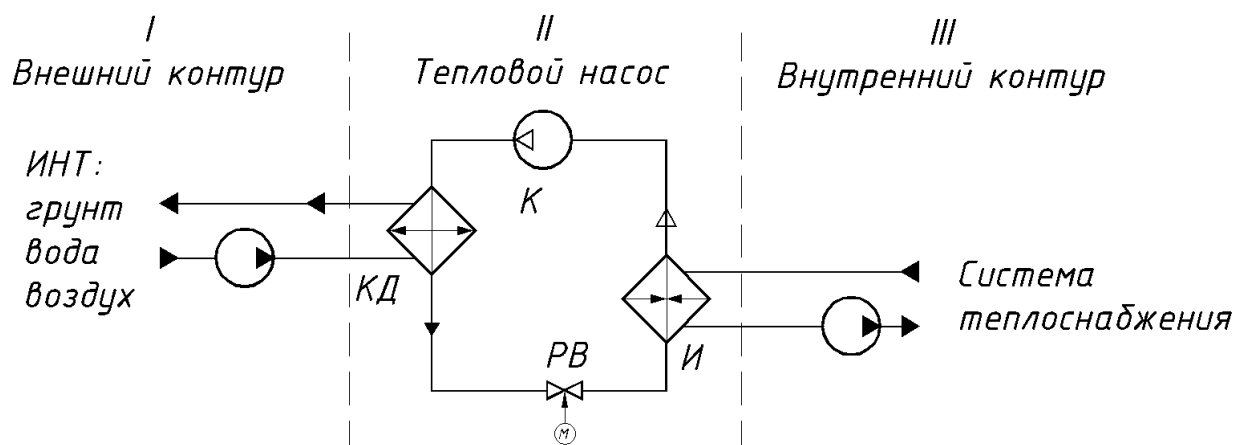


Рис. 1 - Принципиальная схема теплового насоса: *И* – испаритель;
К – компрессор; *КД* – конденсатор; *РВ* – регулирующий вентиль

Тепловые насосы так же можно классифицировать по источникам низкопотенциальной теплоты, которые в свою очередь могут быть естественного и искусственного происхождения. Естественными источниками могут служить наружный воздух, подземные воды, грунт, солнечная энергия, поверхностные воды, такие как река, озеро, море. К искусственным источникам теплоты относят сбросные воды, вытяжной воздух систем вентиляции и так далее.

В воздушных тепловых насосах воздух продувается через испаритель, отдавая тепло холодильному агенту. Холодильный агент, проходя через конденсатор отдает тепло воде, которая используется для отопления. Наружный воздух как источник низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов является очень доступным ресурсом. Однако коэффициент теплоотдачи воздуха очень низок, а при изменениях его температуры в большом диапазоне, достигая отрицательных значений, эффективность теплового насоса сильно снижается [6]. Исходя из этих соображений, можно сделать вывод, что данный тип теплового насоса самый лучший выбор для условий Омского региона.

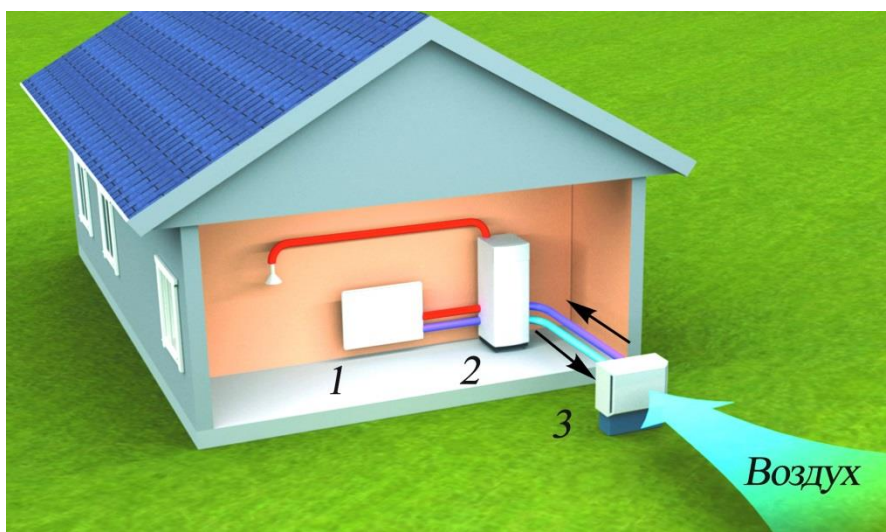


Рис. 2 - Воздушный тепловой насос:
1 – отопительный прибор; *2* – тепловой насос; *3* – испаритель

Тепловые насосы, которые используют воду в качестве низкопотенциального источника теплоты, так же подразделяются на два типа: открытый и закрытый.

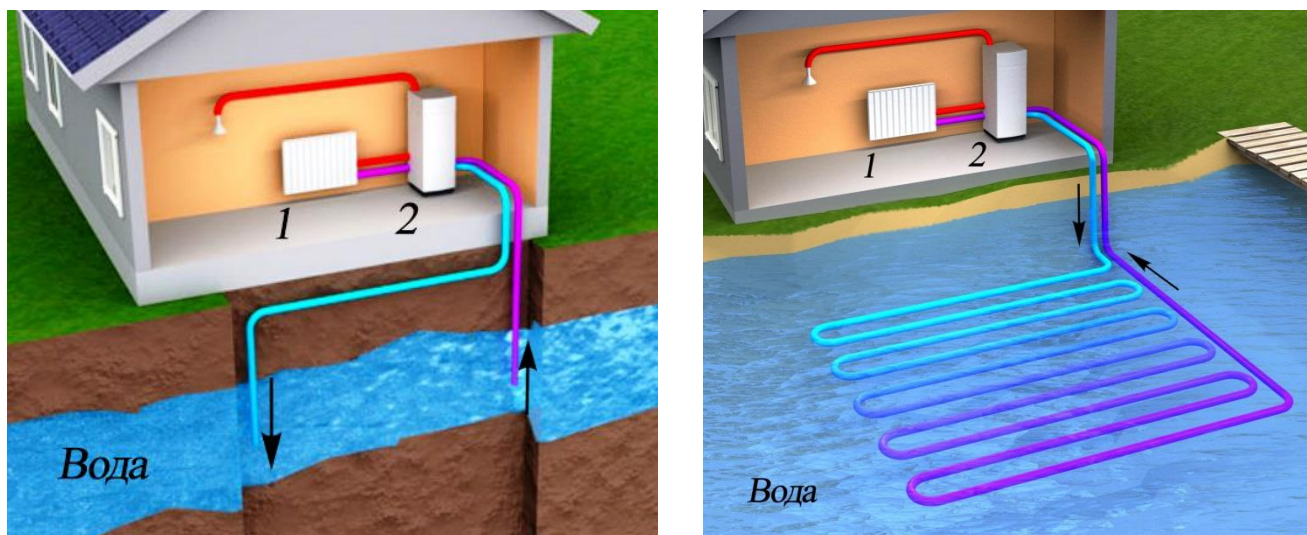


Рис. 3 - Водяной тепловой насос открытого (а) и закрытого (б) типов:
1 – отопительный прибор; 2 – тепловой насос

Особенностью открытого типа является то, что вода из скважины или водоема поступает непосредственно в испаритель. Благодаря этой особенности монтаж и эксплуатация являются наиболее экономичными [7-8]. Однако в реальных условиях данная система сталкивается с многими проблемами. Необходимо учитывать требования местной администрации в вопросах организации сточных вод. Сильная загрязненность источника так же играет свою роль, быстрое загрязнение теплообменников приводит уменьшению их эффективности. Эксплуатационные затраты на отвод и подвод воды, работу обустройство скважин и колодцев для тепловых насосов имеют высокую стоимость. Большим потенциалом, за счет высокой температуры обладают промышленные водостоки, воды обратных систем охлаждения промышленных предприятий, а так же канализационные неочищенные и очищенные сточные воды. Однако для такого рода систем необходимо проектировать индивидуальные теплообменные поверхности и учитывать излишнюю загрязненность источника [9].

В закрытом типе на дно водоема укладывается контур, по которому циркулирует антифриз, и протягивается до места установки теплового насос. При монтаже такого типа теплового насоса проводится минимум земляных работ, что делает его достаточно экономичным. Однако имеются требования по минимальной глубине и объему водоема для конкретного региона. Установка данного типа имеет смысл при наличии поблизости непромерзающего водоема. [7-8].

Таким образом для реализации теплового насоса, отбирающего теплоту у воды, необходимы либо большие затраты на очистное оборудование, либо, находящийся рядом со зданием, достаточно глубокий водоем, что является частным случаем. В связи с этим типы тепловых насосов, использующие воду в качестве низкопотенциальной теплоты, не подходят для повсеместного использования на территории Омского региона.

Тепловые насосы, использующие теплоту земли в качестве источника можно разделить на три типа по виду теплообменника: горизонтальный, вертикальный, корзина и спираль.

Горизонтальные геотермальные тепловые насосы отнимают теплоту с помощью грунтового теплообменника уложенного горизонтально в земле и называемого коллектором. Коллектор размещается кольцами или извилисто на глубине ниже промерзания грунта (2-2,2 м в Омске). При этом расстояние между трубами составляет не менее 0,7–1 м [6]. Следовательно, Данный тип теплового насоса нуждается в больших по площади земляных работах. Поэтому для Омского региона горизонтальный тепловой насос не является целесообразным.

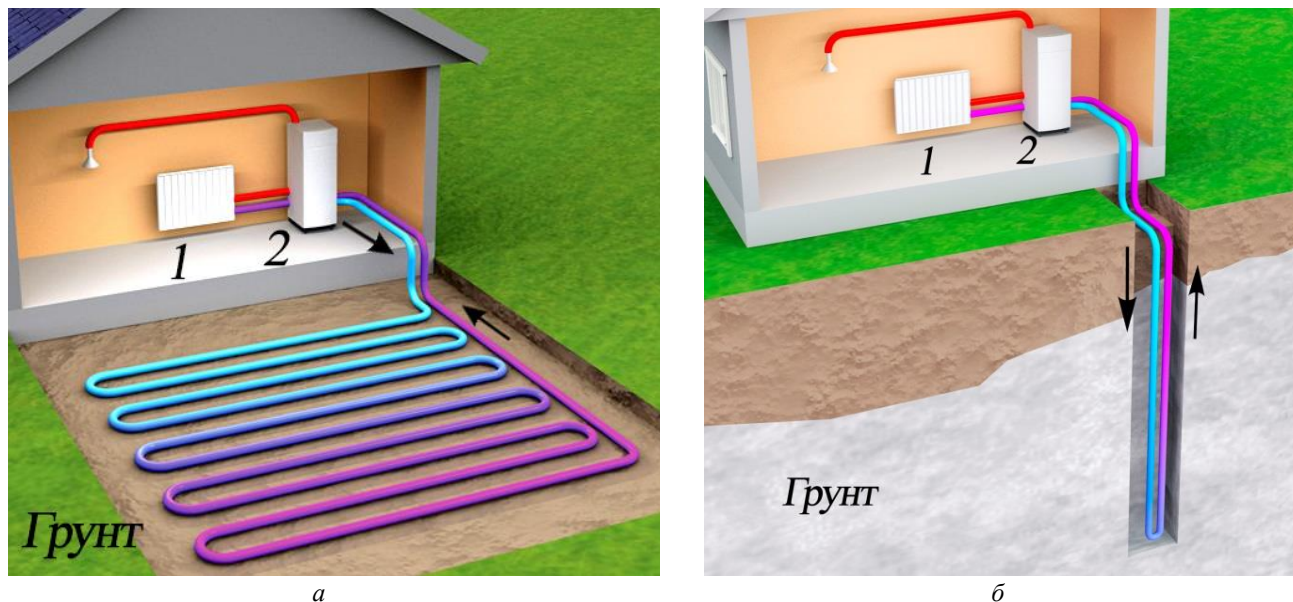


Рис. 4. Горизонтальный (а) и вертикальный (б) теплообменники:
1 – отопительный прибор; 2 – тепловой насос

Вертикальный теплообменник представляет собой трубную систему, в виде U-образного колена, погруженную в скважину. Глубина скважины варьируется в пределах 20–120 м. Антифриз переносит теплоту земли с глубины, циркулируя по трубам. На глубине более 10 – 15 м. грунт имеет постоянную температуру в течение года равную примерно 8 – 10 °С. Достоинствами такой системы являются ее компактность и относительная дешевизна и быстрота процедуры бурения [7].

Вертикальный теплообменник можно так же применять в сваях сооружений, что уменьшает себестоимости бурильных работ. Учитывая, что в городе свободной площади земли очень мало, такой вариант может быть очень выгодным для Омского региона.

Отдельно классифицируются теплообменники типа «Корзина» и «Спираль». Они объединили в себе свойства горизонтальных теплообменников и способ установки вертикальных теплообменников [10]. Такой тип теплообменника не требует глубокого бурения скважин и одновременно использует меньшую площадь, в сравнении с горизонтальным коллектором. Поэтому он может быть очень выгодным для использования на территории Омского региона. Однако для «тепловых корзин», при высоком уровне грунтовых вод, нужно выполнять водопонижение, которое требует специального оборудования и соблюдения технологии. [11].

Для спирального теплообменника, в случае, когда грунт песчаный или имеются грунтовые воды, что бы уменьшить вероятность обрушения или оплывания скважины используют обсадные трубы. Однако скважина в грунте для установки такого теплообменника почти всегда производится при помощи спирального бура. Минимальные глубина скважины для спирального теплового насоса составляет пять метров [12].

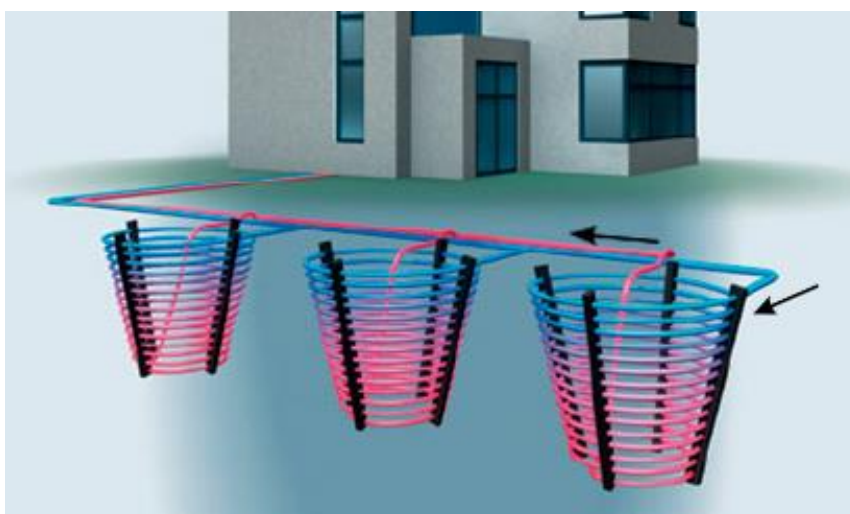


Рис. 5 - Геотермальный теплообменник типа «Корзина»

Выводы и заключения.

Поскольку не всегда бурение скважин на большую глубину может оказаться выгодным, теплообменники типа «Корзина» и «Спираль» кажутся наиболее выгодными для условий Омского региона. Однако глубина промерзания на территории Омского региона больше по сравнению с Европейской частью России, где такие тепловые насосы получили большее распространения. Поэтому эффективность такого теплообменника может оказаться ниже для территории Омского региона.

Таким образом, для отопления в условиях Омского региона может подойти тепловой насос, как с вертикальным теплообменником, так и с теплообменниками типа «Корзина» и «Спираль». В дальнейшем я собираюсь исследовать данный вопрос подробнее.

Литература

1. Бубенчиков А.А., Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О. Возможность применения солнечной энергии на территории России и Омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 85-89.
2. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Р.А. Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В. Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 39-43.
3. Бубенчиков А.А., Киселёв Г.Ю., Киселёв Б.Ю., Есипович Н.В., Николаев М.И. Целесообразность применения гелиоустановок // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 77-80.
4. Амерханов Р.А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат 2005. — 160 с., ил.
5. Шеремет Е.О. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения в целях повышения экономичности энергоэффективности тепловых сетей / Е.О. Шеремет, А. С. Семенов // Современные наукоемкие технологии. – 2013 – № 8 – с. 54-57
6. Бондарь Е. С. Тепловые насосы: расчет, выбор, монтаж / Е.С. Бондарь // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011 – № 4 (112) – с. 62-37
7. Райх В. Геотермальные тепловые насосы / В. Райх // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011 – № 1 (109) – с. 80-83
8. Экономика-технологии-экология [Электронный ресурс]: Региональная энергосервисная компания. – свободный доступ <http://eco-t-eco.ru/pumps>
9. Solarsoul [Электронный ресурс]: информационный ресурс о применении солнечной энергии и энергосбережении. Подробная информация о технологиях в сфере возобновляемой энергетики – свободный доступ <http://solarsoul.net/vodyanoj-teplovoj-nasos>
10. Земляные зонды и водяные зонды [Электронный ресурс] – свободный доступ <http://www.altalgroup.com/ghp.htm>
11. Geotherm [Электронный ресурс]: Геотермальные тепловые насосы – свободный доступ <http://www.geotherm.com.ua/about/closedloop/heatbasket.html>
12. Тепло сервис [Электронный ресурс]: Спиральные и вертикальные геозонды - новейшие технологии сбора тепла грунта для тепловых насосов – свободный доступ <http://teplo-v-dome.net/spiralnye-vertikalnye-geozondy-novejschie-tehnologii-sbora-tepla-grunta-dlya-teplovyx-nasosov/>

References

1. Bubenichikov A.A., Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., SHkandyuk D.O. Vozmozhnost' primeneniya solnechnoj ehnergii na territorii rossii i omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 85-89.
2. Bubenichikov A.A., Artamonova E.YU., R.A. Dajchman R.A., Fajfer L.A., Katerov F.V., Bubenichikova T.V. Problemy primeneniya vetroehnergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 5-2 (36). S. 39-43.
3. Bubenichikov A.A., Kiselyov G.YU., Kiselyov B.YU., Esipovich N.V., Nikolaev M.I. Celesoobraznost' primeneniya gelioustanovok // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 77-80.
4. Amerhanov R.A. Teplovyje nasosy. – M.: EHnergoatomizdat 2005. — 160 s., il.
5. SHERemet E.O. Primenenie teplovyh nasosov v sistemah centralizovannogo teplosnabzheniya v celyah povysheniya ehkonomichnosti ehnergoehfektivnosti teplovyh setej / E.O. SHERemet, A. S. Seminenko // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2013 – № 8 – s. 54-57
6. Bondar' E. S. Teplovyje nasosy: raschet, vybor, montazh / E.S. Bondar' // Santechnika, otoplenie, kondicionirovanie. – 2011 – № 4 (112) – s. 62-37
7. Rajh V. Geotermal'nye teplovyje nasosy / V. Rajh // Santechnika, otoplenie, kondicionirovanie. – 2011 – № 1 (109) – s. 80-83
8. EHkonomika-tekhnologii-ehkologiya [EHlektronnyj resurs]: Regional'naya ehnergoservisnaya kompaniya. – svobodnyj dostup <http://eco-t-eco.ru/pumps>
9. Solarsoul [EHlektronnyj resurs]: informacionyj resurs o primenenii solnechnoj ehnergii i ehnergosderidenii. Podrobnaya informaciya o tekhnologiyah v sfere vozobnovlyaej ehnergetiki – svobodnyj dostup <http://solarsoul.net/vodyanoj-teplovoj-nasos>
10. Zemlyanye zondy i vodyanye zondy [EHlektronnyj resurs] – svobodnyj dostup <http://www.altalgroup.com/ghp.htm>
11. Geotherm [EHlektronnyj resurs]: Geotermal'nye teplovyje nasosy – svobodnyj dostup <http://www.geotherm.com.ua/about/closedloop/heatbasket.html>
12. Teplo servis [EHlektronnyj resurs]: Spiral'nye i vertikal'nye geozondy - novejschie tekhnologii sbora tepla grunta dlya teplovyh nasosov – svobodnyj dostup <http://teplo-v-dome.net/spiralnye-vertikalnye-geozondy-novejschie-tehnologii-sbora-tepla-grunta-dlya-teplovyx-nasosov/>

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.077

Нурахмет Е.Е.¹, Руди Д.Ю.¹, Халитов Н.А.¹, Руденок А. И.¹, Шарков Н.В.¹ Нифонтова Л.С.¹, Бубенчиков А.А.²¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00243 а

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Аннотация

В статье рассмотрено – определение электрического термопреобразователя для осуществления измерения температуры, основные выполняемые задачи, основное предназначение, указаны отрасли различных областей, и технологические установки, где они успешно применяются и какую задачу выполняют, составлена основная формула определения величины термоэлектродвижущей силы, указаны основные характеристики и чем они характеризуются в целом, рассмотрен ряд основных достоинств и недостатков с подробным рассмотрением.

Ключевые слова: электрический термопреобразователь, термопара, измерение температуры.

Nurakhmet Y.Y.¹, Rudi D.Yu.¹, Khalitov N.A.¹, Rudenok A.I.¹, Sharkov N.V.¹, Nifontova L.S.¹, Bubenchikov A.A.²¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering

Omsk State Technical University

DEVELOPMENT OF ELECTRIC THERMAL CONVERTER FROM A SOLAR COLLECTOR

Abstract

The article considers definition of electric thermocouple for temperature measurement, the main tasks performed, the main purpose, given the industry a variety of areas and processing plants, where they successfully applied what task is performed, composed the basic formula for determining the value of the thermoelectric power, shows the main features and what they characterized as a whole, addressed a number of key advantages and disadvantages of a detailed examination.

Keywords: electric thermocouple, thermocouple, temperature measurement.

Развитие альтернативной энергетики ставит новые задачи в разработке способов и конструкций для преобразования, и хранения электрической энергии [1-3]. Основой большинства солнечных коллекторов является электрический термопреобразователь [4]. Он представляет собой устройство для измерения температуры, в составе которого находится два разнородных проводника, имеющие контакт друг с другом в одной или нескольких точках одновременно, которые в некоторых случаях образуют связь между компенсационными проводами. При переменах температуры в одном из таких зон, параллельно в этот же момент появляется установленное напряжение.

Электрические термопреобразователи также имеющие другое название как, термопары [4] либо термопреобразователь, предназначение которых заключается в осуществлении контролирования и измерения температуры твердых, жидких, газообразных состояний вещества, имеющих неагрессивную реакцию непосредственно к материалу [5] корпуса самого преобразователя, а также конвертации температуры в энергию, в частности, в электрический ток.

Существует два типовых вида подключения термопары к приборам измерительного и преобразовательного действия (рис. 1). В первом случае термопары подключаются к свободным концам термоэлектродов (а), или же в разрыв одной из дуг датчика (б).

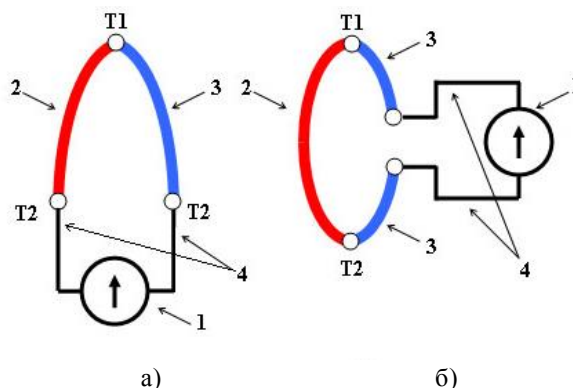


Рис. 1 - Типы подключения термопары к измерительным и преобразовательным приборам

1- измерительный прибор; 2,3 – термоэлектроды; 4 – соединительные провода; T1, T2 – температуры «горячего» и «холодного» спаев температуры

Определить величину термо-ЭДС, произведённой термопарой, можно по следующей формуле [7]:

$$E_T = K_T * (T_1 - T_2)$$

где K_T – постоянный коэффициент пропорциональности^[2].

Обычной задачей электрических термопреобразователей является осуществление измерения температур объектов различного типа и сред с различными агрегатными состояниями, также немаловажным стоит отметить, что термопары еще применяются в системах управления и контроля, большая доля которых является автоматизированной. Термопары, изготавливаемые из сплава вольфрама-рений в настоящее время являются самыми высокотемпературными контактными датчиками температуры [6]. Для постоянного контроля температуры расплавленных металлов в отрасли черной и цветной металлургии, применение термопар такого исполнения является незаменим.

Термопары применяются в самых широких отраслях, так например, они применяются в газовых котлах, где непрерывно контролируют пламя и защищают котел от излишней загазованности. Происходит это следующим образом, газовый клапан удерживается в открытом состоянии при помощи собственного тока термопары, который нагревается непосредственно от самой горелки. В случае затухания пламени, ток термопары снижается, и клапан перекрывает подачу газа. Обратный процесс осуществляется примерно таким же образом, при затухании пламени, ток вырабатываемый термопарой будет снижаться, и далее сам клапан будет перекрываться, и подача газа будет прекращена.

В 20—30-х годах прошлого столетия термопары имели совсем необычное применение. Они питали радиоприемники простейшего исполнения, а также некоторые другие приборы имеющие малый ток.

Электрические термопреобразователи используются в насадочных колоннах, где они измеряют температуру разделяемого либо перерабатываемого вещества [7]. Применяется также в установках для исследования термоосмотического течения воды в пористых стеклах [8]. В установках для измерения токов разрядки, где термопара измеряет температуру в измерительной ячейке установки [9].

Применяется в схемах для исследования температурных параметров корпуса вращающейся содовой печи, где они привариваются к наружной стенке печи [10]. Используются в технологических трубопроводах, где как соответственно измеряют температуру [11]. В схемах для определения влажности газов, термопара измеряет температуру полированных поверхностей, где накапливается влага [12].

Электрические термопреобразователи как, и устройство имеет свои основные характеристики, которыми являются:

- *градуировочная характеристика* – обуславливает значение зависимости между температурой рабочего спая и значением термоЭДС термопары;

- *чувствительность*;

- *погрешность*. Термопара имеет следующие причины погрешности: отклонение от стандарта характеристик термопары; непостоянство характеристики термопары с течением времени; у защитной арматуры в процессе лучеиспускания и теплопроводности происходит потеря тепла; температура свободных концов отклоняется от градуировочных значений; инерция, происходящая от тепла;

От стандартных значений характеристик термопары отклоненные характеристики, обуславливаются следующими причинами: термоэлектроды имеют в составе разнородные сплавы, напряжениями, вызванными механическими способами и др. В соответствии с ГОСТ для промышленных термопар допускаются отклонения реальных значений термоЭДС от градуировочных значений допускаются в диапазоне от сотых до десятых долей милливольт.

- *показатель тепловой инерции (постоянная времени)* - определяется показателем тепловой инерции, и описывается следующим образом: термопара, имеющая постоянную времени, определяется из процесса внедрения термопары в исследуемую среду. Постоянная времени определяет быстродействие электрического термопреобразователя, которое может находиться от в диапазоне от миллисекунд до минут;

Постоянная времени зависит от конструктивной особенности термопары и толщи проводов.

Как и любое техническое устройство электрические термопреобразователи имеют свой ряд достоинств и недостатков, которые указаны ниже.

Достоинство электрических термопреобразователей заключается в следующем:

- высокая точность измерения значений температуры (вплоть до $\pm 0,01$ °C), что позволяет точно определять температуру;

- большой температурный диапазон измерения: от -250 °C до $+2500$ °C, применение возможно при любом агрегатном состоянии вещества;

- простота конструкции, не будет возникать затруднений при установке;

- низкая стоимость, что существенно облегчает ее внедрение;

- высокая надежность, что означает выход устройства из эксплуатации сведено к минимуму.

Электрический термопреобразователь является не до конца совершенным устройством, и также как любое устройство имеет свои недостатки. Недостатками является следующее:

- необходима индивидуальная градуировка термопары для произведения высокоточного измерения температуры (до $\pm 0,01$ °C);

- нелинейная зависимость термоЭДС от температуры. Возникают проблемы при выработке вторичных преобразователей сигнала;

- в результате резких перепадов температур появляются термоэлектрические неоднородности, напряжения, вызванные механически;

- появляется эффект «антенны» при значительной длине термопарных и удлинительных проводов, для уже существующих электромагнитных полей.

Литература

1. Бубенчиков А.А., Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О. Возможность применения солнечной энергии на территории России и омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 85-89.
2. Бубенчиков А.А., Дайчман Р.А., Артамонова Е.Ю. Анализ генераторов для систем автономного электроснабжения // Научный аспект. 2015. Т. 2. № 4. С. 201-207.
3. Бубенчиков А.А., Дайчман Р.А., Артамонова Е.Ю. Выбор аккумуляторных батарей для систем автономного питания // Научный аспект. 2015. Т. 2. № 4. С. 208-215.
4. Рогельберг И.Л., Бейлин В.М. Сплавы для термопар: справочное издание. М.: Металлургия, 1983, 360 с.

5. Черепанов В.А. Методы измерений электрических и магнитных свойств функциональных материалов: Учебное пособие. – «Уральский государственный университет им. А.М. Горького», 2008, 143 с.
6. Данишевский С.К., Гуревич А.М., Смирнова Н.И., Павлова Е.И., Ипатова С.И., Константинов В.И. Термодары для измерения высоких температур с применением термоэлементов на молибденовой или вольфрамовой основе. АС СССР №108438 (опубл. в «Бюллетень изобретений», №4, 1958), приоритет 1957 г.
7. Вольфович, С. И., Жаворонков, Н. М. Пospelov, И. А. Методы и процессы химической технологии., Москва - Ленинград - «Академия наук СССР», 1955, 234 с.
8. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 389 с.
9. Лушечкин Г.А. Полимерные электреты. М, «Химия», 1976. – 224 с.
10. Абдеев Р.Г., Рамазанов Р.Г., Рыскулов Р.Г., Инсафутдинов А.Ф. Обеспечение работоспособности содовых печей повышением точности и технологичности при сборке на стадии эксплуатации. – Уфа: БашНИИСтрой, 1988. – 222 с.: ил.
11. Наумов В.Г., Орлов В.М. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. – Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 276 с.
12. Ничуговский Г.Ф. Определение влажности химических веществ. Л., «Химия», 1977. – 200 с.

References

1. Bubenchikov A.A., Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., SHkandyuk D.O. Vozmozhnost' primeneniya solnechnoj ehnergii na territorii Rossii i omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 85-89.
2. Bubenchikov A.A., Dajchman R.A., Artamonova E.YU. Analiz generatorov dlya sistem avtonomnogo ehlektrosnabzheniya // Nauchnyj aspekt. 2015. T. 2. № 4. S. 201-207.
3. Bubenchikov A.A., Dajchman R.A., Artamonova E.YU. Vybora akkumulyatornyh batarej dlya sistem avtonomnogo pitaniya // Nauchnyj aspekt. 2015. T. 2. № 4. S. 208-215.
4. Rogel'berg I.L., Bejlin V.M. Splavy dlya termopar: spravocnoe izdanie. M.: Metallurgiya, 1983, 360 s.
5. CHerepanov V.A. Metody izmerenij ehlektricheskikh i magnitnykh svojstv funkcional'nykh materialov: Uchebnoe posobie. – «Ural'skij gosudarstvennyj universitet im. A.M. Gor'kogo», 2008, 143 s.
6. Danishevskij S.K., Gurevich A.M., Smirnova N.I., Pavlova E.I., Ipatova S.I., Konstantinov V.I. Termopary dlya izmereniya vysokih temperatur s primeneniem termoelementov na molibdenovoj ili vol'framovoj osnove. AS SSSR №108438 (opubl. V «Byulleten' izobretenij», №4, 1958), prioritet 1957 g.
7. Vol'fkovich, S. I., ZHavoronkov, N. M. Pospelov, I. A. Metody i processy himicheskoy tekhnologii., Moskva - Leningrad - «Akademiya nauk SSSR», 1955, 234 s.
8. Deryagin B.V., CHuraev N.V., Muller V.M. Poverhnostnye sily. – M.: Nauka, 1985. – 389 s.
9. Lushchejkin G.A. Polimernye ehlektrety. M, «Himiya», 1976. – 224 s.
10. Abdeev R.G., Ramazanov R.G., Ryskulov R.G., Insafutdinov A.F. Obespechenie rabotosposobnosti sodovykh pechej povysheniem tochnosti i tekhnologichnosti pri sborke na stadii ehkspluatatsii. – Ufa: BashNIISTroj, 1988. – 222 s.: il.
11. Naumov V.G., Orlov V.M. Izgotovlenie i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov. – Moskva: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nym materialam, 1961. – 276 s.
12. Nichugovskij G.F. Opredelenie vlazhnosti himicheskikh veshchestv. L., «Himiya», 1977. – 200 s.

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Мы настоятельно рекомендуем всем нашим авторам зарегистрироваться в системе **Science Index РИНЦ**.

Таким образом, авторы могут более детально контролировать список своих публикаций, не только в нашем журнале, но и во всех научных изданиях, входящих в РИНЦ. Регистрация в системе также позволит узнать индекс научного цитирования автора и его публикаций.

Подробную инструкцию по регистрации в системе Science Index РИНЦ Вы можете найти на нашем сайте <http://research-journal.org/> в разделе «Полезно знать».

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.005

Резаиан Н.¹, Новикова Г.М.²¹Магистр кафедры информационных технологий, Российский Университет Дружбы Народов,²кандидат технических наук, Российский Университет Дружбы Народов**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И СИНТАКСИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА НА ПЕРСИДСКОМ ЯЗЫКЕ
С ПОМОЩЬЮ УСЛОВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ****Аннотация**

В статье изложен подход к реализации морфологического и синтаксического анализа текста на персидском языке с применением метода условных случайных полей. Продемонстрирована корректность и эффективность данного подхода применительно к языку со свободным порядком слов в предложении. Выделены ключевые грамматические особенности языка, которые необходимо учитывать при создании подобной системы. Проанализированы результаты различных тематических групп персидских текстов на предмет корректного тегирования.

Ключевые слова: обработка естественного языка, метод условных случайных полей, скрытая модель Маркова, морфологический и синтаксический анализ.

Rezaeian N.¹, Novikova G.M.²¹ Master of Information Technologies, Peoples' Friendship University of Russia, ² PhD in Engineering,
Peoples' Friendship University of Russia**MORPHOLOGICAL AND SYNTACTIC ANALYSIS OF PERSIAN TEXT WITH CONDITIONAL
RANDOM FIELDS****Abstract**

The article describes an approach to the implementation of the morphological and syntactic analysis of the text in Persian language using the method of conditional random fields. It demonstrates the correctness and effectiveness of this approach in relation to the language with a free word order in a sentence. Key grammatical features of the language that must be considered when creating such a system are highlighted. The results of various thematic groups of Persian texts for correct tagging were analysed.

Keywords: natural language processing, conditional random fields, hidden markov model, morphological and syntactic analysis.

Обработка естественного языка (NLP) является одним из важнейших и актуальных направлений в области синтеза искусственного интеллекта и математической лингвистики. Основные усилия здесь сосредоточены в поиске и совершенствовании подходов к анализу текста, выраженного естественным человеческим языком и возможностями компьютера «воспринимать» и перерабатывать эту информацию. Обработка естественного языка является задачей типа AI-полная задача, так как предполагает высокий уровень понимания окружающего мира и человеческих эмоций. Очевидно, что решение этих задач требует от исследователя знаний как в области лингвистики, так и в области искусственного интеллекта.

С приходом компьютерных технологий в жизнь человека тема обработки естественного языка стала интересовать многих ученых. Несмотря на полувековую историю самой проблематики и различных исследований в данной области, точкой отсчета для которых стало создание «машины Тьюринга», до сих пор не найдено удовлетворительного решения этой задачи. Большое количество исследований в данной области только подчеркивают значимость темы, поскольку создание подобной системы может стать ключом к формированию общего понятийного поля между человеком и машиной, а значит будет являться еще одним шагом в решении задачи их сближения.

Создание системы обработки текста на естественном языке дает платформу для решения сразу нескольких проблем. Смирнов И.В. в своей работе [1] выделяет три целевых блока, где возможно использование этих методов. Первый – анализ текста и информационный поиск (машинный перевод с одного языка на другой; системы, поддерживающие диалог с пользователем; поиск текстовой информации по запросу пользователя; извлечение информации из текстов; вопросно-ответные системы; автоматическое резюмирование; выявление заимствований и плагиата; кластеризация и классификация текстов; контентный анализ). Второй – синтез текстов, предполагающий автоматическую генерацию текстов с заданными характеристиками. Третий – естественно-языковое взаимодействие с компьютером (распознавание речи – перевод речи (звука) в текст, синтез речи – перевод текста в звук).

Количество научных исследований в этой области растет с каждым днем, усовершенствование методов обусловлено, в свою очередь, и наличием специфики национальных языков, что создает особую проблематику в реализации методов обработки естественного языка.

Специфика обработки естественного языка для персидских текстов

Процесс автоматической обработки текста неразрывно связан со структурными особенностями самого языка. Грамматический строй персидского языка может быть охарактеризован как флективно-аналитический, а синтаксис характеризуется относительно свободным порядком слов в предложении, что порождает ряд сложностей при создании системы автоматической обработки текста.

Мы выделили следующий перечень проблем и особенностей, с которыми может столкнуться исследователь при анализе персидского текста и которые важно учитывать как на этапе предварительной обработки, так и в ходе морфологического и синтаксического анализа: проблема индивидуальных различий в написании слова, проблема определения границ именной группы (так называемая изафетная конструкция), возможная потеря информации по причине различий в диалектах, проблема смысловой множественности (феномен омонимичности в персидских словах), проблема ошибочной пунктуации (полностью или частично искажающей смысловые значения), проблема сложных предикатов, проблема омографов (порождаемая, в частности, отсутствием в персидской письменности

способа выражения кратких гласных «а», «о», «е» в середине слова), большое количество словоформ персидского глагола (спрягается по лицам и числам), особенности суффиксального образования множественного числа существительных, проблема притяжательных местоимений, выраженных с помощью изафетных цепей или местоименных энклитик.

Этапы предварительной обработки текста

Нормализация или графематический анализ представляет собой первичный этап автоматической обработки, решающий задачу трансформации входного текста в простую каноническую форму. Графематический анализатор выступает в роли, своего рода, текстового препроцессора, результатом работы которого должна стать линейная последовательность слов, включающая также элементы пунктуации. С его помощью происходит удаление нетекстовых символов, разделение цепочки символов на слова, выделение цифр, чисел, дат, неизменяемых оборотов и сокращений, деление на предложения и абзацы.

Многие исследователи, занимающиеся проблемой обработки естественного языка, зачастую даже не выделяют этот этап как самостоятельный, переходя сразу к этапу токенизации. В рамках решения наших задач нормализация текста представляет особое значение, так как по сегодняшний день в персидском языке не существует жестких норм правописания. Например, многие слова вариативны в чтении и написании, у различных авторов мы встречаем как раздельное, так и слитное написание предлогов и приставок, многие буквы, изначально предназначенные только для арабизмов, употребляются вопреки этимологии в исконных словах и т.п. В общей сложности, мы выделили 24 проблемы в процессе автоматической обработки текста на персидском языке, которые решает этап нормализации. Обозначим некоторые из них: приведение цифр в тексте к персидскому написанию, исправление арабских букв в персидских словах, исправление в датах точек на слеш, удаление избыточных пробелов (дополнительные пробелы в различных словоформах), удаление знаков буквенного удвоения, устранение каллиграфических особенностей написания текста (напр.: дополнительное тире внутри слова), удаление диакритических знаков.

В своей работе на этапе нормализации мы использовали метод регулярных выражений, позволивший создавать комбинации последовательностей любой сложности и, в целом, подойти к процессу реализации графематического анализа с большей гибкостью. В результате, мы получили выходной текст в виде цепочки последовательностей в единой форме.

Следующим этапом предварительной обработки текста является этап *токенизации*, предполагающий выделение базовых элементов текста (токенов), ограниченных с двух сторон разделительными символами, пробелами или знаками пунктуации. Элементами здесь выступают слова, числа, даты, сокращения, аббревиатуры, составные предлоги и т.д. Токенизация позволяет выделить дискретные единицы текста, являющиеся основой для дальнейшей работы на этапах морфологического и синтаксического анализа. В результате токенизации каждому элементу присваивается соответствующий тип: слово, число, дата, адрес и т.д.

Морфологический анализ (Part-Of-Speech Tagging)

Этап предварительной обработки текста позволяет получить исходный текст, пригодный для корректного проведения морфологического и синтаксического анализа. Следующим шагом в этой цепочке является *стемминг*, процесс нахождения основы слова, которая и в персидском языке необязательно совпадает с морфологическим корнем слова. По нашей оценке стемминг позволяет до 15% увеличить эффективность обработки текста на персидском языке. Технически этот этап предполагает удаление суффикса и приставки в персидских словах, что, правда, не всегда приводит к корректному результату. Чтобы избежать ошибочного определения основы слова, необходимо учитывать ряд грамматических особенностей, таких как, написание притяжательных местоимений с помощью изафетных цепей, совпадение суффикса с частью основы слова, различные позиции отрицательной частицы внутри глагола, особенности построения некоторых форм прошедшего времени глагола, полностью видоизменяющих начальную словоформу, соединительные буквы у существительных.

Методология решения этапа стемминга различна. Традиционные подходы предполагают использование базы данных суффиксов и приставок. Слабость этого метода в том, что эти морфемы могут совпадать с частью основы слова, и система автоматически будет их отсекают, создавая множественные ошибки при обработке текста. В соответствии с обозначенными проблемами в нашем решении этого этапа был использован алгоритм Kstemming, переработанный с учетом грамматических особенностей персидского языка. В алгоритм были добавлены различные словари персидского языка, такие как, словарь, содержащий все основы слов (за исключением глагольных форм), словарь особых форм глаголов и существительных единственного и множественного числа (инфикс), словарь с глагольными основами, словарь суффиксов и приставок.

Алгоритм работает по принципу деления слов на глагольные и неглагольные формы, задавая для них различную последовательность этапов обработки, описанных на рисунках 1 и 2.

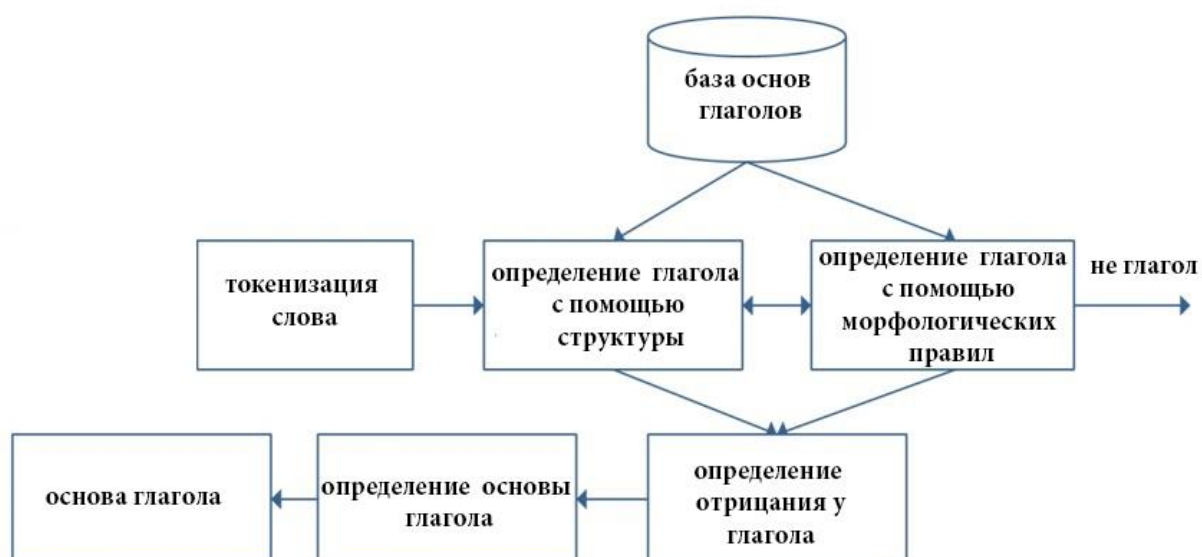


Рис. 1 – Определение основы глагола

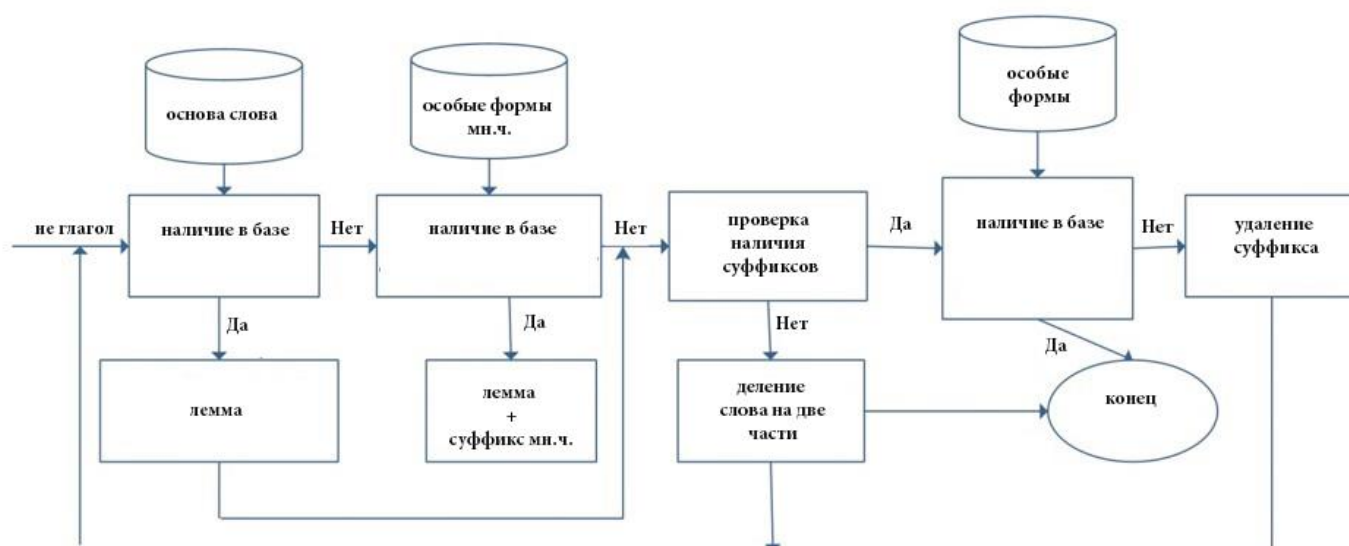


Рис. 2 – Определение основы не глагола

Этап морфологического анализа финализируется *установлением морфологических признаков слов* текста. Эта задача может рассматриваться как задача разметки или тегирования текста – установления тегов (морфологических признаков). Набор устанавливаемых признаков при этом непосредственно зависит от языка. В персидском языке, где отсутствуют грамматические падеж и род, часто ограничиваются установлением части речи.

Синтаксический анализ (Parsing)

Проблема синтаксического анализа текста является на сегодняшний день одной из наиболее актуальных в компьютерной лингвистике. Связано это с тем, что до сих пор не создано эффективного инструмента, как с точки зрения качественных показателей обработки текста, так и с точки зрения самого подхода для его проведения.

Задача синтаксического анализа состоит в описании синтаксической структуры предложения. В работе [2] выделяют две основные модели ее представления: структура зависимостей и структура непосредственно-составляющих. Использование той или иной модели определяется грамматическими особенностями самого языка. Так языкам с фиксированной последовательностью слов в предложении в большей степени релевантна вторая модель, а языкам с произвольным порядком слов, к каковым относится и персидский, первая. Именно поэтому в нашей работе мы использовали структуру зависимостей, основной принцип которой заключен в том, что в синтаксической связи всегда одно слово главное, а другое зависимое, что и определяет саму направленность этой связи. Как правило, синтаксическую структуру предложения представляют в виде дерева зависимостей, в узлах которого стоят слова, а ориентированные дуги между узлами в виде стрелок, отображаемых обычно над предложением, обозначают синтаксические зависимости.

Методологические решения этапов морфологического и синтаксического анализа при автоматической обработке текста были предложены исследователями в следующих моделях: скрытая модель Маркова (СММ), преобразование

на основе обучения (Transformation/Rule-based tagger), система на основе памяти (Memory-based System), модель максимальной энтропии Маркова (ММЭМ).

Разработанные до сих пор системы синтаксического анализа, такие как Pattern Matching Parsing, Syntactic or grammar based Parsing и т.д., имеющие основной целью обработку текста на английском языке, не очень успешно работают при анализе персидских текстов. Отдельных законченных свободно распространяемых анализаторов персидского языка пока не так много. Ознакомившись с некоторыми из них, мы пришли к выводу, что эффективность таких анализаторов не очень высока. Во многом, на наш взгляд, это связано с выбором методов, не вполне удовлетворяющих решению самой задачи. В настоящей статье вводится понятие «условных случайных полей» (CRF) – структуры моделирования последовательности. Модель условных случайных полей является дискриминативной моделью, которая во многом имеет все преимущества ММЭМ, но при этом решает проблему смещения метки, суть которой обозначена в работе [3] как тенденция модели максимальной энтропии отдавать предпочтение тем скрытым состояниям, которые имеют меньшую энтропию распределения последующих состояний. Возможность применения в нашей работе метода условных случайных полей при создании системы автоматической обработки текста обусловлено появлением в недавнем времени корпуса на персидском языке, отсутствие которого ранее, при разработке анализаторов, не позволяло использовать данный метод. Рассмотрим подробнее схему работы самого алгоритма.

Метод условных случайных полей (CRF)

Метод условных случайных полей относится к статистическим методам классификации, позволяющим анализировать «контекст» классифицируемого объекта. Одним из главных достоинств этой модели является то, что она не требует моделировать вероятностные зависимости между так называемыми наблюдаемыми переменными.

Общая модель условного случайного поля

Определение 1. Для любой случайной величины V_i его множеством соседей ∂_i называется множество смежных с V_i вершин: $\partial_i = \{j \in A: j \neq i, (i, j) \in E\}$. Таким образом, многомерная случайная величина V и система зависимостей её компонент образуют ненаправленный граф $G = (V, E)$.

Определение 2. Пусть $G = (V, E)$ — неориентированный граф с множеством вершин V и множеством ребер E . Набор случайных величин $V_i, i \in A$ образует Марковское случайное поле (Markov Random Field, MRF) по отношению к G , если выполнены следующие условия

1. $\forall v \in \Omega P(V = v) > 0$
2. $P(V_i = v_i | V_j = v_j, j \in A \setminus \{i\}) = P(V_i = v_i | V_j = v_j, j \in \partial_i)$

Определение 3. Полный подграф графа G называется кликой. Пусть c — клика, а v_c — ограничение реализации v на c , то есть $v_c = (v_{i_1}, \dots, v_{i_{|c|}})$, где $i_j \in c, j = 1, \dots, |c|$. Пусть $C(G)$ — это множество всех клик графа $G = (V, E)$. Определим функцию-фактор $\Psi_c(v_c)$ как некоторую функцию $\Psi_c: C \rightarrow \mathbb{R}_+$.

Определение 4. Дискретное распределение называется распределением Гиббса [1], если $P(V = v) = \frac{1}{Z} \prod_{c \in C(G)} \Psi_c(v_c)$, где Z — нормирующая константа, называемая статистической суммой, такая что: $Z = \sum_{v \in \Omega} \prod_{c \in C(G)} \Psi_c(v_c)$

Определение 5. Условным случайным полем (УСП) (Conditional Random Field, CRF) называется MRF, у которого множество вершин разбито на два непересекающихся множества $V = X \cup Y$, где X и Y — множества наблюдаемых и скрытых переменных соответственно. Всюду далее мы будем использовать следующее обозначение $x = \{v \in X\}$ и $y = \{v \in Y\}$. Также мы будем предполагать, что значения случайных величин из x и y принадлежат некоторым конечным пространствам $X^{|x|}$ и $Y^{|y|}$ соответственно. Задача предсказания состоит в том, чтобы оптимальным образом восстановить значения y , при условии, что нам даны наблюдаемые x . Таким образом, в соответствии с теоремой Хаммерслея-Клиффорда нужно максимизировать $p(y|x) = \frac{1}{Z(x)} \prod_{c \in C} \Psi_c(x, y)$, где $Z(x) = \sum_{y \in Y} \prod_{c \in C} \Psi_c(x, y)$ — статистическая сумма. Функции-факторы Ψ_c в подавляющем большинстве случаев является экспонентой от линейной комбинации некоторых признаков с весами, которые нужно определить в процессе обучения: $\Psi_c = \exp(\sum_{k=1}^K f_k(x_c, y_c) \cdot \theta)$. Стоит также отметить, что наиболее трудоемкой в смысле вычислительной сложности является задача оценки статистической суммы $Z(x)$, так как количество слагаемых в ней растет экспоненциально по размеру x . Поэтому в общем случае при вариационном выводе и на этапе обучения $Z(x)$ не вычисляют точно, а лишь приближительно оценивают [4].

Вычислительный эксперимент

На этапе обучения условных случайных полей нами был использован корпус на персидском языке (Дадеган), содержащий десять миллионов слов. Помимо морфологического и синтаксического тегирования данный корпус включает в себя также тегирование по темам, что позволяет нам не только реализовать этапы морфологического и синтаксического анализа автоматической обработки текста, но также и протестировать гибкость нашей модели при обработке текстов различных тематических групп.

В общей сложности корпус насчитывает 60 различных тем. На этапе эксперимента нами было выбрано пять из них: спорт, политика, история, наука, литература. Каждая тема насчитывает 200 предложений, которые, в свою очередь, состоят из 25 слов. Итого, каждая тематика насчитывает 5 000 слов.

Результаты эксперимента описаны в таблице № 1.

Таблица 1

Тематика	Корректные теги (в словах)	Корректные теги (%)
Спорт	4812	96,25
Политика	4665	93,3
История	4743	94,48
Наука	4755	95,1
Литература	4075	81,5

Как видно из данных, обозначенных в таблице, результаты, полученные при обработке текстов с тегом «литература» ниже, чем у других категорий. На наш взгляд, это связано с переизбытком в литературных текстах всевозможных риторических фигур: метафоричности, метонимии, фразеологизмов, гиперболизации и т.д. А использование в таких текстах авторской грамматики и авторской структуры литературной фразы зачастую идет вразрез со стандартной грамматической формой предложения.

Заключение

В статье нами было дано описание разработанной системы морфологического и синтаксического анализа текста на персидском языке с помощью условных случайных полей. Существование аналогичных анализаторов на других языках на практике показало их непригодность в работе с персидскими текстами, что объясняется отсутствием их грамматической адаптации. В работе было выделено несколько «узких мест», в частности, обозначена важность этапа нормализации при обработке текста, по причине отсутствия до сих пор четких норм правописания на персидском языке. Этот шаг позволил минимизировать ряд возможных ошибок, возникающих на последующих этапах работы с текстом.

Одной из целей исследования было тестирование нашей системы на предмет ее гибкости в работе с текстами различных тематических групп. Анализ показал снижение результатов только в теме с тегом «литература», что обусловлено особенностями построения подобных текстов и наличия в них большого количества риторических фигур. Для получения более высоких результатов при обработке подобных тематических категорий необходимо увеличение корпуса текстов. Показатели с другими тематическими тегами очень близки друг к другу. Корректность тегов в процессе морфологического анализа при использовании метода условных случайных полей составила – 97,1%, в процессе синтаксического анализа – 89,6%.

Таким образом, данный подход можно рассматривать в качестве единой универсальной системы в части обработки текстов на персидском языке различных тематических групп и дающей высокие показатели корректной обработки в процессе морфологического и синтаксического анализа.

Литература

1. Смирнов И.В. Введение в анализ естественных языков : учебно-методическое пособие –Москва РУДН, 2014-85 с.
2. Антонова А.Ю., Соловьев А.Н. Метод условных случайных полей в задачах обработки русскоязычных текстов. «Информационные технологии и системы — 2013», Калининград, 2013.
3. Charles Sutton, Andrew McCallum An introduction to Conditional Random Fields
4. Романенко А.А. Применение условных случайных полей в задачах обработки текстов на естественном языке.
5. Смирнов И.В., Шелманов А.О. Семантико-синтаксический анализ естественных языков
6. Statistical Method for NLP, Maximum Entropy Markov Model, Sammer Maskey, March 2010
7. Jinho D. Choi, Joel Tetreault, Amanda Stent It Depends: Dependency Parser Comparison Using A Web-based Evaluation Tool. In Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers), Beijing, China, 2015
8. Dependency Parsing, Sandra dubler, Rayan McDonald, Joakim Nivre
9. Michael Collins Log-Linear Models And Long-Linear Tagging Models
10. Lafferty J., McCallum A., Pereira F. «Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data». Proceedings of the 18th International Conference on Machine Learning. 282-289. 2001
11. The CoNLL-2009 shared task: Syntactic and semantic dependencies in multiple languages / Jan Hajic, Massimiliano Ciaramita, Richard Johansson et al. // Proceedings of the Thirteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task / Association for Computational Linguistics. - 2009.

References

1. Smirnov I.V. Vvedenie v analiz estestvennyh jazykov : uchebno-metodicheskoe posobie –Moskva RUDN, 2014-85 s.
2. Antonova A.Ju., Solov'ev A.N. Metod uslovyh sluchajnyh polej v zadachah obrabotki russkojazychnyh tekstov. «Informacionnye tehnologii i sistemy — 2013», Kaliningrad, 2013.
3. Charles Sutton, Andrew McCallum An introduction to Conditional Random Fields
4. Romanenko A.A. Primenenie uslovyh sluchajnyh polej v zadachah obrabotki tekstov na estestvennom jazyke.
5. Smirnov I.V., Shelmanov A.O. Semantiko-sintaksicheskij analiz estestvennyh jazykov
6. Statistical Method for NLP, Maximum Entropy Markov Model, Sammer Maskey, March 2010
7. Jinho D. Choi, Joel Tetreault, Amanda Stent It Depends: Dependency Parser Comparison Using A Web-based Evaluation Tool. In Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers), Beijing, China, 2015
8. Dependency Parsing, Sandra dubler, Rayan McDonald, Joakim Nivre
9. Michael Collins Log-Linear Models And Long-Linear Tagging Models
10. Lafferty J., McCallum A., Pereira F. «Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data». Proceedings of the 18th International Conference on Machine Learning. 282-289. 2001
11. The CoNLL-2009 shared task: Syntactic and semantic dependencies in multiple languages / Jan Hajic, Massimiliano Ciaramita, Richard Johansson et al. // Proceedings of the Thirteenth Conference on Computational Natural Language Learning: Shared Task / Association for Computational Linguistics. - 2009

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.078

Руденок А. И.¹, Руди Д.Ю.¹, Халитов Н.А.¹, Нурахмет Е.Е.¹, Шарков Н.В.¹, Нифонтова Л.С.¹, Бубенчиков А.А.²¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00243 а

РАЗРАБОТКА НАКОПИТЕЛЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МАХОВИКОВОГО ТИПА НА МАГНИТНЫХ ОСЯХ**Аннотация**

В данной статье автор рассматривает альтернативу повседневному источнику бесперебойного питания. Значительное внимание уделяется накопителям кинетической энергии маховикового типа на магнитных осях. В статье выяснены особенности этого вида источника бесперебойного питания. Также был проведён сравнительный анализ накопителя относительно электрохимического типа хранения энергии. Прослеживается процесс разработки данного типа, источника бесперебойного питания, и прогресс нескольких компаний работающих в этом направлении.

Ключевые слова: кинетический накопитель, маховик.

Rudenok A.I.¹, Rudi D.Yu.¹, Khalitov N.A.¹, Nurakhmet Y.Y.¹, Sharkov N.V.¹, Nifontova L.S.¹, Bubenchikov A.A.²¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering

Omsk State Technical University

DEVELOPMENT DRIVE KINETIC ENERGY OF THE FLYWHEEL TYPE MAGNETIC AXES**Abstract**

In this article the author examines the everyday alternative to an uninterruptible power supply. Considerable attention is paid to the kinetic energy of the flywheel storage devices such as magnetic axes. The article clarified the features of this type of uninterruptible power supply. Also, a comparative analysis of the drive with respect to electrochemical energy storage type was held. The author traces the process of developing this type of uninterruptible power supply, and the progress of several companies working in this direction.

Keywords: kinetic drive, flywheel.

В настоящее время большое распространение получают системы автономного, резервного и дополнительного питания на основе ветровой и солнечной энергии [1-3]. Одной из главных проблем, эффективной и надёжной работы, электрической системы — это хранение электрической энергии. На сегодняшний день широко используется электрохимический тип хранения, у которых присутствует весомый недостаток — недолговечность. Поэтому наиважнейшая цель найти альтернативный накопитель, который соблюдал важным требованиям — это живучесть, высоконадёжность, размеры.

Первостепенным для такой роли подходит Кинетический накопитель маховикового типа на магнитных осях, совместно с электрической машиной, работающая как двигатель, так и генератором.

Это устройство предназначено для запаса и хранения механической энергии для дальнейшего его преобразования в форме электрической энергии. Пополнение запаса происходит благодаря кинетической энергии вращательного движения маховика, который заряжаясь, раскручивается от источника механической энергии. При отключении источника запасённая механическая энергия трансформируется в электрическую благодаря электродвигателю, на рисунке 1 показана кинематический накопитель от компании VYCON [4]

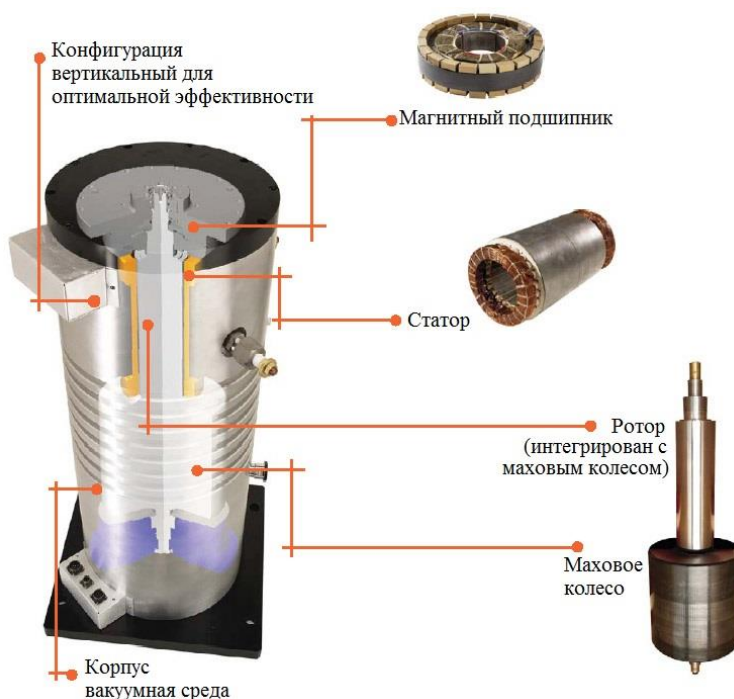


Рис. 1 - Кинематический накопитель от компании VYCON

Основное достоинство кинетического накопителя заключается простота технического обслуживания, высокая экологичность и живучесть (приблизительно до 10 лет), и огромной удельной мощности из всех типов аккумуляторов энергии [4]. В начале устройство не было конкурентно способно с электрохимическими аккумуляторами. За прошедшее время появились сверхпрочные и легкие материалы, повысились характеристики постоянных магнитов, магнитных подшипников, электроники. Благодаря им современные кинетические накопители наделены большой энергоёмкостью и способностью моментально отдавать запас энергии. А также у накопителя отсутствует влияние циклов заряда – разряда на срок эксплуатации и протяжённый эксплуатационный срок махового колеса. [5]

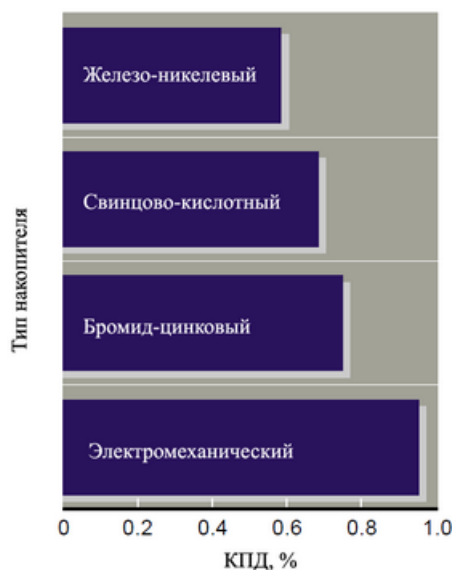


Рис. 2 - Сравнительная характеристика КПД некоторых типов накопителей.

В таблице 1 приведены значения удельного энергосодержания некоторых современных накопителей энергии [5]/

Таблица 1 - Удельное энергосодержание накопителей энергии

Накопитель энергии	Удельная энергосодержание, Вт*час/кг
Электрические конденсаторы	До 5
Кислотно-свинцовые аккумуляторы	40
Никелевые металл-гидридные аккумуляторы	80
Жидкий азот	100-200
Литые стальные маховики	До 15
Супермаховики из углепластиков, стальных лент	100-200

Уже сегодня кинематические накопители нашли применение в разных отраслях начиная от космических технологиях заканчивая автономным электроснабжением потребителя. Ни для кого не секрет, что возобновляемые источники энергии, такие как энергия солнца и ветра, неустойчивы по величине и по времени. Следовательно, есть смысл накопить энергию во время её выработки, и потом использовать для бесперебойного питания потребителей, когда выработка отсутствует. Такое применение очень хорошо себя проявит в автономных электроснабжениях, где потребитель находится далеко от основного источника питания.

Компанией ENERCON была приведена схема системы автономного электроснабжения, показанная на рисунке 3 [6].

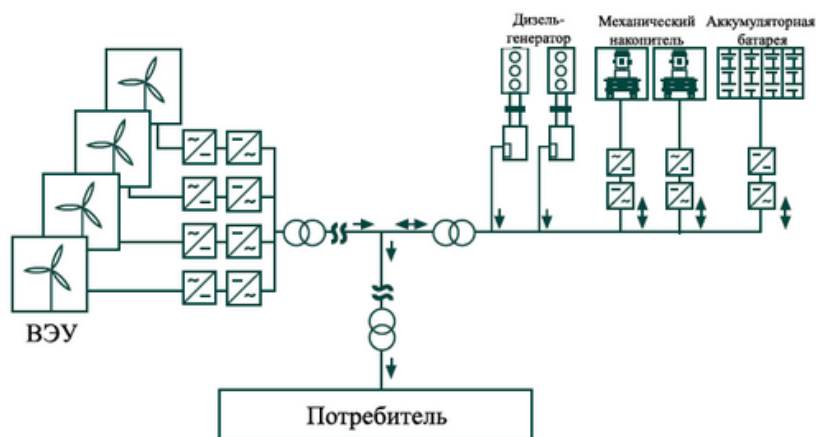


Рис. 3 - Схема системы автономного электроснабжения.

Принцип работы такой схемы прост. Избыток электроэнергии подаётся на электродвигатель накопителя, который раскручивает маховик, в котором запасается энергия. После того, как потребитель возобновил способность потреблять полученную энергию, генератор преобразовывает энергию вращения обратно в электроэнергию [6].

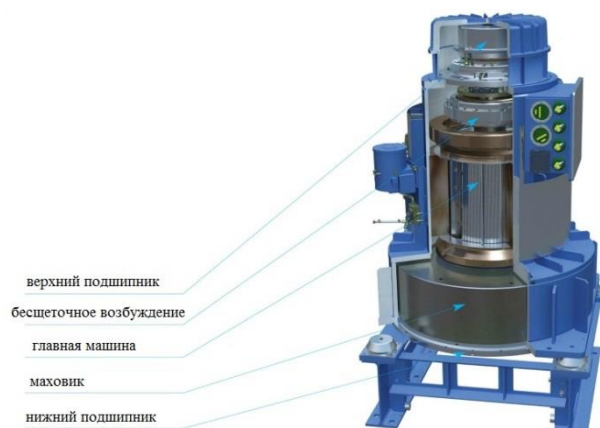


Рис. 4 - POWERBRIDGE 110



Рис. 5 - MLC 200

На сегодняшний день появилось много компаний которые уже изготавливают кинетические накопители. Компания Piller разработала накопитель POWERBRIDGE 110 кВт/4,6 кВт (рисунок 4), являющимся последовательным звеном при переходе потребителя большой мощности от сетевого питания к дизель-генератору. Масса равна 6000 кг, скорость вращения 1800-3600 об/мин [7]. Также Williams Advanced Engineering создала систему MLC 200 High Power (рисунок 5), которая может выработать от 500 кВт до 6 МВт параллельно с несколькими маховиками [8]. Сильным конкурентом этой системы стала компактный кинетический накопитель энергии (КНЭ) (рисунок 6) от немецкой компании ATZ. По их данным аппарат может запасаать энергию до 20 МДж и выдавать мощность 250 кВт, при этом размеры накопителя составляют порядка 1,5 м. [9] На рынке также присутствует отечественный КНЭ от компании КИНЕМАК совместно с корпорацией «Русский сверхпроводник». Данный накопитель может выработать мощность от 22 до 350 кВт. Также накопитель несёт дополнительные функции при работе в сети потребителя, а именно:

- возможна реализация полной гальванической развязки от сети
- обеспечивает качество энергоснабжения по ГОСТ 13109-97
- фильтрует искажения гармоник и скачки напряжения
- устраняет микро-перебои тока длительностью менее 50 мсек
- способен выдерживать повторяющиеся пропадания сети [10].

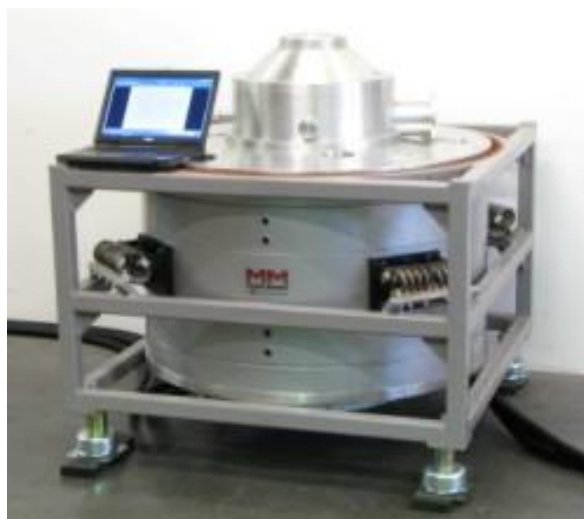


Рис.6 - КНЭ от ATZ

С каждым годом КНЭ становится наиболее актуальной заменой аккумуляторным ИБП. Особенно это доказала компания Beacon Power, установив завод по хранению энергии из 200 КНЭ на основе маховика. Данная компания на 2015 год установила 3 завода: Tyngsboro, Massachusetts; Stephentown, New York; Hazle Township, Pennsylvania. [11] (дата обращения: 10.04.2016.) В одной из выставок проведённых в России был представлен КНЭ от корпорации «Русский сверхпроводник», где он использовался как накопитель регенерационной энергии при торможении железнодорожного транспорта. [10]

При всех преимуществах данного ИБП есть значительный минус – цена. Да на сегодня КНЭ маховидного типа является очень дорогим удовольствием, тем более с использованием магнитных подшипников. Но эта цена окупается на середине срока службы (около 10 лет), при этом затраты на ремонтные работы минимальны. Также можно выделить ещё один недостаток. Мощность накопителя зависит от размеров и массы маховика. Пока невозможно чтоб

один накопитель выработал больше 1 МВт. Однако в 2012 году F. Wie и коллеги Университета Цинхуа, в Китае, вырастили углеродную нано трубку, которая позволяет хранить механическую энергию с плотностью выше, чем 1125 Вт/кг и плотностью энергии 144 МВт/кг. Следовательно, дальнейшее развитие углеродных нанотрубок поможет увеличить мощность установки при том же весе. [12]

В заключении можно подвести итог. Кинетический накопитель энергии на основе маховикового типа с использованием магнитных осей является одним из основных альтернатив аккумуляторным источникам бесперебойного питания. В будущем накопитель будет очень сильно распространён с системами, работающими от возобновляемых источников энергии, так как они очень хорошо сказываются на качестве электроэнергии, выработанные от источников ветра и солнца.

Литература

1. Бубенчиков А.А., Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О. Возможность применения солнечной энергии на территории России и Омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 85-89.
2. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Р.А. Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В. Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 39-43.
3. Бубенчиков А.А., Киселёв Г.Ю., Киселёв Б.Ю., Есипович Н.В., Николаев М.И. Целесообразность применения гелиоустановок // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 77-80.
4. [Электронный ресурс] <http://www.calnetix.com/> (дата обращения: 10.04.2016.)
5. [Электронный ресурс] <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/1-3-6.pdf> (дата обращения: 10.04.2016.)
6. [Электронный ресурс] <http://www.enercon.de/en/home/> (дата обращения: 10.04.2016.)
7. [Электронный ресурс] <http://www.piller.com/en-GB/205/energy-storage> (дата обращения: 10.04.2016.)
8. [Электронный ресурс] <http://www.worldfutureenergysummit.com/Portal/> (дата обращения: 10.04.2016.)
9. [Электронный ресурс] http://www.atz-gmbh.com/Products/HTS_bearing/Flywheel/body_flywheel.html (дата обращения: 10.04.2016.)
10. [Электронный ресурс] <http://rhsc.ru/> (дата обращения: 10.04.2016.)
11. [Электронный ресурс] <http://beaconpower.com/> (дата обращения: 10.04.2016.)
12. [Электронный ресурс] <http://www.portalchina.ru/universities/tsinghua.html> (дата обращения: 10.04.2016.)

References

1. Bubenchikov A.A., Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., SHkandyuk D.O. Vozmozhnost' primeneniya solnechnoy ehnergii na territorii rossii i omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 85-89.
2. Bubenchikov A.A., Artamonova E.YU., R.A. Dajchman R.A., Fajfer L.A., Katerov F.V., Bubenchikova T.V. Problemy primeneniya vetroehnergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 5-2 (36). S. 39-43.
3. Bubenchikov A.A., Kiselyov G.YU., Kiselyov B.YU., Esipovich N.V., Nikolaev M.I. Celssoobraznost' primeneniya gelioustanovok // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 77-80. [electronic resource] <http://www.calnetix.com/> (reference date: 10/04/2016.)
4. [electronic resource] <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/1-3-6.pdf> (reference date: 04/10/2016.)
5. [electronic resource] <http://www.enercon.de/en/home/> (reference date: 10/04/2016.)
6. [electronic resource] <http://www.piller.com/en-GB/205/energy-storage> (reference date: 10/04/2016.)
7. [Electronic resource] <http://www.worldfutureenergysummit.com/Portal/> (reference date: 10/04/2016.)
8. [Electronic resource] http://www.atz-gmbh.com/Products/HTS_bearing/Flywheel/body_flywheel.html (reference date: 10/04/2016.)
9. [electronic resource] <http://rhsc.ru/> (reference date: 10/04/2016.)
10. [Electronic resource] <http://beaconpower.com/> (reference date: 04/10/2016.)
11. [Electronic resource] <http://www.portalchina.ru/universities/tsinghua.html> (reference date: 04/10/2016.)

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.074

Руди Д.Ю.¹, Халитов Н.А.¹, Нурахмет Е.Е.¹, Руденок А. И.¹, Шарков Н.В.¹ Нифонтова Л.С.¹, Бубенчиков А.А.²¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта № МК-5098.2016.8

БИОЭНЕРГЕТИКА КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ*Аннотация*

В статье рассмотрены современные проблемы энергетики в России. Биоэнергетика - одна из самых молодых, быстрорастущих и наиболее перспективных отраслей возобновляемых источников энергии. Приведены примеры использования биоэнергетики, как альтернативу традиционным источникам энергии – нефти и природному газу. Приведены наиболее развитые современные технологии биоэнергетики такие как получения биогаза, так и перспективные инновационные разработки (получение электрического тока из микроорганизмов).

Ключевые слова: биоэнергетика, возобновляемые источники энергии, проблемы энергетики.

Rudi D.Yu.¹, Khalitov N.A.¹, Nurakhmet Y.Y.¹, Rudenok A.I.¹, Sharkov N.V.¹, Nifontova L.S.¹, Bubenchikov A.A.²¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering, Omsk State Technical University**BIOENERGETICS AS ALTERNATIVE TO TRADITIONAL POWER SOURCES***Abstract*

The article deals with modern problems of power in Russia. Bioenergy - one of the youngest, fastest growing and most promising sectors of the renewable energy sources. Examples of the use of bio-energy, as an alternative to traditional energy sources - oil and natural gas. It presents the most advanced modern technologies such as bio-energy biogas and promising innovations (receiving electric current from microorganisms)

Keywords: bioenergy, renewable energy, energy issues.

Современные проблемы энергетики могут быть решены только при рациональном использовании всех существующих источников топлива и энергии. В мире и в России все чаще и острее возникает вопрос нехватки энергоресурсов. Борьба за них становится одним из самых существенных факторов, влияющих на направления развития мировых отношений и развитие глобальной политики. В настоящее время успешно развивается ветроэнергетика, солнечная и биоэнергетика [1-3].

Биоэнергетика в последнее время стала самостоятельной отраслью большой энергетики и занимает все более заметное место в мировом производстве тепла и электричества.

Однако возобновляемые источники энергии не так популярны в России. В работе [4] приведены проблемы, почему Россия не использует огромный потенциал биоэнергетики. Правительство РФ не заинтересовано в развитии новых технологий возобновляемых источников электроэнергии. Во многих государственных программах РФ возобновляемые источники энергии и биоэнергетика в частности практически не упоминаются [5-6]. Причина этого довольно проста! Наша страна имеет огромные запасы традиционных ресурсов (нефть, природный газ, уголь).

Хотя использовать возможность биоэнергетики безграничны. В статье [7] приведён пример использования биогазовой установки. Применение этой установки можно уменьшить выбросы парниковых газов от навоза на 25 %. Ферма – самый яркий пример того, как можно использовать отходы животноводства в будущем. Животные генерируют отходы каждый день, следовательно, можно использовать этот тип биомассы для производства энергии. Из навоза можно производить биогаз с помощью технологии прямого сжигания или тепловой газификации. Используя биогаз на животноводческой ферме, можно не только экономить деньги, но и получать больше прибыли от продажи излишков энергии другим потребителям [4].

Особый интерес в этом плане представляют производство биодизельного топлива из микроводорослей [8]. Этот вопрос в последние годы находится в стадии широкой разработки. Многочисленные данные о биологии перспективных для возобновляемой энергетики видов водорослей и исследования преимуществ их использования как альтернативного энергетического сырья стимулировали развитие технологий и методов производства микроводорослей [9].

Также для получения электричества, тепла или моторного топлива можно использовать отходы деревообрабатывающей продукции. Использование сельскохозяйственных угодий для производства биомассы на энергетические цели имеет неуклонную тенденцию к росту. Интерес к быстрорастущим древесным насаждениям в немалой степени обуславливается их высоким природоохранным потенциалом [10-11].

В работе [12] описан процесс получения электрического тока. Объектом работы является технология микробных топливных элементов (МТЭ), которая позволяет утилизировать отходы, производя при этом электричество при помощи микроорганизмов, находящихся в экскрементах сельскохозяйственных животных.

Важно отметить следующее: переход российской энергетики с традиционной на возобновляемые источники энергетики и на биоэнергетику в частности невозможен. Данная структура энергетики не сможет справиться с большим количеством потребителей, как гражданского сектора, так и промышленного. Эффективная работа «зелёной энергетики» будет выполняться, если она будет работать вместе с другими структурами альтернативной энергетики и подструктурами биоэнергетики. Наиболее эффективная работа энергетики РФ будет заключаться в совместной работе ВИЭ и традиционной энергетики до момента развития и укрепления структур альтернативной энергетики.

Таким образом, чтобы Россия не отстала от мировых лидеров в использовании альтернативных источников энергии, необходимо обратить самое пристальное внимание на технологию извлечения энергии из биомассы, запасы которой неограниченны и распространены повсеместно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках научного проекта № МК-5098.2016.8»

Литература

1. Бубенчиков А.А., Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О. Возможность применения солнечной энергии на территории России и Омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 85-89.
2. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Р.А. Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В. Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 39-43.
3. Бубенчиков А.А., Киселёв Г.Ю., Киселёв Б.Ю., Есипович Н.В., Николаев М.И. Целесообразность применения гелиоустановок // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 77-80.
4. Матрунчик А.С. Потенциал использования биоэнергетики на животноводческих фермах России // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015. № 2 (56). С. 22-27.
5. Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.05.2013) // "Собрание законодательства РФ", 26.01.2009, N 4, ст. 515.
6. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» на 2013–2020 г. Утв. распоряжением Правительства РФ от 3.04.2013 г. № 512-р. // "Собрание законодательства РФ", 08.04.2013, N 14, ст. 1739.
7. Найман С.М., Найман М.О., Тунакова Ю.А. Возможность применения биогазовых технологий для переработки органических отходов в Татарстане. Биоэнергетика. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 14. С. 154-156.
8. Воробьев В.В., Кожевников Ю.А., Щекочихин Ю.М. Микроводоросли для производства энергетической биомассы и топлива. // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 2 (12). С. 235-243.
9. Возобновляемое растительное сырье. В 2-х томах, Под ред. Д. Шнаар. Изд. СПб, 2006. 416 с.
10. Горностаев В.Н. О направлениях использования древесины пней в биоэнергетике и промышленности // Образование и наука в современных условиях. 2015. № 3. С. 281-282.
11. Родькин О.И. Экономические аспекты производства возобновляемой энергии из древесины быстрорастущей ивы. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2013. № 4. С. 7.
12. Захаров Е.В., Сульимова Т.Д., Стом Д.И. Получение электрического тока из сельскохозяйственных отходов при помощи микробных топливных элементов. // В сборнике: Биотехнология и общество в XXI веке Сборник статей Международной научно-практической конференции. А.А. Ильичев - главный редактор. 2015. С. 350-352.

References

1. Bubenchikov A.A., Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., Shkandyuk D.O. Vozmozhnost' primeneniya solnechnoj ehnergii na territorii rossii i omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 85-89.
2. Bubenchikov A.A., Artamonova E.YU., R.A. Dajchman R.A., Fajfer L.A., Katerov F.V., Bubenchikova T.V. Problemy primeneniya vetroehnergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoy // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 5-2 (36). S. 39-43.
3. Bubenchikov A.A., Kiselyov G.YU., Kiselyov B.YU., Esipovich N.V., Nikolaev M.I. Celesoobraznost' primeneniya gelioustanovok // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 77-80.
4. Matrunchik A.S. Potencial ispol'zovaniya bioehnergetiki na zhivotnovodcheskikh fermah Rossii // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2015. № 2 (56). S. 22-27.
5. Osnovnye napravleniya gosudarstvennoj politiki v sfere povysheniya ehnergeticheskoy ehffektivnosti ehlektroehnergetiki na osnove ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii na period do 2020 goda. Utv.rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 08.01.2009 N 1-r (red. ot 28.05.2013) // "Sobranie zakonodatel'stva RF", 26.01.2009, N 4, st. 515.
6. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii «EHnergoehffektivnost' i razvitie ehnergetiki» na 2013–2020 g. Utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 3.04.2013 g. № 512-r. // "Sobranie zakonodatel'stva RF", 08.04.2013, N 14, st. 1739.
7. Najman S.M., Najman M.O., Tunakova YU.A. Vozmozhnost' primeneniya biogazovykh tekhnologij dlya pererabotki organicheskikh othodov v Tatarstane. Bioehnergetika. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2013. T. 16. № 14. S. 154-156.
8. Vorob'ev V.V., Kozhevnikov YU.A., SHCHekochihin YU.M. Mikrovodorosli dlya proizvodstva ehnergeticheskoy biomassy i topliva. // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2015. № 2 (12). S. 235-243.
9. Vozobnovlyаемое rastitel'noe syr'e. V 2-h tomah, Pod red. D. SHnaar. Izd. SPb, 2006. 416 s.
10. Gomostaev V.N. O napravleniyah ispol'zovaniya drevesiny pnej v bioehnergetike i promyshlennosti // Obrazovanie i nauka v sovremennykh usloviyah. 2015. № 3. S. 281-282.
11. Rod'kin O.I. EHkonomicheskie aspekty proizvodstva vozobnovlyaemoj ehnergii iz drevesiny bystrorastushchej ivy. // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: EHkonomika i ehkologicheskij menedzhment. 2013. № 4. S. 7.
12. Zaharov E.V., Sul'timova T.D., Stom D.I. Poluchenie ehlektricheskogo toka iz sel'skohozyajstvennykh othodov pri pomoshchi mikrobnykh toplivnykh ehlementov. // V sbornike: Biotekhnologiya i obshchestvo v XXI veke Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. A.A. Il'ichev - glavnyj redaktor. 2015. S. 350-352.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.297

Рунов И.С.¹, Уразбахтина Ю.О.², Жернаков С.В.³¹ORCID: 0000-0003-3060-3294, Аспирант, ²ORCID: нет, Кандидат технических наук, ³ORCID: нет, Доктор технических наук, Уфимский государственный авиационный технический университет**ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ STM32****Аннотация**

Статья посвящена обоснованию необходимости разработки мобильной платформы для дистанционного мониторинга деятельности сердечно-сосудистой системы пациента. Приводится описание основных функциональных блоков устройства, концепция построения разрабатываемой платформы. Обоснована целесообразность использования микроконтроллера STM32W108 с целью уменьшения габаритов схемы и увеличения быстродействия предлагаемого устройства. Представлен алгоритм функционирования программного обеспечения предназначенного для обеспечения взаимодействия элементов системы на кодовом уровне.

Ключевые слова: Холтеровский монитор, многоагентная система, Android, GPS.

Runov I.S.¹, Urazbakhtina Y.O.², Zhernakov S.V.³¹ORCID: 0000-0003-3060-3294, Postgraduate student, ²ORCID: no, Candidate of technical sciences, ³ORCID: no, Doctor of technical sciences, Ufa State Aviation Technical University**ESPECIALLY INFORMATION COMPLEX OF MONITORING OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM BASED ON STM32****Abstract**

The article is devoted to the justification of the need for a mobile platform for remote monitoring of the patient's cardiovascular system. The description of the device basic function blocks, developed the concept of building the platform. The expediency of using STM32W108 microcontroller in order to reduce the dimensions of the circuit and increase the speed of the device. Submitted by the functioning of the software algorithm designed to ensure the interoperability of system elements in the code level.

Keywords: Holter monitor, multi-agent system, cloud data storage, Android, GPS.

В настоящее время проблематика ранней диагностики и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы является основной профилирующей задачей, которая стоит перед здравоохранением и медицинской наукой наряду с такими сложными заболеваниями как психосоматические расстройства, синдром приобретённого иммунодефицита и злокачественные опухоли неясной природы возникновения. Уровень летальных исходов от сосудистых заболеваний населения Российской Федерации составляет порядка 57%. Из этого числа 20% людей погибают, находясь в трудоспособном возрасте. В 90% случаев смерть бывает вызвана ишемической болезнью сердца либо инсультом. Также не редки случаи выявления сердечно-сосудистых патологий у лиц молодого возраста, в частности детей различных возрастных групп, что приводит к инвалидизации и смертности, и придаёт проблеме не только медицинское, но и социальное значение.

В связи с вышеизложенным весьма актуальными являются научное обоснование и разработка эффективных методов лечения, реабилитации и профилактики, а также ранней диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы, даже при наличии минимальной симптоматики (жалобы или ощущения больного) или отсутствия таковой.

Многие заболевания сердца становится возможным определить только во время физических нагрузок, например, при выполнении упражнений, бега, стрессовых ситуаций, во время еды и даже сна. Поэтому анализ деятельности сердца в течение суток продуктивнее позволяет выявить отклонение в его работе, чем обычное электрокардиографическое исследование. С этой целью в медицине применяются холтеровские мониторы.

Холтеровское мониторирование - один из наиболее часто используемых в медицинской практике методов диагностики нарушений сердечного ритма. Такое исследование назначается пациентам с жалобами на учащенное сердцебиение и перебои в работе сердца, так называемые экстрасистолические состояния, для определения нарушений ритма и проводимости сердца, с неясными обмороками, а также частично для регистрации «немой» (без болевой) ишемии миокарда, для оценки параметров работы электрокардиостимулятора. Однако и у этого метода есть свои недостатки, которые заключаются в наличии артефактов, возникающих от наводок и шумов, неспособности аппаратов работать в режиме реального времени. Артефакты обычно создаются автономными звеньями: электродами, проводами, соединяющими электроды и регистратор, элементами питания и самими регистраторами [1].

Авторами предлагается комплекс носимых устройств, входящих в состав системы, регистрирующей активность сердечно-сосудистой системы человека и интерпретирующей его показания.

Носимым устройством является электрод с контактной площадкой, имеющей зажимы для надежного закрепления на него Bluetooth модуля. Основа электрода – пористый полимер, содержащий влажный гель. Каждый электрод снабжен специализированным элементом для подготовки кожи к аппликации. Каждые 24 часа поверхность электрода очищается, наносится новый слой гель-клея и электрод можно использовать вновь. Основной особенностью геля является способность понижать сопротивление кожного покрова за счет его диэлектрических свойств и тем самым обеспечивать высокое качество сигнала снимаемого с кожного покрова пациента. Наклейка обеспечивает механическую устойчивость, сводит к минимуму дополнительные артефакты.

Целесообразно использовать систему, включающую в себя мобильное устройство для суточного мониторинга сердечной деятельности построенную на основе микроконтроллера STM32W108.



Рис. 1 - Структурная схема устройства

Применение *STM32W108* позволит на 16% сократить количество непригодных результатов, содержащих артефакты [2], так как в схеме будут использоваться твердотельные элементы. Наличие встроенного радиочастотного модуля сделает возможным получать и обрабатывать результаты в режиме реального времени. На рис. 1 показаны встроенный мультиплексор, АЦП и усилитель, которые значительно уменьшат количество навесных элементов схемы электрической принципиальной, что даст возможность уменьшить размер платы относительно электрода, на котором планируется её размещение.

Основными конкурентами *STM32W108* являются *CC430F61xx/CC430F513x* от Texas Instruments и *ATmega128RFA1*. Все они относятся к устройствам типа «система на кристалле». Общая черта этих микроконтроллеров – это возможность работы с беспроводными сетями, низкое энергопотребление.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика микроконтроллеров

Микроконтроллер/ Параметры	STM32W108	CC430F61xx/ CC430F513x	ATmega128RFA1
Тип системы	система на кристалле	система на кристалле	система на кристалле
Архитектура	32-разрядная ARM Cortex-M3	16-разрядная RISC	8-разрядная RISC
Тактовая частота	6, 12 или 24 МГц	27 МГц	2,4 ГГц
ОЗУ	8 Кбайт	4 Кбайт	16 Кбайт
АЦП	16-канальный 12- разрядный	8-канальный 12- разрядный	10-разрядный
Тип корпуса	7x7 мм 48-выводный QFN	9x9 мм 64-выводный VQFN	9x9 мм 64-выводный QFN

Сравнительный анализ микроконтроллеров позволяет сделать вывод, что микроконтроллер *STM32W108* по характеристикам опережает своих конкурентов: он имеет меньший размер, 16-канальный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь.

Блок модуля связи в свою очередь будет содержать следующие слои: 1-контактная площадка; 2-контроллер *STM32W108*; 3-слой термоизоляции; 4-элемент питания; 5-антенна. Также предлагается поместить всю конструкцию в пористую силиконовую оболочку, для достижения необходимой ударопрочности. Пористая структура необходима для качественного вывода излишнего тепла, вырабатываемого при работе контроллера.

Синхронизация электродов с мобильным устройством будет происходить посредством использования протокола bluetooth 4.0. По сигналу с устройства система начинает работать и передавать данные в его внутреннюю память, где в последствие массив данных будет обработан и построена привычная электрокардиограмма.

Сигнал, снимаемый с электрода, закрепленного на теле пациента, поступает на предусилитель, где усиливается и подается на вход АЦП внутри Bluetooth-модуля. Центральным компонентом разрабатываемого устройства является микросхема *STM32W108* производства STMicroelectronics - Bluetooth 4.0 Single Mode Module, содержащая внутри себя встроенный предусилительный каскад с АЦП. С модуля данные по стандартным протоколам Bluetooth передаются на устройство-приемник. В качестве приемника могут выступать смартфон, КПК, планшетный компьютер и многие другие устройства.

Для обеспечения функционирования холтеровского монитора, способного передавать информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы пациента в реальном масштабе времени по технологии Bluetooth, возникает необходимость подключения нескольких датчиков, создания многоагентной информационной системы, и обеспечения обмена данными с устройством Android, для последующей записи и обработки сигналов.

Для связи *STM32* по Bluetooth с Android необходима разработка специализированного программного обеспечения для МК, при использовании которого взаимодействие МК и мобильного устройства происходит на базе кодового уровня. Разрабатываемое программное обеспечение должно удовлетворять следующим требованиям:

- оцифровка полученного с электродов и усилителей аналогового сигнала;
- обработка оцифрованного сигнала в соответствии с выбранной математической моделью работы сердца;
- передача обработанного сигнала на запись в мобильное устройство.

На основе приведенных выше требований разработан алгоритм работы кода, приведенный на рис.3:



Рис. 2 - Алгоритм работы кода

В процессе работы алгоритма происходит подготовка "кейсов" сообщений для приёма и передачи, а также установка флагов о готовности. После подготовки осуществляется вывод сообщения на экран и в случае удачного ответа от сервера, происходит переход в режим отправки команд.

Отдельно следует разработать модуль отправки и приёма сообщений состоящий из исходного кода и заголовочного файла.

Модуль должен выполнять следующие функции:

- иметь окно ввода сообщений;
- предоставлять пользователю возможность настраивать программные параметры;
- осуществлять приём и отправки сообщения с помощью двух конечных автоматов, которые по мере пересылки байтов меняют своё состояние;
- оповещать пользователя о принятом сообщении;
- сохранять сообщения и прикрепленные файлы на энергонезависимой памяти устройства;
- осуществлять проверку сообщения на соответствие и проводить обработку ошибок.

Программное приложение, предлагаемое авторами разработано таким образом, что в случае возникновения критических ситуаций поведения сердца, пациенту немедленно будет направлен ряд сигнализирующих уведомлений, в случае если пациент их игнорирует, данные об этом поступают на сервер кардиологического диспансера, откуда в последствии совершается ряд телефонных звонков пациенту и при необходимости отправляется машина скорой помощи. Расположение пациента будет получено по координатам спутниковой локационной системы GPS, которой оснащены в наше время практически все смартфоны, планшеты и т.п. Взаимодействие приложения с датчиком GPS осуществляется посредством внутренних библиотек операционной системы устройства, в частности Android.

Использование данного устройства позволит вести непрерывный мониторинг сердечной деятельности пациента без причинения ему дискомфорта, возникающего при использовании проводных технологий.

Основным преимуществом системы является возможность подключения электродов к любому мобильному устройству и их дальнейшая эксплуатация. При этом будет возможно проведение консультаций пациентов, живущих в отдаленных районах, что особенно важно для республики Башкортостан. Разработка подобных устройств является основным из направлений правительственной программы информатизации здравоохранения.

Литература

1. Макаров Л.М., Холтеровское моделирование. 2-е издание – М.: ИД «Медпрактика-М». – 2003. – 340 с.
2. Математические модели квази-одномерной гемодинамики / В.Б. Кошелев и др. М.: МАКС Пресс, 2010. 114 с.
3. Разработка математической модели сердечно-сосудистой системы в среде LABVIEW / С.Н. Маковеев, С.В. Фролов, М.: 2008. 79 с.

References

1. Makarov LM Holter . 2nd Edition - M.: Publishing House " Medpraktika -M." - 2003. - 340 p.
2. Mathematical models of quasi- one-dimensional hemodynamic / VB Koshelev, et c.. M.: MAK Press , 2010. 114 p.
3. Development of a mathematical model of the cardiovascular system in LABVIEW / SN environment Makoveev , SV Frolov, M.: 2008. 79 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.090

Саушев А. В.

Кандидат технических наук,

Доцент, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОБЛАСТЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

Аннотация

В статье рассматриваются методы и алгоритмы параметрической оптимизации аналоговых технических систем по критерию запаса работоспособности. Показано, что исходной информацией для решения этой задачи является информация о границе области работоспособности системы. Приводятся сравнительная характеристика известных методов и рекомендации по их использованию. Установлено, что для параметрического синтеза технических систем, имеющих произвольную форму области работоспособности, следует использовать метод сужающихся областей. Кратко изложены алгоритмы, реализующие этот метод, и сферы их применения.

Ключевые слова: область работоспособности, запас работоспособности, техническая система, параметрический синтез.

Saushev A. V.

PhD in Engineering, ,

State university of sea and river fleet of a name of the admiral S. O. Makarov

**METHODS AND ALGORITHMS OF PARAMETRICAL SYNTHESIS OF TECHNICAL SYSTEMS
ON THE BASIS OF AREAS OF WORKING CAPACITY**

Abstract

In article methods and algorithms of parametrical optimization of analog technical systems by criterion of a stock of working capacity are considered. It is shown that initial information for the solution of this task is information on border of area of operability of system. The comparative characteristic of the known methods and the recommendation about their use are provided. It is established that for parametrical synthesis of the technical systems having any form of area of working capacity it is necessary to use a method of the narrowed areas. The algorithms realizing this method, and spheres of their application are briefly stated.

Keywords: area of working capacity, working capacity stock, technical system, parametrical synthesis.

Постановка задачи. Основной задачей параметрического синтеза аналоговых технических систем (ТС) является определение номинальных значений внутренних (первичных) параметров системы, удовлетворяющих условиям технического задания [1]. При оптимальном параметрическом синтезе эти параметры должны не только удовлетворять заданным ограничениям, но и обеспечивать экстремум выбранной целевой функции. До последнего времени при построении целевой функции рассматривались в большинстве случаев лишь показатели назначения ТС. Такой подход не учитывал показателей параметрической надежности, что неминуемо вело к снижению уровня качества ТС и преждевременному выходу ее из строя вследствие параметрических отказов. Поскольку для большинства ТС отсутствуют априорные данные о вероятностных характеристиках деградации первичных параметров, в качестве показателя параметрической надежности целесообразно использование запаса работоспособности ТС [1]. Минимальное значение этого показателя, как впервые, применительно к электротехническим системам, было предложено в работах автора, следует принять в качестве критерия оптимизации для решения целого ряда задач управления состоянием системы, включая и задачу оптимального параметрического синтеза.

Для параметрического синтеза по критерию запаса работоспособности необходима информация о границе области работоспособности. К настоящему времени разработаны эффективные методы и алгоритмы получения этой информации, которые изложены в работе [2]. В данной статье кратко рассматривается суть основных методов параметрического синтеза, а также приводится их сравнительная характеристика с учетом последних опубликованных разработок и рекомендации по практическому использованию.

Анализ методов. Среди известных методов параметрического синтеза по критерию запаса работоспособности следует выделить эвристические, поисковые методы, такие как метод альтернативного выравнивания, метод диагоналей, метод допускового комплекса [1]. Эти методы отличаются друг от друга способом задания области работоспособности, стратегией поиска и, как следствие, объемом вычислений и сферой применения, ограниченной лишь выпуклой формой области работоспособности, центр которой определяет оптимальное решение. Для случая задания области работоспособности множеством граничных точек разработаны методы механической аналогии (для выпуклых областей) и электрической аналогии (для односвязных областей любой формы) [1].

Недостатком всех рассмотренных выше методов параметрического синтеза ТС по критерию запаса работоспособности является невозможность их использования в случае неодносвязных областей работоспособности. Автором настоящей статьи был предложен принципиально новый подход к решению поставленной задачи, получивший название метода сужающихся областей [1]. Суть метода заключается в последовательном сужении исходной области в направлении оптимума до тех пор, пока любая точка, принадлежащая внутренней области на некотором шаге итерации, с заданной погрешностью не будет определять координаты оптимальной точки. Предлагаемый подход реализует принцип "оптимизации множеством", что позволило решить рассматриваемую задачу для ТС, у которых форма области работоспособности является произвольной. Разработанные алгоритмы, реализующие данный метод, предполагают построение эквидистантных поверхностей, которые по мере сужения исходной области стягиваются в точку. Координаты этой точки определяет оптимальное решение. Для аппроксимации составляющих области гиперповерхностей предложено использовать полиномы, а при большой размерности пространства первичных параметров – поверхности гипербол. Для получения единого аналитического описания областей используется аппарат логических R -функций [2]. При этом достаточно просто решается задача распознавания принадлежности или непринадлежности точки исследуемой области. Если после подстановки координат точки в уравнение, аналитически описывающую область, результат положительный, следовательно, точка находится внутри данной области, в противном случае – вне области.

В последние годы развивается направление сеточного представления области работоспособности, которая аппроксимируется множеством непересекающихся n -мерных параллелепипедов. В основе такого представления области поиска лежит метод матричных испытаний [2]. Известные алгоритмы, реализующие метод сеточного представления области работоспособности, состоят из двух шагов. На первом шаге выполняется построение описанного вокруг неизвестной области работоспособности n -мерного параллелепипеда, что позволяет сузить область поиска и отбросить из рассмотрения те ее части, в которых точки области работоспособности отсутствуют (или образуют множества, которыми можно пренебречь). На втором шаге на этот n -мерный параллелепипед накладывается сетка, которая разбивает параллелепипед на множество непересекающихся элементарных параллелепипедов. В специально выбранной «точке-представителе» каждого из элементарных параллелепипедов вычисляются выходные параметры, проверяются условия работоспособности, что выделяет из множества элементарных параллелепипедов подмножество, которое является аппроксимацией искомой области работоспособности.

В работе [3] рассматривается алгоритм параметрического синтеза, использующий метод сужающихся областей и их матричное представление. Отмечается, что такой подход является более эффективным по сравнению с известными алгоритмами, реализующими метод сужающихся областей и рассмотренными в работе [1]. Вместе с тем, анализ показывает, что это частично справедливо лишь при небольшом числе первичных параметров. Метод матричных испытаний требует слишком больших вычислительных затрат. При его использовании определяются координаты всех внутренних точек, составляющих область работоспособности, а постоянный шаг поиска не позволяет оптимизировать процесс движения к оптимуму на основе известных методов одномерной оптимизации. Алгоритм метода матричных испытаний, следует дополнить процедурой исключения «лишних» точек, реализованной в методе спиральной развертки, который предназначен для поиска граничных точек области работоспособности при контурном обходе ее границы [2].

Следует отметить, что для некоторых технических систем в качестве целевой функции в задачах параметрического синтеза возможно применение и других критериев, например, обобщенного показателя качества, построенного на основе методов планирования эксперимента [2]. При этом требуемый запас работоспособности системы должен задаваться в виде ограничения или входить в обобщенный показатель качества, определяя робастные свойства системы.

Заключение. Рассмотренный в настоящей статье краткий обзор методов и алгоритмов параметрического синтеза ТС по критерию запаса работоспособности отражает последние разработки в этом направлении и дает возможность читателю ознакомиться с оригинальными методами, апробированными в лабораторных и натурных условиях. Использование рассмотренного подхода к решению задачи параметрического синтеза ТС обеспечивает переход от векторной к скалярной оптимизации, гарантирует удовлетворение всех функциональных требований, предъявляемых к системе, и оптимизацию ее запаса работоспособности.

Литература

1. Саушев А. В. Параметрический синтез электротехнических устройств и систем. СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. – 315 с.
2. Саушев А. В. Области работоспособности электротехнических систем. СПб.: Политехника, 2013. – 412 с.
3. Катыева Я.В., Назаров Д.А. Методы параметрического синтеза на основе сеточного представления области работоспособности // Информационные технологии. – 2015. – Том 21, № 9. – С. 651-656.

References

1. Saushev A. V. Parametrical synthesis of electrotechnical devices and systems. SPb.: GUMRF of atm. S. O. Makarova, 2013. – 315 pages.
2. Saushev A. V. Areas of operability of electrotechnical systems. SPb.: Polyequipment, 2013. – 412 pages.
3. Katuyeva Ya.V., Nazarov D. A. Methods of parametrical synthesis on the basis of net representation of area of working capacity//Information technologies. – 2015. – Volume 21, No. 9. – Page 651-656.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.108

Семенов А.А., Галиева Ж.Н.¹, Абрамов А.М., Соболев Ю.Б.², Галанцев А.В., Быданов Б.А.¹Кандидат технических наук, ²кандидат физико-математических наук, группа компаний «Скайград»

Работа выполнена в рамках Соглашения №14.579.21.0049 от 26.08.2014 г. с Минобрнауки РФ, уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57914X0049

ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ИЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ФОСФОГИПСА**Аннотация**

Представлены результаты исследований по получению диоксида церия из РЗК, выделенного из отвального фосфогипса ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», включающие электрохимическое окисление церия (+3) с использованием пористой корундовой диафрагмы и титанового анода с активирующим покрытием из диоксида иридия, отделение церия (+4) и тория от РЗЭ экстракцией 75% ТБФ с последующей дезактивацией концентрата церия (+3) методом соосаждения на смешанном носителе. Получен опытный образец диоксида церия с чистотой, удовлетворяющей требованиям к материалам для производства катализаторов.

Ключевые слова: фосфогипс, диоксид церия, электролиз, дезактивация.

Semenov A.A., Galieva Zh.N.¹, Abramov A.M., Sobol' Yu.B.², Galantsev A.V., Bidanov B.A.¹PhD in Engineering, ²PhD in Physics and Mathematics, Skaigrad Group

This work was supported by the RF Ministry of Education and Science, agreement no. 14.579.21.0049, unique identifier of applied scientific research RFMEFI57914X0049.

PRODUCTION OF CERIUM DIOXIDE FROM RARE EARTH CONCENTRATE EXTRACTED FROM PHOSPHOGYPSUM**Abstract**

The results of research on the production of cerium dioxide from REC, extracted from the waste phosphogypsum of JSC «Voskresenskie mineralnye udobreniya», including electrochemical oxidation of cerium (+3) using a porous corundum diaphragm and titanium anode with an activating coating of iridium dioxide, separation of cerium (+4) and thorium from REE by extraction with 75% TBP followed by decontamination of cerium (+3) concentrate by co-precipitation on the mixed support. The pilot sample of cerium dioxide with a purity satisfying the requirements for materials for the production of catalysts was obtained.

Keywords: phosphogypsum, cerium dioxide, electrolysis, decontamination.

Введение

Важнейшей областью применения соединений церия являются катализаторы. Потребность российской промышленности в церии и его соединениях исчисляется сотнями тонн в год. Однако ввиду отсутствия на территории РФ производства по глубокой переработке группового редкоземельного концентрата (РЗК) отечественные потребители РЗЭ вынуждены ориентироваться исключительно на зарубежных поставщиков. В этой связи Правительство РФ утвердило в 2014 году Государственную Подпрограмму «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов» в рамках Программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», которая кроме создания производств по разделению РЗЭ предусматривает поиск новых месторождений и перспективных источников получения РЗЭ. Одним из них следует считать крупнотоннажный отход производства минеральных удобрений – фосфогипс [1,2].

Комплексная безотходная технология переработки фосфогипса [3] позволяет получать РЗК с содержанием церия выше 45%, что является привлекательным для производства церия и его соединений.

Цель настоящего исследования – создание технологии переработки РЗК, выделенного из фосфогипса, с получением диоксида церия для производства катализаторов.

Методика эксперимента

Содержание РЗЭ и примесей определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, содержание свободной азотной кислоты, окисленного и общего церия – кислотно-основным и окислительно-восстановительным титрованием. Органическую фазу предварительно минерализовывали хлорной кислотой при нагревании.

Электрохимическое окисление церия (+3) проводили на РЗК, выделенном из отвального фосфогипса ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» по технологии [3]. В таблице 1 представлен состав РЗК по индивидуальным редкоземельным оксидам (РЗО). Удельная эффективная активность РЗК по естественным радионуклидам – 3,6 кБк/кг, содержание ThO₂ – 0,26%.

Таблица 1 – Состав РЗК по индивидуальным РЗО

РЗО	La ₂ O ₃	CeO ₂	Ce ₂ O ₃	Pr ₆ O ₁₁	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃
%	20,49	32,14	13,78	5,06	17,00	2,34	0,62
РЗО	Gd ₂ O ₃	Tb ₄ O ₇	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃
%	1,77	0,07	0,94	0,14	0,27	3,50	0,10

Исходный раствор готовили растворением РЗК в растворе азотной кислоты при нагревании. Состав раствора, г/л: сумма РЗО (ΣРЗО) – 365,2, CeO₂ – 117,3, Ce₂O₃ – 50,3, ThO₂ – 1,0, HNO₃ – 315,0.

Лабораторная установка по изучению электрохимического процесса представляла модель электролизера с пористой корундовой диафрагмой, изготовленной плазмокерамическим методом, в которую размещался титановый

катод. Диафрагма помещалась в химический стакан с раствором РЗК. В качестве анода использовали титановые пластины, покрытые активирующей пленкой из платины или диоксида иридия.

В процессе исследований изменяли силу тока (I), подаваемого на анод, и контролировали напряжение (U), содержание окисленного и общего церия в анолите. На основании полученных данных рассчитывали плотность тока (j), выход по току (ВТ) и выход по веществу (ВВ), достигнутые за время работы установки (τ).

Экстракционное отделение церия (+4) и тория от РЗЭ проводили на растворе после электрохимического окисления церия (+3) состава, г/л: $\Sigma \text{РЗО}$ – 321,4, CeO_2 – 147,8, ThO_2 – 0,9. В качестве экстрагента использовали 75% трибутилфосфат (ТБФ) в инертном разбавителе РЭД-3М.

Эксперименты по экстракции-реэкстракции проводили в химических стаканах с перемешиванием контактирующих жидкостей магнитной мешалкой в течение 5 минут при объемном соотношении органической фазы к водной (2–1):1. Фазы после разделения в делительных воронках анализировали на содержание РЗЭ и тория. По результатам анализа рассчитывали коэффициенты разделения церия (+4) и РЗЭ (β), степень извлечения церия (+4), тория и неодима из экстракта по известным методикам [4].

Деактивацию концентрата церия (+3) проводили на модельном растворе состава; г/л: Ce_2O_3 – 125,0, CeO_2 – 0,6, ThO_2 – 0,8, HNO_3 – 100,0. В стаканы наливали фиксированное количество исходного раствора, а затем при перемешивании добавляли различные количества сухого гидроксида бария и 20% раствора сульфата аммония, после чего растворы нейтрализовали и агитировали при нагревании. Осадки отделяли на фильтре, фильтраты анализировали на содержание церия (+3) и тория, рассчитывали потери церия (+3) с осадком (ПО) и степень деактивации (ϵ_{th}).

Опытно-промышленные испытания окисления церия (+3) проводили в электролизере оригинальной конструкции [5], экстракционного отделения церия (+4) и тория от РЗЭ – в автоматизированном каскаде центробежных экстракторов ЭЦ-10ФА [6]. Число ступеней каскада и соотношение потоков рабочих растворов определяли известными методами [7]. Реэкстракт деактивировали методом соосаждения на смешанном носителе в экспериментально определенных оптимальных условиях, после чего из фильтрата осаждали оксалат, сушили осадок, прокаливали при температуре 850°C, анализировали на содержание церия и примесей.

Результаты и их обсуждение

В таблице 2 приведены сравнительные результаты процесса электрохимического окисления церия (+3) с использованием в качестве активирующего покрытия анода диоксида иридия и платины.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по электрохимическому окислению церия (+3)

Анод	τ , час	I , А	U , В	j , А/м ²	ВТ, %	ВВ, %
IrO ₂ -Ti	2	3,6	3,8	514,3	80,1	27,9
	5	3,5	5,2	500,0	90,1	77,2
	9	2,8	4,6	400,0	29,9	98,0
Pt-Ti	2	3,4	3,9	485,7	82,1	29,0
	6	3,4	4,5	485,7	83,9	88,1
	8	2,3	3,4	328,6	39,1	98,5

* Рабочая площадь анода – 0,007 м²

Анализ данных таблицы 2 показал, что при близкой j основные показатели процесса сопоставимы. Однако ввиду высокой стоимости платины, применение анода с покрытием из диоксида иридия представляется более целесообразным.

Экстракционное отделение церия (+4) и тория от РЗЭ. На рис. 1 видно, что коэффициенты разделения церия (+4) и РЗЭ увеличивается по мере роста кислотности и велики во всем исследованном интервале.

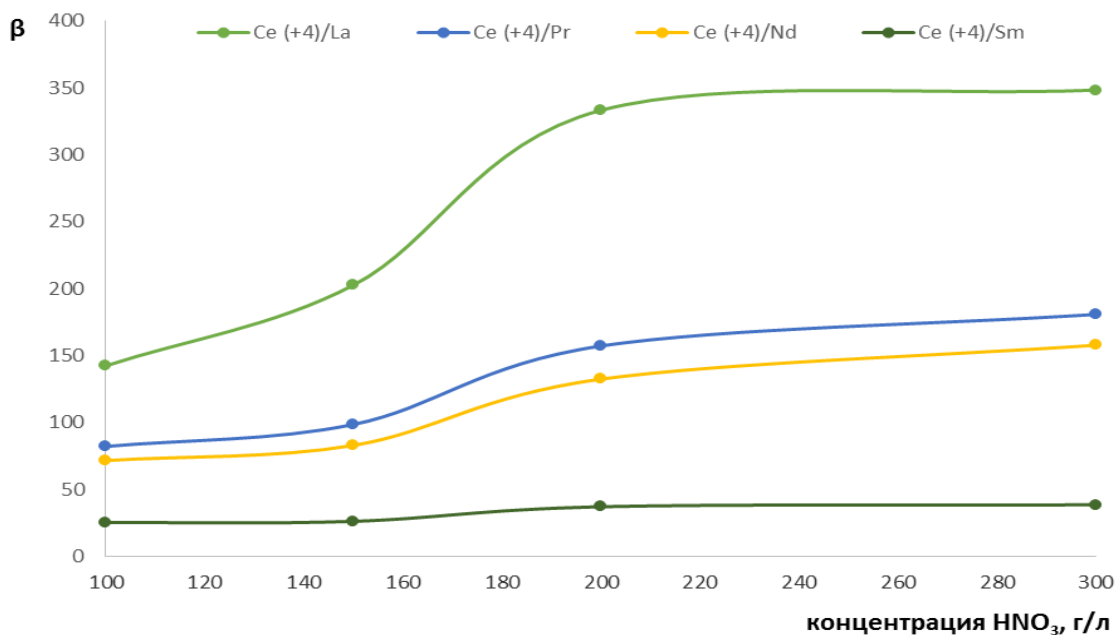


Рис. 1 – Коэффициенты разделения церия (+4) и РЗЭ в 75% ТБФ в зависимости от кислотности исходного раствора

Из рис. 2 следует, что извлечение тория из экстракта падает по мере увеличения кислотности системы.

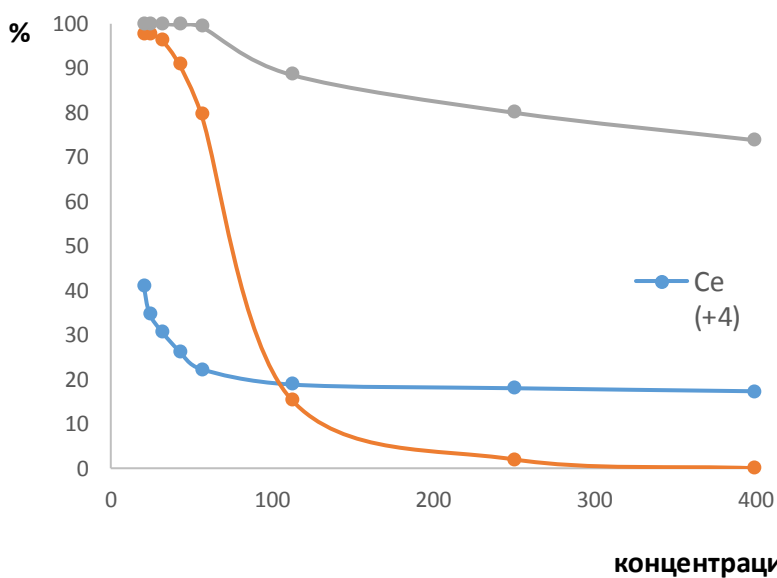


Рис. 2 – Зависимость извлечения церия (+4), тория и неодима из насыщенного 75% ТБФ от кислотности экстракционной системы

При однократном контакте насыщенного экстрагента с 400 г/л раствором азотной кислоты извлекается $\geq 70\%$ неодима и $\geq 18\%$ церия (+4), однако торий при этом не смывается из органической фазы, поэтому промывку экстракта в данных условиях можно использовать только для отделения от соэкстрагируемых РЗЭ. При кислотности 20 г/л неодим и торий смываются из экстракта практически полностью, а церий (+4) – лишь на 41%, поэтому для смыва церия (+4) его целесообразно перевести в церий (+3).

Результаты эксперимента по дезактивации концентрата церия (+3), приведенные в таблице 3, показали, что присутствие в растворе небольших количеств церия (+4) позволяет проводить дезактивацию в более мягких условиях (рН=2,5, температуре 35–45°C и времени агитации 1–1,5 часа) по сравнению с известным аналогом [8].

Таблица 3 – Результаты эксперимента по дезактивации концентрата церия (+3)

Мольное отношение $Ba^{+2}:Ce_2O_3:SO_4^{-2}$	pH	Содержание ThO_2 в растворе, %	ПО, %	ϵ_{Th} , %
0,000:0:0,00	2,5	0,08	0,6	67,7
0,024:1:0,06	2,5	0,03	1,4	87,3
0,024:1:0,28	2,5	0,03	7,3	88,3
0,035:1:0,43	2,5	0,03	9,4	88,9
0,024:1: 0,06	3,5	0,03	1,6	90,0
0,024:1: 0,06	3,9	0,02	2,7	90,8

Дезактивация на смешанном носителе – смеси гидроксида церия (IV) и сульфата бария – при pH=2,5 и мольном соотношении $Ba^{+2}:Ce_2O_3:SO_4^{-2}= 0,024:1:0,06$ обеспечивает получение концентрата церия (+3), удовлетворяющего требованиям [9]. Дальнейшее повышение pH и расхода осадителя не влияют на ϵ_{Th} , однако увеличивают расход реагентов и ПО.

В результате *опытно-промышленных испытаний* предложенной технологии получен опытный образец диоксида церия с чистотой $\geq 99,9\%$, удовлетворяющий требованиям к материалам для производства катализаторов.

Выводы

1. Показана возможность использования титанового анода с активирующим покрытием из диоксида иридия в процессе электрохимического окисления церия (+3).
2. Установлено, что при дезактивации концентрата церия (+3) соосаждением на смешанном носителе, включающем церий (+4), происходит очистка от тория до санитарной нормы.
3. Предложенная технология решает проблему комплексной переработки техногенных отходов и обеспечения российских производителей катализаторов отечественным сырьем.

Литература

1. Литвинова, Т.Е. Получение соединений индивидуальных РЗМ и попутной продукции при переработке низкокачественного редкометалльного сырья: дис. ... докт. техн. наук: 05.16.02 / Литвинова Татьяна Евгеньевна. – СПб., 2014. – 318 с.
2. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499091753>. – Заглавие с экрана
3. Абрамов, А.М. Способ извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса: пат. 2487834 РФ: МПК⁵¹ C01F 17/00 / А.М. Абрамов [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «Лаборатория Инновационных Технологий». – № 2011153512/05; заявл. 27.12.2011; опубл. 20.07.2013. Бюл. № 20. – 8 с.
4. Химия и технология редких и рассеянных элементов: учеб. пособие для ВУЗов: Ч. 2 / под ред. К.А. Большакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 360 с.
5. Абрамов, А.М. Электролизер с керамической диафрагмой, разделяющей катодное и анодное пространство: заяв. на полезную модель 2015157101 РФ: МПК⁵¹ C02F1/46 / А.М. Абрамов [и др.]; заявитель ООО «Лаборатория Инновационных Технологий»; заявл. 30.12.2015
6. Абрамов, А.М. Центробежный экстрактор: пат. 2566137 Российская Федерация: МПК⁵¹ B01D 11/04 / А.М. Абрамов [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «САГА-Сервис». – № 2013146615/05; заявл. 22.10.2013; опубл. 20.10.2015. Бюл. № 29. – 8 с.
7. Вольдман, Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии / Г.М. Вольдман. – М.: Металлургия, 1982. – 376 с.
8. Зоц, Н.В. Способ переработки лопаритового концентрата: патент 2145980 Российская Федерация: МКИ⁷ C22 B 59/00 / Н.В. Зоц, С.В. Шестаков; заявитель и патентообладатель ЗАО «Росредмет». – № 99115760; заявл. 27.07.1999; опубл. 27.02.2000, Бюл. № 6. – 8 с.
9. ОСПОРБ – 99/2010. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83 с.

References

1. Litvinova, T.E. Poluchenie soedinenij individual'nyh RZM i poputnoj produkcii pri pererabotke nizkokachestvennogo redkometal'nogo syr'ja: dis. ... dokt. tehn. nauk: 05.16.02 / Litvinova Tat'jana Evgen'evna. – Spb., 2014. – 318 с.
2. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Razvitie promyshlennosti i povyshenie ee konkurentosposobnosti» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/499091753>. – Zaglavie s jekrana
3. Abramov, A.M. Spособ izvlechenija redkozemel'nyh metallov iz fosfogipsa: pat. 2487834 RF: MPK⁵¹ C01F 17/00 / A.M. Abramov [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' OOO «Laboratorija Innovacionnyh Tehnologij». – № 2011153512/05; zayavl. 27.12.2011; opubl. 20.07.2013. Bjul. № 20. – 8 s.
4. Himija i tehnologija redkih i rassejannyh jelementov: ucheb. posobie dlja VUZov: Ch. 2 / pod red. K.A. Bol'shakova. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vysshaja shkola, 1976. – 360 s.

5. Abramov, A.M. Jelektrolizer s keramicheskoj diafragmoj, razdeljajushhej katodnoe i anodnoe prostranstvo: zjav. na poleznuju model' 2015157101 RF: MPK51 S02F1/46 / A.M. Abramov [i dr.]; zjavitel' OOO «Laboratorija Innovacionnyh Tehnologij»; zjavl. 30.12.2015
6. Abramov, A.M. Centrobezhnyj jekstraktor: pat. 2566137 Rossijskaja Federacija: MPK⁵¹ B01D 11/04 / A.M. Abramov [i dr.]; zjavitel' i patentoobladatel' OOO «SAGA-Servis». – № 2013146615/05; zjavl. 22.10.2013; opubl. 20.10.2015. Bjul. № 29. – 8 s.
7. Vol'dman, G.M. Osnovy jekstrakcionnyh i ionoobmennyh processov gidrometallurgii / G.M. Vol'dman. – M.: Metallurgija, 1982. – 376 s.
8. Zoc, N.V. Sposob pererabotki loparitovogo koncentrata: patent 2145980 Rossijskaja Federacija: MKI⁷ S22 V 59/00 / N.V. Zoc, S.V. Shestakov; zjavitel' i patentoobladatel' ZAO «Rosredmet». – № 99115760; zjavl. 27.07.1999; opubl. 27.02.2000, Bjul. № 6. – 8 s.
9. OSPORB – 99/2010. Osnovnye sanitarnye pravila obespechenija radiacionnoj bezopasnosti. Sanitarnye pravila i normativy SP 2.6.1.2612-10. – M.: Federal'nyj centr gigeny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2010. – 83 s.

DOI: 10.18454/IJR.2016.47.086

Смехун Я.А.

Аспирант

Дальневосточный федеральный университет

ОНТОЛОГИИ В СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ: ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ*Аннотация*

Работа посвящена основным аспектам и роли разработки, а также использования онтологий в системах, базирующихся на знаниях, для составления описаний основных понятий в конкретных предметных областях. Проводится исследование практического опыта использования онтологий в эксперт-системах и системах принятия решений. Приводится вариант системы принятия решений, в архитектуре которой используются онтологии конкретной предметной области. Наглядно показан факт возможности использования онтологий при разработке и проектировании систем, базирующихся на знаниях.

Ключевые слова: онтология, база знаний, экспертная система, объектная модель, система поддержки принятия решений.

Smekhun Y.A.

Postgraduate student

Far Eastern Federal University

ONTOLOGIES IN THE KNOWLEDGE BASED SYSTEMS: POSSIBILITIES OF THEIR APPLICATION*Abstract*

In this paper we considered the role and main aspects of development and applying of ontologies in the knowledge based systems in purpose of basic concept description of data domain. We study the experience of practical application of ontologies in expert systems and decision-making systems. We gave an example how the domain ontology is being used in decision-making support system architecture. Also ontologies can be used in design and development of knowledge based systems.

Keywords: ontology, object model, knowledge base, expert system, decision-making system.

Введение

Определим роль, которую играют онтологии в системах, основанных на знаниях (далее СОЗ), а также основные аспекты их разработки и использования в подобных системах.

Данная работа рассматривает различные подходы, применяемые для использования онтологий в СОЗ. Для обоснования в качестве примера рассматриваются системы поддержки принятия решений (СППР) и экспертные системы (ЭС).

1. Онтологии и их роль в системах, основанных на знаниях

Программные системы, накапливающие знания, которыми владеют компетентные специалисты в отдельных предметных областях, и распространяющие данный эмпирический опыт посредством консультирования менее квалифицированных в конкретных вопросах пользователей, называются **экспертными системами**.

Основной и наиболее значимый компонент ЭС – это база знаний. Мощность экспертной системы определяется именно полнотой и непротиворечивостью наличествующих в ней знаний. Эти же характеристики будут определять и качество решений, получаемых при помощи системы.

Онтология может выступать в роли каркаса базы знаний, то есть создавать основу, используемую для описания ключевых понятий, относящихся к конкретной предметной области (ПО). Также онтология может являться фундаментом для интегрирования баз данных, которые содержат фактические знания, незаменимые для полноценного функционирования ЭС.

Автоматизированная интерактивная информационно-аналитическая система, позволяющая лицу, принимающему решения (ЛПР), пользоваться определенными моделями и данными, чтобы решать задачи профессионального и слабо формализуемого характера, называется **системой поддержки принятия решений**.

На практике ЭС и СППР являются системами почти одного класса. В частности, в состав СППР нередко входит несколько разных ЭС. Таким образом, можно утверждать, что все сказанное выше о роли онтологии в ЭС будет действовать и в отношении СППР. Но есть аспекты применения онтологий, специфичных для СППР.

К примеру, так как задачи, решаемые СППР, отличаются плохой формализуемостью, то крайне важно обладать детализированным, непротиворечивым и логичным описанием конкретной области проблем, в которой СППР может

оказать содействие в решении задач ЛПР. Чтобы создать подобное описание, онтология – просто незаменимый инструмент.

СППР, как правило, используют огромные массивы знаний разнородного характера, а также разнообразных данных. А так как с помощью онтологии можно явно описать семантику знаний и данных, то она служит базисом для интеграции и совместного применения разных данных при решении разных задач.

Онтологии, создаваемые для области знаний конкретных систем, можно также использовать при разработке СОЗ. Таким образом, можно пользоваться знаниями, проверенными на практике. А это в свою очередь гарантирует высокое качество создаваемых систем, а также потенциальную интегрируемость их с уже разработанными системами.

2. Разработка и использование онтологии в СОЗ: основные аспекты

При создании онтологии перед разработчиком встает масса вопросов. Рассмотрим основные из них, возникающие в процессе создания и функционирования СОЗ.

Построение онтологии – это важнейший этап в процессе разработки СОЗ. Чтобы облегчить этот процесс и ускорить его можно использовать следующие методологии:

- Когнитивные методики и средства, используемые для формирования концептуальных моделей, которые позволяют выделять ключевые понятия и устанавливать связи между ними.
- Средства формализации и создания онтологии, которые позволяют представлять их в разном формате.

Онтологии являются средством, инструментом представления знаний. Вместе с тем они сами могут использовать разные модели представления. Самая распространенная из них – это семантические сети, которые содержат данные сложно-структурированного типа. Чтобы организовать логические выводы в семантической сети применяют системы продукционных правил. Еще одна модель представления онтологий и организации логических выводов – это сеть фреймов.

Онтология при разработке СОЗ может применяться для:

- формулирования и фиксирования общего знания, которое разделяют все эксперты в конкретной предметной области;
- создания основной концепции предметной области, которая служит для описания семантики используемых данных;
- организации использования знаний;
- разработки компонентов системы, которые будут выступать как высокоуровневая спецификация;
- описания функционала СОЗ, то есть видов задач, которые система способна решить;
- создания хранилищ данных, оснащенных высокоуровневым интерфейсом.

3. Системы поддержки принятия решений, их архитектура и применение в ней онтологий

Как правило, СППР обладает достаточно гибкой архитектурой, которая позволяет подключать разные методики решения задач и решатели. Полноценными компонентами СППР могут выступать две онтологии, которые взаимосвязаны. Они будут настраивать систему на определенную предметную область, а также конкретные виды задач, решаемых СППР.



Рис.1 – Онтология предметной области (фрагмент).

Для схематичного представления конкретной модели предметной области, показывающей ключевые понятия и связи между ними, используется **онтология предметной области** (рис.1). В системе, показанной на рисунке, онтология предметной области выступает в следующих ипостасях:

- как высокоуровневый интерфейс, обеспечивающий доступ к внутреннему хранилищу данных, которые представлены в виде объектов предметной области;
- устанавливает формат представления данных в СППР, как объектов, выступающих в виде единицы понятий онтологии, а также взаимоотношений между ними, что способствует упрощению и унификации обмена информацией между отдельными модулями и компонентами разнородного характера внутри СППР.

Для описания типов задач, решаемых системой, используется **онтология задач** (рис.2). То есть, она определяет функциональность системы. В нее входят описания задач, а также модулей, которые реализуют решения этих задач и решателей, используемых ими.

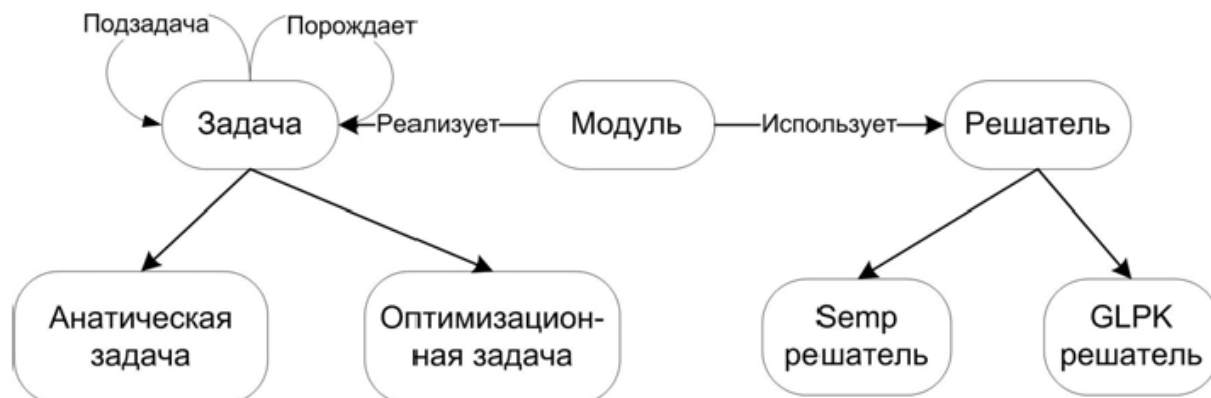


Рис.2 – Онтология задач (фрагмент)

Заключение

Данная статья раскрывает роль онтологий в системах, основанных на знаниях, и рассматривает аспекты их использования при разработке СОЗ.

Онтологии обладают свойствами, которые, в принципе, присущи и прочим понятиям фундаментального характера, используемым в СОЗ, до того как появились онтологии. Они используются и в настоящее время. Модели предметных областей, схемы баз данных, а также семантические сети во многом пересекаются с онтологиями. Но в информатике и в сфере искусственного интеллекта онтологии представляют собой наиболее концептуальные и общие понятия моделируемых областей, абстрагированные полностью от конкретных моделей представления знаний, а также их практической реализации.

Литература

1. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. М.: Наука, 2007. – 348 с.
2. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах. М.: Научный мир, 2010.

References

1. Popov Ye.V. Jekspertnye sistemy: Reshenie neformalizovannyh zadach v dialoge s JeVM. M.: Nauka, 2007. – 348 s.
2. Lapshin V.A. Ontologii v komp'yuternyh sistemah. M.: Nauchnyj mir, 2010.



ПРИМЕР DOI:
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

(Digital Object Identifier) — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.226

Сокол-Кутыловский О.Л.

Доктор технических наук, Институт геофизики Уральского отделения РАН

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АМОРФНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СПЛАВОВ

Аннотация

Показано, что аморфные ферромагнитные сплавы, полученные методом быстрой закалки из расплава, имеют высокое статическое и динамическое магнитоупругое взаимодействие, которое проявляется в магнитострикционных аморфных сплавах и в аморфных сплавах с компенсированной продольной магнитострикцией. Установлено, что причиной магнито-индуктивного и гигантского магнитоимпедансного эффектов в аморфных ферромагнетиках является магнитоупругое взаимодействие. Благодаря хорошим магнитным характеристикам, сердечники из аморфных ферромагнитных сплавов применяются в пассивных и активных датчиках слабого магнитного поля, но в условиях высоких внешних магнитных шумов магнитоупругое взаимодействие может стать причиной увеличения собственного шума датчиков. В магнитомодуляционных датчиках слабого магнитного поля, работающих при слабом возбуждении аморфного сердечника, возможен режим автопараметрического усиления измеряемого магнитного поля, что позволяет увеличить чувствительность и разрешающую способность датчиков. Магнитомодуляционные датчики на низких частотах от 1 Гц и выше позволяют получить порог чувствительности на уровне $10^{-13} \div 10^{-14}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ при температуре окружающей среды до 360 К. Отмечаются другие особенности аморфных ферромагнетиков, полученных методом быстрой закалки из расплава.

Ключевые слова: аморфные ферромагнетики, металлические стекла, магнито-импедансный эффект, датчики магнитной индукции.

Sokol-Kutylovskii O. L.

PhD in Engineering, Institute of geophysics of Ural Branch of the RAS

SOME PERSPECTIVES OF APPLICATION OF AMORPHOUS FERROMAGNETIC ALLOYS

Abstract

It is shown that the amorphous ferromagnetic alloys prepared by rapid quenching from the melt have an extremely high static and dynamic magnetoelastic interaction in the magnetostrictive amorphous alloys and in the amorphous alloys with compensated longitudinal magnetostriction. It is established that the magnetoelastic interaction in amorphous ferromagnets is the cause of the magneto-inductive and giant magnetoimpedance effects. Due to good magnetic characteristics the ferromagnetic cores from amorphous alloys are used in passive and active sensors of a weak magnetic field. However, at high external magnetic noise the magnetoelastic interaction increases the intrinsic noise in sensors of a weak magnetic field. At the same time due to the high magnetoelastic interaction in amorphous ferromagnetic core the regime of autoparametric amplification of signal of the measured magnetic field may be received when sensor operate at low excitation of amorphous core. It increases the sensitivity of magnetic field sensors. At low frequencies from 1 Hz and above the magnetomodulation sensors allow receive threshold of sensitivity on the level $10^{-13} \div 10^{-14}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ at temperature up to 360 K. It noted some of the other features of amorphous ferromagnetic alloys obtained by rapid quenching from the melt.

Keywords: amorphous ferromagnetic materials, metallic glass, the magneto-impedance effect, sensors of magnetic induction.

Введение

Аморфные ферромагнитные сплавы, полученные методом быстрой закалки из расплава, имеют уникальные магнитные, механические и магнитоупругие свойства. Максимальная магнитная проницаемость железо-кобальтовых аморфных сплавов с компенсированной продольной магнитострикцией достигает 10^6 и более, относительное изменение модуля Юнга (ΔE -эффект) аморфных сплавов Fe $_{80}$ B $_{20}$ и Fe $_{78}$ Si $_{10}$ B $_{12}$ может превышать 2 [1], а коэффициент магнитомеханической связи достигает 0.98 [2]. Кроме того, аморфные ферромагнетики имеют высокую механическую прочность и устойчивость магнитных характеристик к ударам и деформации, способны эффективно работать в области относительно высоких частот. Все это привело к широкому применению аморфных ферромагнитных сплавов в радиотехнике и электротехнике, прежде всего, в качестве сердечников высокочастотных и импульсных трансформаторов. Так как аморфные ферромагнитные сплавы имеют повышенное удельное электрическое сопротивление ($1 \div 2 \cdot 10^{-6}$ Ом·м), то они, как правило, имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления. В аморфных ферромагнитных сплавах проявляются также электромагнитные эффекты: магнито-индуктивный эффект (MI-effect) и гигантский магнитоимпедансный эффект (GMI-effect) [3]. Магнитные и магнитоупругие свойства аморфных ферромагнетиков привлекают внимание разработчиков высокочувствительной аппаратуры для измерения слабого магнитного поля. Так, в датчиках на основе магнитострикционных аморфных сплавов, в сочетании с волоконно-оптическим интерферометром, был получен расчетный порог динамической чувствительности $\sim 0,1 \cdot 10^{-12}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ на частоте механического резонанса аморфной полоски 22 кГц, причем фундаментальный предел материала оценивался величиной $5 \cdot 10^{-15}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ [4]. В работе [5] сообщалось об уровне шума феррозондового датчика на основе сердечников из аморфного сплава с компенсированной продольной магнитострикцией $\sim 0,6 \cdot 10^{-12}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ в полосе частот 0,1–16 Гц, что на порядок ниже шума лучших феррозондов, однако этот результат не был повторен в дальнейшем. Тем не менее, интерес к применению аморфных ферромагнетиков в датчиках слабого магнитного поля сохраняется. Особенности получения аморфных материалов накладывают ограничения на поперечные размеры получаемых лент и проводов. Толщина аморфных ферромагнитных лент обычно находится в пределах $10 \div 25 \cdot 10^{-6}$ м. Ширина аморфных лент может быть 1–2 мм для применения в датчиках магнитного поля, 5–40 мм для применения в различных типах трансформаторов, но может быть доведена до 0,2 м и более с целью применения в магнитных экранах.

1. Магнитоупругое взаимодействие

Аморфные ферромагнитные сплавы, полученные методом быстрой закалки из расплава, весьма чувствительны к воздействию внешнего механического напряжения [6]. В отличие от кристаллических ферромагнетиков, в аморфных ферромагнитных сплавах, полученных методом быстрой закалки из расплава, упругое напряжение, наряду с магнитным полем, является фактором первого порядка. При помощи растягивающего механического напряжения величиной $\sigma \sim 1,5 \div 2,0 \cdot 10^3$ Н/мм² ленту любого аморфного сплава (как магнитострикционного, так и аморфного сплава с компенсированной магнитострикцией) можно довести до состояния, подобного состоянию магнитного насыщения. После снятия нагрузки первоначальное магнитное состояние восстанавливается. В то же время намагниченность проволоки из кристаллического ферромагнитного сплава пермаллой 89НМ уменьшается только на 5% при максимальном обратимом механическом растяжении. Действие магнитного поля и механического растягивающего напряжения на намагниченность аморфных сплавов с положительной магнитострикцией ($\lambda_s > 0$) направлены по одной оси и практически эквивалентны. Различие заключается лишь в том, что в состоянии магнитного насыщения все домены стремятся выстроиться по магнитному полю в единственном направлении продольной оси, а при механическом растяжении (без внешнего магнитного поля) домены располагаются вдоль той же продольной оси равновероятно в обе стороны так, что суммарная намагниченность отсутствует. Последующее наложение внешнего магнитного поля не приводит к переориентации доменов, направленных против внешнего магнитного поля, так как энергия магнитоупругой анизотропии превосходит энергию намагничивания.

Механическое растягивающее напряжение, действующее на аморфные сплавы с отрицательной магнитострикцией ($\lambda_s < 0$), принудительно выстраивает домены в поперечном направлении, причем в ферромагнетике сохраняется состояние с равной нулю суммарной намагниченностью. Энергия магнитоупругой анизотропии в данном случае не в состоянии противостоять энергии намагничивания внешнего магнитного поля, направленного вдоль легкой оси намагничивания, поэтому внешнее магнитное поле может намагнитить механически растянутую аморфную ферромагнитную ленту, доведя ее до состояния полной намагниченности. При этом домены выстраиваются вдоль направления приложенного магнитного поля заданного направления.

То есть в лентах аморфных ферромагнитных сплавов с положительной магнитострикцией состояние полного и обратимого насыщения достигается как при помощи внешнего магнитного поля H_s , так и под действием внешнего растягивающего механического напряжения σ . А в лентах аморфных ферромагнитных сплавов с отрицательной магнитострикцией механическое растягивающее напряжение создает состояние с нулевой намагниченностью при принудительной поперечной ориентации доменов, а состояние истинного насыщения достигается с помощью внешнего продольного магнитного поля.

Аморфные ферромагнитные сплавы, полученные методом быстрой закалки из расплава, могут быть применены для магнито-упругого и упруго-магнитного преобразования, так как их коэрцитивная сила мала и вихревых токов нет. Коэффициент преобразования энергии при этом может быть близок к 1.

2. Магнито-индуктивный (MI-) и магнитоимпедансный (GMI-) эффекты

Электродинамические эффекты (MI-effect и GMI-effect) количественно выражаются через относительное изменение амплитуды электрического напряжения на концах аморфного ферромагнитного проводника под действием внешнего магнитного поля при прохождении через этот проводник переменного электрического тока, $\Delta U/U = (U_m - U_s)/U_s$, где U_m – максимальное падение напряжения на аморфном ферромагнитном проводнике и U_s – падение напряжения на аморфном ферромагнитном проводнике в состоянии насыщения. Не смотря на внешнее сходство этих эффектов, они существенно различаются. Максимум $\Delta U/U$ в GMI-эффекте может быть более 4 [7], а максимум $\Delta U/U$ в MI-эффекте не превышает 0,3. Диапазон частот наблюдения MI-эффекта – от 10 кГц до 1 МГц, в то время как GMI-эффект хорошо проявляется в диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц. Максимальный MI-эффект наблюдается при близком к нулю внешнем продольном магнитном поле, а максимальный GMI-эффект наблюдается в отличающемся от нуля магнитном поле.

GMI-эффект в аморфных ферромагнетиках объясняют зависимостью циркулярной или поперечной магнитной проницаемости, входящей в выражение для скин-эффекта в ферромагнитном проводнике, от внешнего продольного магнитного поля, а MI-эффект – зависимостью индуктивности аморфного проводника от внешнего магнитного поля [3]. При этом в [3] вводят эффективную магнитную проницаемость μ_{ef} , которую определяют из выражения $B_\phi = (\mu H)_\phi = \mu_{ef} H_\phi$, где H_ϕ – магнитное поле тока, протекающего по проводнику, и полагают, что $\mu_{ef} \sim 10^4$. Глубина скин-слоя в ферромагнитном проводнике $\delta = (0,5 \omega \sigma \mu)^{-1/2}$, а амплитуда переменного электрического напряжения на ферромагнитном проводнике пропорциональна его импедансу и зависит от δ как $U \sim 1/\delta$. Если считать, что глубина скин-слоя определяет изменение амплитуды переменного электрического напряжения на аморфном ферромагнитном проводнике, то амплитуда напряжения должна быть пропорциональна $\mu_{ef}^{1/2}$, а относительное изменение напряжения $\Delta U/U = (\mu_{ef}^{1/2}) - 1$. Экспериментальное значение $\Delta U/U$ в аморфных ферромагнитных проводниках находится в пределах от 0,5 до 4. При предлагаемой в [3] величине $\mu_{ef} \sim 10^4$ тонкие аморфные ленты и провода должны достигать состояния насыщения дважды за период, так как уже при силе тока 10 мА и толщине ленты или радиуса провода ~ 10 мкм $\mu_{ef} H_{ef} > B_s$, а измеряемое падение напряжения должно изменяться с удвоенной частотой электрического тока. Кроме того, должна нарушиться пропорциональность между силой тока в проводнике и измеряемым напряжением. Ни того, ни другого в GMI-эффекте нет, а величина μ_{ef} в [3] сильно завышена. Магнитная проницаемость формы в такой геометрии аморфного образца близка к двум, а на высокой частоте – явно меньше двух. Количественная оценка показывает, что глубина скин-слоя, при типичных параметрах аморфных ферромагнетиков и условий наблюдения GMI-эффекта ($\omega \sim 2\pi \cdot 10^6$ Гц, $\sigma \sim 2 \cdot 10^6$ Ом·м), $\delta \sim 250$ м, в то время как толщина аморфных лент $\sim 10 \cdot 10^{-6}$ м, а диаметр аморфных проводов и того меньше. Отсутствие корреляции между зависимостью магнитной проницаемости от магнитного поля и амплитудой напряжения в GMI-эффекте при изменении внешнего магнитного поля, а также относительно высокое удельное электрическое сопротивление аморфных ферромагнитных сплавов и количественные

оценки показывают, что GMI-эффект не может быть объяснен через скин-эффект. Объяснение причины MI-эффекта в [3] также несостоятельно. При увеличении длины аморфного ферромагнитного проводника его индуктивность должна монотонно возрастать, а в MI-эффекте с увеличением длины проводника амплитуда напряжения вначале возрастает, а затем падает. То есть MI-эффект не связан с индуктивностью аморфного проводника. При MI-эффекте в спектре выходного электрического напряжения, снимаемого с концов аморфного проводника, появляются нечетные гармоники частоты электрического тока, которые складываются с амплитудой падения напряжения основной частоты электрического тока, что вызывает увеличение амплитуды измеряемого электрического напряжения. Четные гармоники в спектре выходного сигнала отсутствуют. Физическая причина MI-эффекта заключается в наличии в аморфном ферромагнитном проводнике чётного по намагниченности эффекта и высокоэффективного магнитоупругого взаимодействия, приводящего к нелинейному взаимодействию и генерации в аморфном ферромагнетике нечётных гармоник частоты электрического тока [8]. В максимуме MI-эффекта выходное напряжение приобретает форму, близкую к треугольной. Необходимые условия возникновения максимального MI-эффекта в аморфном ферромагнитном проводнике: 1) Продольная составляющая внешнего магнитного поля $H_x \approx 0$; 2). Отсутствие значительных внутренних и внешних механических напряжений; 3). Оптимальная частота электрического тока от 10 кГц до 1 МГц (в зависимости от толщины аморфной ленты или диаметра аморфного провода); 4). Большая амплитуда электрического тока, проходящего по аморфному проводнику, достаточная для создания циркулярного магнитного поля, приводящего к нелинейным процессам в этом аморфном ферромагнитном проводнике.

В отличие от MI-эффекта, максимум GMI-эффекта всегда наблюдается в ненулевом внешнем магнитном поле. Минимум амплитуды в GMI-эффекте соответствует нулевому внешнему магнитному полю при отсутствии внешних и внутренних механических напряжений (внутренние напряжения снимаются отжигом аморфного проводника при температуре ниже точки Кюри данного сплава), а также в состоянии полного магнитного насыщения. Физической причиной возникновения GMI-эффекта является высокое магнитоупругое и упруго-магнитное взаимодействие, максимум которого совпадает с максимальным движением доменных стенок. При этом часть энергии магнитного поля переходит в упругие колебания внутри аморфного проводника. При обратном (упруго-магнитном) преобразовании эта энергия возвращается в проводник и складывается с амплитудой падения напряжения на проводнике при прохождении по нему электрического тока. Увеличение результирующей амплитуды напряжения на аморфном проводнике за счет накопленной энергии упругих колебаний воспринимается, как увеличение импеданса аморфного проводника [9]. Подобный эффект может быть получен не только при пропускании электрического тока через аморфный проводник, но и при возбуждении аморфного проводника упругими колебаниями или внешним переменным магнитным полем. Причем именно возбуждение упругими колебаниями наиболее соответствует ходу зависимости GMI-эффекта от внешнего магнитного поля [7]. Уменьшение поперечных размеров аморфного ферромагнитного проводника всегда приводит к снижению GMI-эффекта. Зависимость $\Delta U/U$ от длины ленты неоднозначна: до длины 30÷40 мм $\Delta U/U$ возрастает, а затем снижается. Такое поведение можно объяснить интерференцией упругих волн в аморфном ферромагнитном проводнике.

Таким образом, основной физической причиной MI-эффекта и GMI-эффекта в проводниках из аморфных ферромагнитных сплавов, полученных методом быстрой закалки, является предельно высокое магнитоупругое взаимодействие в этих магнитных материалах.

3. Датчики слабого магнитного поля

Влияние модулированного магнитного поля высокой частоты на низкочастотный магнитный шум активных и пассивных датчиков с аморфным ферромагнитным сердечником рассмотрено в работе [10]. Но это внешний шум. В феррозондах к внешнему шуму добавляется магнитный шум, связанный с возбуждением аморфного сердечника собственным сильным магнитным полем модуляции. То есть основной причиной возникновения магнитного шума в аморфных сердечниках феррозондов, работающих на второй гармонике частоты возбуждения, является магнитоупругое взаимодействие. Периодическое намагничивание аморфного ферромагнитного сердечника до состояния магнитного насыщения вызывает упругие колебания в аморфных сердечниках и происходит их деформация (из-за магнитострикции), что создает акустические и магнитные шумы. Особенно сильно такие шумы проявляется вблизи частот механических резонансов аморфного ферромагнитного сердечника. Применение аморфных сплавов с компенсированной продольной магнитострикцией не позволяет скомпенсировать магнитострикцию во всем объеме сердечника или существенно снизить возбуждаемые в сердечнике акустические колебания. Частично снижается собственный шум в кольцевых многовитковых сердечниках при плотной намотке и числе слоев аморфной ленты около десяти и более, что происходит за счет усреднения шумов, возникающих в каждом витке аморфной ленты. Магнитомодуляционные датчики на основе сердечников из аморфного сплава с компенсированной продольной магнитострикцией, в отличие от феррозондов, работают на частной петле и намагничиваются слабым переменным магнитным полем гармонической формы. В результате магнитоупругого взаимодействия в аморфном сердечнике возникают упругие гармонические колебания удвоенной частоты, так как магнитоупругие эффекты являются четными. При определенном соотношении частоты и амплитуды возбуждения, величины внешнего магнитного поля и частоты колебательного контура, в который включена приемная катушка с аморфным сердечником, может быть получен режим автопараметрического усиления сигнала измеряемого магнитного поля. Рабочая точка магнитомодуляционного датчика в автопараметрическом режиме поддерживается с помощью цепи отрицательной обратной связи по магнитному полю. В области частот от 1 Гц и выше магнитомодуляционный датчик с автопараметрическим усилением может иметь порог чувствительности на уровне $10^{-13} \div 10^{-14}$ Тл·Гц $^{-1/2}$ при температуре до 360К [11]. Нанокристаллические сплавы, получаемые на основе аморфных сплавов, могут работать при более высокой температуре, но по сравнению с аморфными сплавами имеют худшие магнитные характеристики и более высокий уровень магнитного шума. К недостаткам магнитомодуляционных датчиков с аморфным сердечником и автопараметрическим усилением сигнала следует отнести нестабильность условного нуля, соответствующего выбранной рабочей точке, что приводит к непредсказуемому сдвигу уровня постоянной составляющей измеряемого

магнитного поля. Этот сдвиг вызван нестабильностью элементов электронной схемы. Кроме того, при работе аморфного ферромагнитного сердечника по частной петле по причине гистерезиса имеет место неоднозначность характеристики «амплитуда выходного напряжения на колебательном контуре с аморфным сердечником – величина внешнего продольного магнитного поля». Особенно это проявляется при воздействии на аморфный ферромагнитный сердечник сильного или импульсного магнитного поля.

Заключение

Аморфные ферромагнитные сплавы, получаемые методом быстрой закалки из расплава, помимо широкого применения в радиоэлектронике и электротехнике, являются наиболее перспективными материалами для высокоэффективных магнитоупругих и упруго-магнитных датчиков и преобразователей. Аморфные ферромагнетики перспективны для использования в пассивных индукционных датчиках на частотах до 10 МГц, где они могут иметь преимущества в стабильности магнитных свойств перед ферритами. Кроме того, эти магнитные материалы наиболее эффективны для применения в миниатюрных магнитомодуляционных датчиках слабого переменного магнитного поля в области частот от 0,03 Гц до 0,3 МГц, где с их помощью можно получить порог чувствительности $10^{-13} \div 10^{-14}$ Тл·Гц^{-1/2}.

Литература

1. Mithell M.A., Clark A.E., Savage H.T. and Abbundi R.J. ΔE Effect and Magnetomechanical Coupling Factor in Fe₈₀B₂₀ and Fe₇₈Si₁₀B₁₂ Glassy Ribbons. IEEE Transactions on Magnetism, Vol. Mag-14, No. 6, November 1978, p. 1169-1171.
2. Wun-Fogle M., Savage H.T., Kabacoff L.T., Hathaway K.B. and Merchant J.M. Magnetoelastic effects in amorphous wires and amorphous ribbons with nonmagnetic thin-film coatings. //J. Appl. Phys., **64** (10), 15 November 1988, p. 5405-5407.
3. Panina L.V., Mohri K., Bushida K., Noda M. Giant magnetoimpedance and magneto-inductive effects in amorphous alloys. J. Appl. Phys., **76** №10 (1994) 6198-6203.
4. Mermelstein M.D. and Dandridge A. Dynamic sensitivity and thermal noise analysis of a magnetoelastic amorphous metal low-frequency magnetometer. Applied Physics Letters **51** (20), 16 November 1987, p.1640-1642.].
5. Shirae K. Noise in amorphous magnetic materials.// IEEE Transactions on Magnetism, 1984; 20(5):1299-1301.
6. Сокол-Кутыловский О.Л. О влиянии механического напряжения на ленты аморфных ферромагнитных сплавов –Деп. в ВИНТИ 15.07.02, № 1338, 9с.
7. Сокол-Кутыловский О.Л. исследование магнитоупругих свойств аморфных ферромагнетиков с целью их применения в магнитных и механических датчиках: диссертация доктора. техн. наук. Екатеринбург. 1997. 218 с.
8. Сокол-Кутыловский О.Л. Низкочастотный магнитоимпедансный эффект в аморфных ферромагнитных сплавах – Деп. в ВИНТИ 15.12.02, №2170-B2002.
9. Сокол-Кутыловский О.Л. О физической причине гигантского магнитоимпедансного эффекта в аморфных сплавах –Деп. в ВИНТИ 21.12.01 №2653-B2001, 13 с.
10. Sokol-Kutylovsky O.L. The effect of an amplitude-modulated high-frequency magnetic field on the noise of an amorphous ferromagnetic sensors. Measurement Techniques. 2012. T. 55. № 6. p.702-705.
11. Sokol-Kutylovskii O.L. The recording of an extremely weak low-frequency magnetic field with a magnetomodulation sensor. Measurement Techniques. 2013. T. 56. № 4. p. 447-450.

References

1. Mithell M.A., Clark A.E., Savage H.T. and Abbundi R.J. ΔE Effect and Magnetomechanical Coupling Factor in Fe₈₀B₂₀ and Fe₇₈Si₁₀B₁₂ Glassy Ribbons. IEEE Transactions on Magnetism, Vol. Mag-14, No. 6, November 1978, p. 1169-1171.
2. Wun-Fogle M., Savage H.T., Kabacoff L.T., Hathaway K.B. and Merchant J.M. Magnetoelastic effects in amorphous wires and amorphous ribbons with nonmagnetic thin-film coatings. //J. Appl. Phys., **64** (10), 15 November 1988, p. 5405-5407.
3. Panina L.V., Mohri K., Bushida K. and Noda M. Giant magnetoimpedance and magneto-inductive effects in amorphous alloys. J. Appl. Phys., **76** №10 (1994) 6198-6203.
4. Mermelstein M.D. and Dandridge A. Dynamic sensitivity and thermal noise analysis of a magnetoelastic metal low-frequency magnetometer. Applied Physics Letters **51** (20), 16 November 1987, p.1640-1642.
5. Shirae K. Noise in amorphous magnetic materials.// IEEE Transactions on Magnetism, 1984; 20(5) p. 1299-1301.
6. Sokol-Kutylovskii O. L. O vlijanii mehanicheskogo naprjazhenija na lentu amorfnyh ferromagnitnyh splavov –Деп. в ВИНТИ 15.07.02, № 1338, 9с.
7. Sokol-Kutylovskii O. L. Issledovanie magnitoupругih svoistv amorfnyh ferromagnetikov s tsel'ju ih primenenija v magnitnyh i mehanicheskix datchikah: Dissertacija na soiskanie stepeni doktora tehnikeskix nauk. Ekaterinburg (1997) 218 s.
8. Sokol-Kutylovskii O. L. Nizkochastotnyj magnitoimpedansnyj jeffekt v amorfnyh ferromagnitnyh splavah. – Деп. в ВИНТИ 15.12.02, №2170-V2002.
9. Sokol-Kutylovskii O. L. O fizicheskoj prichine gigantskogo magnitoimpedansnogo jeffekta v amorfnyh splavah. –Деп. в ВИНТИ 21.12.01 №2653-V2001, 13 s.
10. Sokol-Kutylovsky O.L. The effect of an amplitude-modulated high-frequency magnetic field on the noise of an amorphous ferromagnetic sensors. Measurement Techniques. 2012. T. 55. № 6. p. 702-705.
11. Sokol-Kutylovskii O.L. The recording of an extremely weak low-frequency magnetic field with a magnetomodulation sensor. Measurement Techniques. 2013. T. 56. № 4. p. 447-450.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.211

Сон М.П.

Кандидат технических наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ФЕРМ И РЕШЕТЧАТЫХ СИСТЕМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ**Аннотация**

Если задаться функциями прогиба в задачах устойчивости такими же, как в задачах статики, без учета продольных сил, получим более простой вариант решения. Такая замена точных решений приближенными дает решение с удовлетворительной точностью, когда критическое значение продольной силы в элементе сильно меньше критической силы в основной системе метода перемещений, и некорректный результат в противоположном случае. Показанная методика является простейшим вариантом метода конечных элементов (МКЭ) применительно к исследованию устойчивости стержневых систем. В данной статье приводится анализ проблем связанных с расчетом устойчивости шарнирно-стержневых систем МКЭ. Показаны причины неточности расчетов и способы достижения адекватных решений.

Ключевые слова: устойчивость, ферма, метод конечных элементов, программные комплексы.

Son M.P.

PhD in Engineering, Perm national research polytechnical university

PROBLEMS OF CALCULATION OF FARMS AND TRELLISED SYSTEMS ON STABILITY**Abstract**

Considering deflection function in stability problems like in statics problems, excluding longitudinal forces, we could achieve a simpler version of the solution. This replacement of precise solution with approximate one provides the solution with reasonable accuracy when the critical value of the longitudinal force in the element is much less than the critical force in the main system of displacement method and the incorrect solution otherwise. The illustrated method is the simplest version of the finite element method (FEM) applied to the research of the stability of bar systems. This paper provides an analysis of the problems related to the calculation of stability of hinged-rod FEM systems. The reasons for the calculations inaccuracies and ways to achieve adequate solutions are shown.

Keywords: stability, farm, final elements method, program complexes.

З ададим форму потерю устойчивости с точностью до нескольких параметров Z_i

$$y(x) = f_1(x) \cdot Z_1 + f_2(x) \cdot Z_2 + f_3(x) \cdot Z_3 + \dots + f_n(x) \cdot Z_n \quad (1)$$

Где $f_i(x)$ - функции только от x , удовлетворяющим некоторым или всем граничным условиям стержня

При исследовании устойчивости стержневых систем в качестве неизвестных параметров, входящих в (1) и характеризующих деформации системы можно принять перемещения и углы поворота узлов системы, а также (при необходимости) отдельных сечений стержней. Задаваясь формой изгиба стержней, можно избежать применения специальных трансцендентных функций и свести задачу определения критической силы к виду (2).

$$\begin{cases} (r_{11} - P \cdot \gamma_{11}) \cdot Z_1 + (r_{12} - P \cdot \gamma_{12}) \cdot Z_2 + \dots + (r_{1n} - P \cdot \gamma_{1n}) \cdot Z_n = 0 \\ \dots\dots\dots \\ (r_{n1} - P \cdot \gamma_{n1}) \cdot Z_1 + (r_{n2} - P \cdot \gamma_{n2}) \cdot Z_2 + \dots + (r_{nn} - P \cdot \gamma_{nn}) \cdot Z_n = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Где } r_{ij} = \int_0^l EI(x) \cdot f_i'' \cdot f_j'' \cdot dx, \gamma_{ij} = \int_0^l \bar{N}(x) \cdot f_i' \cdot f_j' \cdot dx \quad (3)$$

Если стержни системы имеют постоянную жесткость, то можно, приняв в качестве формы изгиба те же функции формы, что и в задачах статики, получить для элементов r_{ij} и γ_{ij} простую механическую и геометрическую трактовку.

В классическом методе перемещений для расчета на устойчивость влияние продольной силы учитывалось путем умножения реакций r_{ij}^0 на специальные функции $\varphi_k(v)$, $\eta_k(v)$, но если задаться функцией прогиба $y(x)$ от поворота и линейного смещения на безразмерные единицы такие же, как в задачах статики, без учета продольной силы, то коэффициенты метода перемещений примут следующий вид:

$$r_{ij} = r_{ij}^0 - P \gamma_{ij} \quad (4)$$

Или в матричном виде: $R = R^0 - P \cdot \Gamma$

Соответственно уравнения энергетического метода $(R^0 - P \cdot \Gamma) \cdot \bar{Z} = 0 \quad (5)$

Определяя минимальный параметр P при котором система имеет не нулевое решение Z , получаем приближенное, несколько завышенное значение критической нагрузки и форму потерю устойчивости. $P_{кр}$ можно определить: либо раскрывая определитель матрицы, либо вычисляя матрицу податливости как обратную матрицу жесткости. Уравнение

(5) эквивалентно равенству $C \bar{Z} = \lambda \bar{Z}$, где $C = (R^0)^{-1} \Gamma$, $\lambda_{\max} = \frac{1}{P_{\min}}$.

Найти λ_{\max} и соответствующего собственного вектора перемещений с использованием современных ЭВМ не является проблемой [3].

Изложенная форма энергитического метода, предложенная в работах В.В. Болотина [4] при выборе в качестве неизвестных узловых перемещений, может быть также получена, согласно А.Р. Ржаницину, простым разложением специальных функций метода перемещений $\varphi_k(v), \eta_k(v)$ в ряды с удержанием первых двух членов ряда.

Такая замена точных решений приближенными дает удовлетворительное решение при достаточно малых значениях N_i (продольных сил), когда критическое значение $N_{i\text{кр}}$ меньше критической силы в основной системе метода перемещений (!), и неудовлетворительный результат в противоположном случае.

Показанная методика является простейшим вариантом метода конечных элементов применительно к исследованию устойчивости стержневых систем. Устойчивость равновесия образует сложный и порой противоречивый раздел строительной механики [5]. Современные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов порой допускают те же самые ошибки. Покажем это на следующем примере: рама (рис.1.) жесткости всех элементов EI , размеры (высота и длины пролетов) 1.

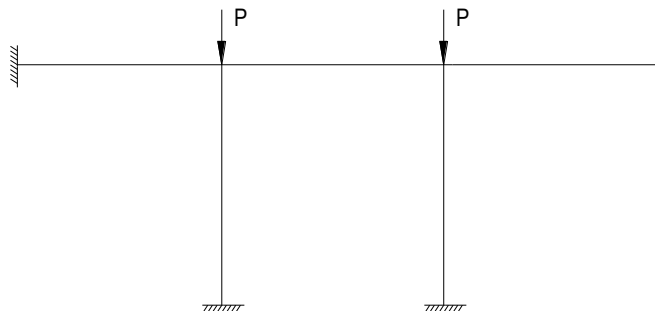


Рис.1. рама (стержневая конструкция)

Из аналитического решения показанной рамы получим: $P_{\text{кр}} = \frac{30.6EI}{l^2}$, но если мы возьмем основную систему метода перемещений (закрепим от поворота узлы рамы), то две стойки будут работать как стержни с двумя жесткими заделками, для которых критическая сила равна $\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$. Поскольку значение критических сил близко, то согласно (!) мы можем получить некорректное решение. Рассмотрим результаты решение задачи (рис.2.), выполненной в ПК “Лира” (для удобства $EI=1, l=1$).

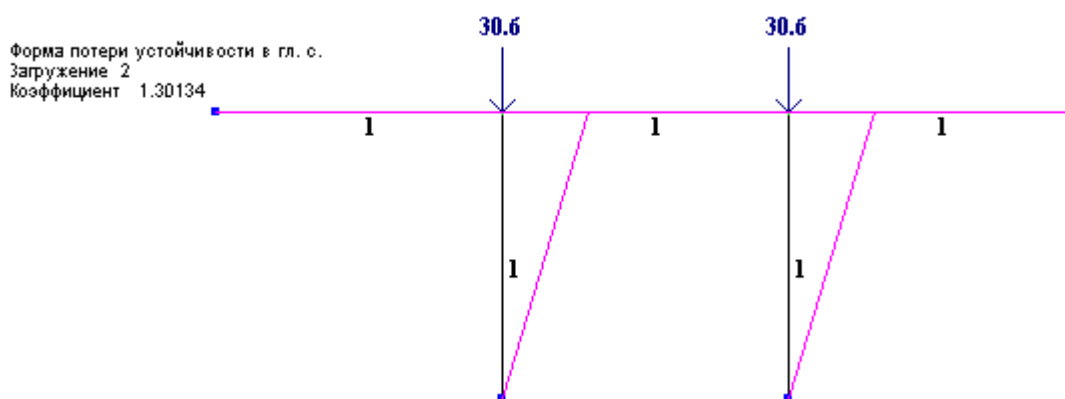


Рис. 2. Результаты расчета рамы на устойчивость

Видно, что критическая сила найденная расчетом в программном комплексе равна $30.6 \cdot 1.30134 = 4\pi^2$, что соответствует форме потери устойчивости для основной системы метода перемещений. Для получения точного решения необходимо соблюдение (!), этого можно добиться путем установки более густой сетки конечных элементов, так, например, при разбиении стоек пополам мы увеличим критическую силу для основной системы метода перемещений в 4 раза, т.к. она обратно пропорциональна квадрату длины. Таким образом (!) соблюдается, и мы приходим к верному решению (рис. 3.).

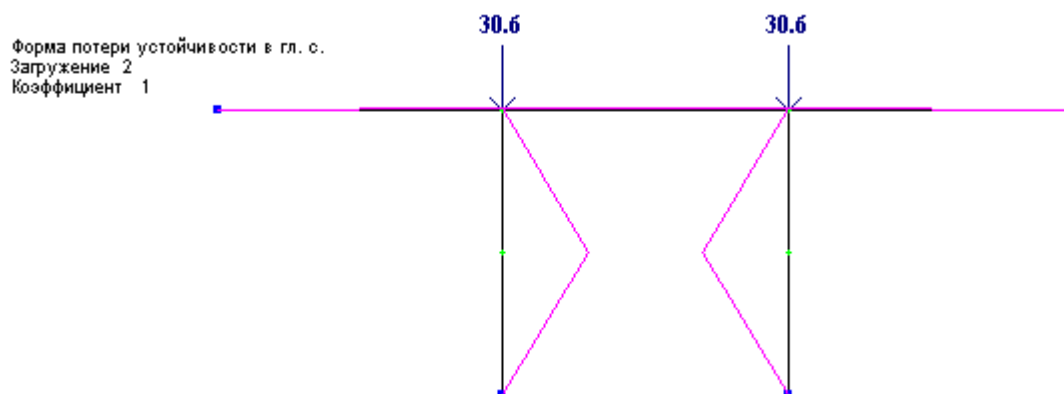


Рис.3. Результаты расчета рамы на устойчивость, при дроблении стоек пополам

Аналогичные проблемы будут возникать и при расчете ферм, представляющих собой совокупность шарнирных треугольников, т.к. основная система метода перемещений для них совпадает с исходной схемой.

Рассмотрим устойчивость шарнирно-опертого сжатого стержня, состоящего из двух ветвей, соединенных между собой решеткой. Исходные данные: $h=11\text{м}$, $EI=50\text{кНм}^2$, $EF=10\text{МН}$. Очевидно, что критическая сила зависит не только от сечения ветвей, но и от сечений соединительной решетки, и от ее способа соединения с ветвями.

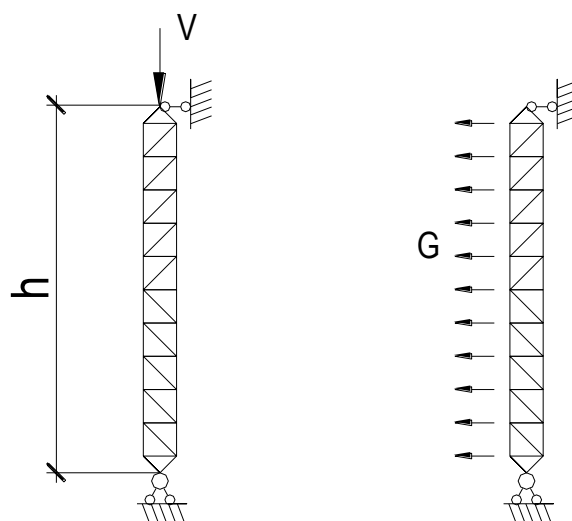


Рис.4. Шарнирно-стержневая система

Выполним расчет фермы (рис.4.) на вертикальную нагрузку V в ПК «Лира», при этом проанализируем изменение критической силы в зависимости от способов соединения ее элементов между собой. Получим. При жестком соединении всех элементов $V_{kr} = 374\text{кН}$, при жестких стойках с шарнирно прикрепленной решеткой: $V_{kr} = 484\text{кН}$, при шарнирном соединении всех элементов: $V_{kr} = 987\text{кН}$. Результаты такого расчета парадоксальны при ослаблении фермы (путем введения шарниров) и уменьшения ее жесткости мы получаем увеличение критической силы. Причиной этого парадокса является (!), так $V_{kr} = 987\text{кН}$ ничто иное, как критическая сила для отдельного элемента пояса фермы. Для получения адекватного результата необходимо разбить элементы фермы на несколько частей (что обычно не делается в расчетных моделях). Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета фермы на устойчивость

Условие решетки	соединение	V_{kr} , без разбиения стержней фермы, кН.	V_{kr} , с разбиением стержней фермы на два КЭ, кН	Приближенное решение согласно [1], кН
Жесткое		374	374	350
Стойки с шарнирной решеткой		484	364	
Шарнирное		987	358	

Точный расчет на устойчивость составных стержней разработан проф. А.Р. Ржаницыным и весьма полно изложен в его книге [2].

Необходимо отметить, что при расчете фермы (рис.4.) на горизонтальную нагрузку G , решения при дроблении стержней на более густую сетку КЭ не дает заметных расхождений. Но сгущение целесообразно для лучшего понимания форм потери устойчивости (рис.5.).

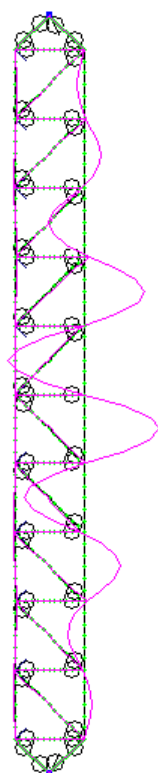


Рис.5 – Потеря устойчивости сжатого пояса фермы от горизонтальной нагрузки

На реальные фермы и колонны с решеткой, и подобные конструкции действуют горизонтальные и вертикальные силы, поэтому, в случае анализа критических сил и форм устойчивости, необходимо дробление сжатых элементов на несколько частей.

Литература

1. Основы расчета сооружений на устойчивость./ Раевский А.Н. /Высшая школа 1962
2. Устойчивость равновесия упругих систем./Ржаницын А.Р./ Гостеортехиздат 1955
3. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. /Перельмутер А.В., Сливкер В.И./ ДМК пресс 2007
4. Болотин В.В./ О вариационных принципах теории упругой устойчивости./ Проблемы механики твердого деформируемого тела./ Судостроение 1973, с.83-88
5. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы. Том 1./Перельмутер А.В., Сливкер В.И./ СКАД СОФТ 2007

References

1. Osnovy rascheta sooruzheniy na ustoychivost'./ Raevskiy A.N. /Vysshaya shkola 1962
2. Ustoychivost' ravnovesiya uprugikh sistem./Rzhanitsyn A.R./ Gosteortekhzdat 1955
3. Raschetnye modeli sooruzheniy i vozmozhnost' ikh analiza. /Perel'muter A.V., Slivker V.I./ DMK press 2007
4. Bolotin V.V./ O variatsionnykh printsipakh teorii uprugoy ustoychivosti./ Problemy mekhaniki tverdogo deformiruемого tela./ Sudostroenie 1973, s.83-88
5. Ustoychivost' ravnovesiya konstruktsiy i rodstvennye problemy. Tom 1./Perel'muter A.V., Slivker V.I./ SKAD SOFT 2007

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.168

Сулейманов Т.И.¹, Амирханов Н.А.²¹Начальник группы авторского надзора АО «Октопус»,²инженер группы авторского надзора АО «Октопус»**АВТОРСКИЙ НАДЗОР КАК ОДНА ИЗ ФОРМ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ****Аннотация**

Авторский надзор (АН) является одной из форм строительного контроля (СК) и актуальность его проведения при строительстве опасных производственных объектов не вызывает сомнений, т.к. отступления от проектной документации могут привести к нарушениям связанным с обеспечением надежности, прочности, устойчивости, долговечности и безопасности конструкции. Основной задачей данных мероприятий является качественное проведение строительных работ, для предотвращения аварий и обрушений строительных объектов, связанных с многочисленными жертвами и крупным материальным ущербом.

Ключевые слова: строительный контроль, авторский надзор, строительство производственных объектов.

Suleymanov T.I.¹, Amirkhanov N.A.²¹Head of field supervision group of "Octopus",²Engineer Group field supervision of "Octopus"**AUTHOR'S SUPERVISION AS A FORM OF BUILDING CONTROL****Abstract**

Supervision is a form of building control and its relevance in the construction of the hazardous production facilities is no doubt, because deviations from design documentation can lead to violations related to the reliability, strength, stability, durability and safety design. The main objective of these measures is a high-quality construction work to prevent accidents and collapses of buildings, associated with numerous victims and large material damage.

Keywords: building control, supervision, construction of production facilities.

Строительный контроль (СК) осуществляется при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства, для проверки соответствия выполняемых работ проектной документации и нормативным документам, а также проведение экспертизы или испытаний характеристик технологических процессов, строительных материалов, проведение итоговой проверки выполненных работ и подготовку заключения о соответствии или несоответствии. СК состоит из строительного контроля застройщика (заказчика), лабораторного контроля, геодезического контроля, производственного контроля, авторского надзора (АН), контроля по вопросам инженерных изысканий, аудита пожарной безопасности (Рис. 1).



Рис. 1

Остановимся подробнее на одной из форм строительного контроля – авторском надзоре. Процедура проведения АН является обязательной частью строительного контроля только при строительстве опасных производственных объектов, а также особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства. В остальных случаях проведение АН при строительстве других объектов является не обязательным и остается на усмотрение заказчика. Проведение АН регулируется «Сводом правил по проектированию и строительству» (СП 11-110-99).

Проектная организация при осуществлении обязательного АН по договору с заказчиком на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах капитального строительства должна иметь допуск СРО (саморегулируемой организации). При осуществлении капитального строительства объектов, не относящихся к категории особо опасных, технически сложных и уникальных, проектная организация может проводить АН без наличия допуска СРО.

Для проведения АН заказчик и проектная организация заключают договор на проведение АН на весь период реализации проекта: начиная со строительно-монтажных работ и заканчивая вводом объекта в эксплуатацию. На основании заключенного договора производятся работы по осуществлению АН. Приложением к договору является согласованный с обеих сторон «график посещения объекта», который регламентирует посещение объекта (например, на строящиеся и ликвидируемые скважины).

Посещение скважин (для нефтегазового сектора) как объектов капитального строительства, в рамках договора по АН, производится специалистами АН от проектной организации, совместно с представителями подрядчика и заказчика не реже 1 раза в месяц. Несколько отвлекаясь, не лишним было бы отметить, что специалистам, проводящим АН, необходимо пройти в обязательном порядке аттестацию в аттестационной комиссии управления Ростехнадзора (его территориальном органе) и получить соответствующее удостоверение, например в области аттестации по «общим требованиям промышленной безопасности». Многие предприятия идут дальше, и, невнимательно прочитав «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» аттестуют своих сотрудников, которые должны осуществлять АН на объекте (в данном примере для нефтегазового сектора), по курсу «Контроль скважины. Управление скважиной при ГНВП (газоводонефтепроявления)». Это не верно. В «Правилах безопасности в нефтяной и газовой промышленности», в разделе IX п. 97 однозначно говорится, что «данное требование не распространяется в отношении работников осуществляющих авторский надзор и научное сопровождение внедрения технологических процессов, технических устройств и инструмента».

Вернувшись к теме нашей статьи, продолжим, что основной целью проведения данной процедуры (АН) является обеспечение соответствия выполняемых работ утвержденной проектной документации (ПД). Проверка производится на протяжении всех этапов строительства или ликвидации скважин АГКМ, но основное внимание, в зависимости от требований технического задания договора АН, уделяется вопросам соответствия ПД:

1. Строительно-монтажных работ;
2. Технологии бурения и крепления;
3. Производства промыслово-геофизических исследований;
4. Обработки буровых растворов;
5. Охране недр и окружающей среды;
6. По сложным технологическим операциям.

Все выявленные отклонения от ПД фиксируются в журнале АН, где также вносятся рекомендации для устранения замечаний и сроки их выполнения. Кроме того, специалисты АН могут выдавать указания, обязательные для исполнения, вплоть до остановки работ на объекте, в случае если строительство или ликвидация скважин происходили с отклонением от проекта. По окончании оказания услуг по АН Заказчику передаются итоговый отчет и квартальные отчеты АН за строительством объекта, журнал АН и акты выполненных работ.

Проведение проверки на этапе строительно-монтажных работ специалистами АН производится примерно в следующем порядке:

1. Визуальный осмотр качества и надежности сооруженного оборудования на объекте;
2. Проверка соответствия расположения оборудования Генеральному Плану;
3. Измерение расстояния между оборудованием в соответствии с ПД и Промышленной безопасности;
4. Проверка исполнительной документации на соответствии ПД
5. Проверка наличия ПД на территории объекта строительства;
6. Проверка наличия пожарных щитов и их укомплектованности в соответствии с ПД;
7. Визуальный осмотр установленных заземляющих устройств оборудования и соответствие протоколов проверки наличия цепи между заземленной электроустановкой и элементами заземленной установки, а также измерения сопротивления заземляющего устройства;
8. По окончании строительно-монтажных работ производится проверка акта о готовности буровой.

Необходимо также отметить, что представители АН должны приглашаться при выполнении работ, которые именуются «скрытыми», и для подписания актов скрытых работ. В случае если представители АН не присутствовали при выполнении данных работ и акты не подписывали, то соответственно определить соответствие этих работ проектной документации (ПД) они впоследствии не могут и ответственности за долговечность, надёжность и безопасность конструкций не несут. То же относится и к ответственным и сложным работам – на эти работы представители АН приглашаются Заказчиком в письменном виде.

Иногда при контроле за производством строительно-монтажных работ, Заказчик требует проведения дополнительного, не предусмотренного СП 11-110-99 и договором контроля. Например, при обустройстве заземляющих устройств, специалисты АН проводят только визуальный осмотр, проверяют исполнительную документацию, но не проверяют соответствие сечения и проводимости элементов заземляющих устройств, т.к. для этого необходимы дополнительные приборы. Детальную проверку дополнительными приборами заземления оборудования проводят при строительном контроле, в функции АН данная проверка не входит.

Технология бурения и крепления скважин (например, на Астраханском газоконденсатном месторождении с высоким содержанием сероводорода) требует повышенного внимания от представителей АН. Проверка выполненных работ по этим этапам на соответствии ПД проводится только по исполнительной документации. Постоянного присутствия непосредственно при производстве работ не требуется, более того специалисты осуществляющие АН не должны вмешиваться в ход проводимых работ или каким то иным способом мешать его осуществлению. Очень часто фактические условия проводки скважин могут отличаться от проектных, очевидно, что в этом случае, зачастую следовать ПД без существенных отклонений невозможно. В случае если по исполнительной документации (или в ходе визуального осмотра) будет отмечено отклонение от ПД, необходимо затребовать дополнительные документы, например согласованные дополнения к ПД, протоколы геолого-технических совещаний и т.д. При этом осуществляющие АН лица, должны понимать предел допусков отклонений от проекта без дополнительных изменений

или дополнений к ПД. В этом случае (для нефтегазового сектора) они должны руководствоваться «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности». В качестве примера, спуск обсадной колонны имеет допуск по глубине $\pm 400\text{м}$ по вертикали, плотность бурового раствора $\pm 0,03\text{ г/см}^3$ и т.д. и т.п. Иными словами, если по ПД плотность бурового раствора определена $1,3\text{ г/см}^3$, а по факту из «журнала буровых растворов» была выявлена плотность $1,37\text{ г/см}^3$, то это однозначно считается отклонением от ПД – необходимо внести соответствующую запись в журнал АН, уведомить Заказчика, либо затребовать согласованное и запротоколированное обоснование такого отклонения от ПД. Другой пример – глубина спуска обсадной колонны по проекту 1200м , по факту, исходя из вскрытого геологического разреза, 1350м , данное отклонение допустимо и не является поводом для беспокойства.

В процессе бурения и крепления скважин производятся комплекс геофизических исследований (ГИС) для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах, а также для контроля технического состояния скважин. По окончании выполнения данных работ выдаются заключения ГИС, которые проверяются специалистами АН на соответствие ПД. В случае не проведения всех методов ГИС описанных в ПД и в отсутствии соответствующего протокола, данное отклонение вносится в журнал АН, и фиксируются в информационных отчетах.

Выше было уже сказано про необходимость поддерживать буровой раствор в заданных ПД параметрах. Поддержание гидростатического столба жидкости для оптимальных условий бурения и предупреждения ГНВП не входит в тематику данной статьи, но у специалистов занимающихся бурением нефтяных и газовых скважин важность параметров (в т.ч. реологических свойств) не вызывает сомнений. Как уже было сказано, при производстве работ по строительству скважин, зачастую фактические условия проводки скважины требуют существенных корректировок. Иногда Заказчик требует от проводящих АН специалистов рекомендаций по корректировке параметров бурового раствора или даже выдачи откорректированных рецептур по новым фактическим данным. Естественно, что лица осуществляющие АН не только не обязаны этого делать, но и не имеют таких возможностей. Для этих целей Заказчику рекомендуется не экономить, а привлечь сервис по инженерно-техническому сопровождению (ИТС) имеющему более широкие возможности. Более того, несмотря на то, что если даже изменений проектных решений не происходит, бывает часто необходимо принять ряд решений подходящих к конкретной ситуации. Исполнитель работ, даже при наличии большого опыта, не обладает необходимыми специалистами и ресурсами для детальной проработки этих решений. Корректировка и согласование Планов работ помогает предотвратить возможные ошибки, улучшить технологию строительства, а в случае, когда Планы работ составляются для ликвидации последствий инцидентов и аварий, минимизировать затраты и наиболее эффективно решить поставленные задачи. В статье «Инженерно-техническое сопровождение – новый способ контроля при строительстве и ликвидации скважин в условиях Астраханского ГКМ» [1] более подробно описывается необходимость инженерно-технического сопровождения, в данном случае мы приводим это как пример неоправданных ожиданий от АН, и попытке заменить ИТС проведением АН. Забегая вперед, то же можно сказать и про сложные технологические операции. АН действительно может выезжать, по вызову Заказчика на подобные работы (как правило, представители АН присутствуют при спуске эксплуатационной колонны), но требование Заказчика оперативно реагировать и выдавать рекомендации, особенно когда эти работы существенно отличаются от работ, предусмотренных по ПД, необоснованно. Кроме того, многие Заказчики злоупотребляют своим правом «вызова на проведение сложных работ», и искренне недоумевают дополнительно выставленным счетам за непредусмотренные договором работы, тем более что, присутствие представителей АН критически не отразилось на ходе этих работ – представители Заказчика в очередной раз забыли об ограниченных возможностях (и соответственно полномочиях) АН.

В заключение хочется отметить актуальность проведения АН в рамках «охраны недр и окружающей среды». Ни для кого не секрет, что в настоящее время экологии уделяется огромное значение. Имеется соответствующий раздел «Охрана окружающей среды», в котором прописан объем мероприятий по её защите, зачастую превышающий объем, например, технической части проекта. Проведение АН по этому направлению проводится одновременно с другими и по тому же принципу. Ничем существенным охрана окружающей среды не отличается от других направлений – тот же визуальный осмотр места работ и работа с исполнительной документацией, например, наличие загрязнений территории, вывоз бурового шлама и т.д.

Подводя итог, можно отметить важный момент – АН является частью строительного контроля и осуществляет выборочный контроль исполнительной документации имеющейся на буровой по уже выполненным работам, и соответственно, в момент производства работ которые ещё не завершены, не может вмешиваться или делать замечания по ещё не осуществлённым работам.

Литература

1. Биряльцев Е.В., Лобачев Г.Ю., Амиханов Н.А., Смирнов И.И. Инженерно-техническое сопровождение – новый способ контроля при строительстве и ликвидации скважин в условиях Астраханского ГКМ / Международный научно-исследовательский журнал ISSN 2303-9868, № 2 (21) Часть 1. Екатеринбург 2014;
2. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2015);
3. «Гражданский кодекс Российской Федерации» (ГК РФ) 30 ноября 1994 года № 51-ФЗ;
4. Долженкова О. В. Нормативно-техническое регулирование авторского надзора в строительстве // Молодой ученый. – 2012. – № 8. – С. 202-204;
5. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» утвержденный постановлением Госстроя России от 19 апреля 2004 г. № 70;
6. СП 11-110-99 «Авторский надзор за строительством зданий и сооружений» утвержденный Постановлением Госстроя России от 10.06.1999 г. № 44;
7. Федеральный закон от 23.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (принят ГД ФС РФ 23.12.2009).

References

1. Biryaltsev EV Lobachyov GY, Amirhanov NA, Smirnov I. Engineering and technical support - a new way to control the construction and abandonment of wells in the conditions of the Astrakhan gas condensate field / International Research Journal ISSN 2303-9868, № 2 (21) Part 1 Yekaterinburg in 2014;
2. "Town Planning Code of the Russian Federation" dated 29.12.2004 N 190-FZ (as amended on 30.12.2015.);
3. "The Civil Code of the Russian Federation" (the Civil Code) November 30, 1994 № 51-FZ;
4. Dolzhenkova OV Legal and technical regulations in the construction field supervision // Young scientist. - 2012. - № 8. - S. 202-204;
5. SNIP 12-01-2004 "Construction management" approved by the decree of the State Construction Committee of Russia on April 19, 2004 № 70;
6. SP 11-110-99 "Supervision of construction of buildings and structures" approved by Decree of the State Construction Committee of Russia from 10.06.1999, the number 44;
7. Federal Law №384-FZ of 23.12.2009 "Technical regulations on safety of buildings and structures" (adopted by the RF State Duma on 23.12.2009).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.138

Тетерина И.В.¹, Брыков Н.А.²

¹Кандидат технических наук, доцент, ²ассистент кафедры плазмгазодинамика и теплотехника, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

МЕТОД ПОСТАНОВКИ ДОЗВУКОВЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

Аннотация

Совместное моделирование процессов горения твердого топлива и газодинамических процессов ставит проблему постановки граничных условий, учитывающих взаимовлияние данных процессов. В работе предложен алгоритм постановки граничных условий при дозвуковой скорости газа на горячей стенке для уравнений газовой динамики. Скорость горения рассчитывается по степенному закону, но может быть использована любая другая модель нахождения скорости горения, в том числе и модели, учитывающие нестационарность процесса горения.

Ключевые слова: граничные условия, горение топлива, газовая динамика, метод установления.

Teterina I.V.¹, Brykov N.A.²

¹PhD in Engineering, associate professor, ²assistant of the Department of heat engineering and plasmagasdynamic, BALTIC STATE TECHNICAL UNIVERSITY «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, St. Petersburg

METHOD OF STATEMENT OF THE SUBSONIC BOUNDARY CONDITIONS IN THE JOINT MODELING OF DYNAMIC PROCESSES AND COMBUSTION PROCESSES OF FUEL

Abstract

In prediction of challenges of gas dynamics there is a problem of statement of boundary conditions at the subsonic speed. In this paper the formulation method for subsonic boundary conditions on the surface of the burning fuel. In this article we propose an algorithm of boundary conditions in subsonic gas velocity on the burning wall for the equations of gas dynamics. The rate of combustion is calculated by the power law, but can be used any other model of finding the rate of combustion, taking into account the transient combustion.

Keywords: boundary conditions, fuel combustion, gas dynamics.

В настоящее время представляет особый интерес разработка математических моделей, которые описывают процессы различной физической природы в совокупности. Вопросы взаимного влияния процессов нестационарного горения, внутренней газодинамики и акустических процессов на работу двигательных установок становятся всё более актуальными при разработке новых двигателей и совершенствовании уже имеющихся. Совместное численное моделирование таких процессов позволяет учесть изменение скорости горения топлива за счет пульсаций давления, что определяет нестационарность массоприхода с поверхности горения топлива. В такой постановке существенной является роль возмущений газодинамических параметров, которые впоследствии могут быть усилены процессом горения. В данной работе предложен алгоритм постановки граничных условий при совместном моделировании процессов горения и газодинамики.

В данной работе предложен алгоритм постановки граничных условий при совместном моделировании процессов горения и газодинамики, который является составной частью разработанного комплекса программ численного моделирования процессов, протекающих в двигательных установках. При моделировании процессов горения могут быть использованы различные модели: как простые модели горения (например, степенной закон горения), так и более сложные модели, учитывающие нестационарность процесса горения, например модель предложенная Я.Б. Зельдовичем. Далее на примере степенного закона горения будет показан алгоритм, позволяющий сформулировать граничные условия для решения системы уравнений газовой динамики методом установления.

Система уравнений одномерной газовой динамики в канале переменного сечения имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(SU) + \frac{\partial}{\partial x}(SF) = G, \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения, переменного как в пространстве, так и во времени, U , F , G – вектора переменных и источников члена, они записываются следующим образом:

$$U = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho E \end{pmatrix}, F = \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ (\rho E + p)u \end{pmatrix}, G = \begin{pmatrix} 0 \\ p \frac{ds}{dx} \\ 0 \end{pmatrix}.$$

В данных обозначениях ρ – плотность; u – скорость газа; p – давление; E – полная энергия единицы массы; t – время. Систему газовой динамики необходимо дополнить ещё одним уравнением – это уравнение состояния: $p = (\gamma - 1) \left(\rho E - \frac{1}{2} \rho u^2 \right)$, γ – отношение удельных теплоемкостей.

Для большого круга задач необходимо найти стационарное решение задачи. Для численного решения системы уравнений (1) воспользуемся методом установления. Суть данного метода основана на отыскании стационарного решения задачи как предела, к которому стремится решение нестационарных уравнений при $t \rightarrow \infty$. Дискретизация производных по времени осуществлялась с помощью явной схемы первого порядка точности. Для расчета потоков на гранях контрольного объема используется точное решение задачи Римана о распаде произвольного разрыва [1].

Для расчета необходимо задать как начальные условия, так и граничные. Начальное распределение параметров по расчетной области может быть произвольным, так как при решении системы уравнений, начальное распределение параметров изменяется и «подстраивается» под граничные условия. В свою очередь граничные условия нельзя задавать произвольно, для корректной постановки краевой задачи, необходимо чтобы количество условий на границе соответствовало ее типу.

Рассмотрим постановку граничных условий при дозвуковой скорости газа на горячей стенке для уравнений газовой динамики. На рис.1 показаны характеристики, соответствующие собственным числам системы уравнений (1); А - граница втекания, ось абсцисс сонаправлена с движением потока. Из положения линий характеристик видно, что из внешней свободной области, что находится левее граница А, приходят 2 характеристики: $dx/dt = u$ и $dx/dt = u + c$, а из внутренней области одна характеристика: $dx/dt = u - c$. Это означает, что при дозвуковом втекании для определения параметров потока во входной точке на новом временном слое необходимо сформулировать два граничных условия.

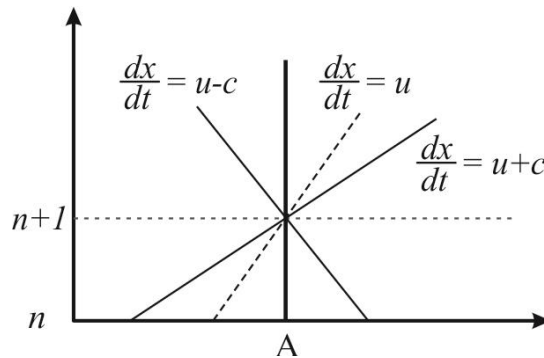


Рис.1 – Схема характеристик

Эти граничные условия сформулируем следующим образом:

$$h = C_p T = C_p \frac{p}{\rho R} = \text{const}, \quad (2)$$

$$\xi = \rho_\tau u_{\text{гор}} - \rho u = \rho_\tau u_1 \left(\frac{p}{p_n} \right)^v - \rho u = 0,$$

где h – энтальпия, ρ_τ – плотность топлива, $u_{\text{гор}} = u_1 \left(\frac{p}{p_n} \right)^v$ – скорость горения.

В данном случае скорость горения рассчитывается по степенному закону, но может быть использована любая другая модель нахождения скорости горения, в том числе и модели, учитывающие нестационарность процесса горения. Многочисленные исследования показывают, что в нестационарных условиях имеет место отклонение скорости горения от закона горения для стационарного режима [2].

Если рассматривать не сами соотношения (2), а их производные по времени, то воспользовавшись правилом цепного дифференцирования данные условия можно представить в следующей форме:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial h}{\partial \rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t}, \quad \frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{\partial \xi}{\partial \rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \xi}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \xi}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t}.$$

К этим двум соотношениям необходимо добавить уравнение для приходящей из внутренней области характеристики, соответствующей $\lambda = u - c$. Тогда система уравнений для входной дозвуковой границы записывается так:

$$P \frac{\partial V}{\partial t} = B,$$

где матрицы P и B имеют следующий вид:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{\partial h}{\partial \rho} & \frac{\partial h}{\partial u} & \frac{\partial h}{\partial p} \\ 0 & 1 & -\frac{1}{\rho c} \\ \frac{\partial \xi}{\partial \rho} & \frac{\partial \xi}{\partial u} & \frac{\partial \xi}{\partial p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -C_p \frac{p}{\rho^2 R} & 0 & \frac{C_p}{\rho R} \\ 0 & 1 & -\frac{1}{\rho c} \\ -u & -\rho & Z \cdot p^{v-1} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ -(u - c) \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{\rho c} \frac{\partial p}{\partial x} \right) \\ 0 \end{pmatrix},$$

где $Z = \frac{\rho_\tau u_1}{p_n^v}$.

Данная система уравнений описывает входное дозвуковое граничное условие для горящей стенки. Выполнив несложные преобразования можно получить соотношения, выражающие производные по времени от параметров для входной граничной ячейки. Если производные по времени и пространству аппроксимировать конечными разностями, то получим следующие выражения для вычисления газодинамических параметров потока на границе с учетом горения на новом временном слое:

$$\begin{aligned} \rho_1^{n+1} &= \rho_1^n + (u - c)_1^n \left(\frac{c\rho^2}{p + c\rho u - Zcp^v} \right)_1^n \frac{\Delta t}{\Delta x} \left(\Delta^+ u - \frac{1}{\rho c} \Delta^+ p \right); \\ u_1^{n+1} &= u_1^n - (u - c)_1^n \left(\frac{c\rho u - Zcp^v}{p + c\rho u - Zcp^v} \right)_1^n \frac{\Delta t}{\Delta x} \left(\Delta^+ u - \frac{1}{\rho c} \Delta^+ p \right); \\ p_1^{n+1} &= p_1^n + (u - c)_1^n \left(\frac{c\rho p}{p + c\rho u - Zcp^v} \right)_1^n \frac{\Delta t}{\Delta x} \left(\Delta^+ u - \frac{1}{\rho c} \Delta^+ p \right); \end{aligned}$$

где $\Delta^+ u = u_2 - u_1$, а $\Delta^+ p = p_2 - p_1$.

На сериях рисунков рис.2 представлено сравнение результатов численного решения системы (1) с граничными условиями на горячей стенке, сформулированными с помощью различных моделей горения.

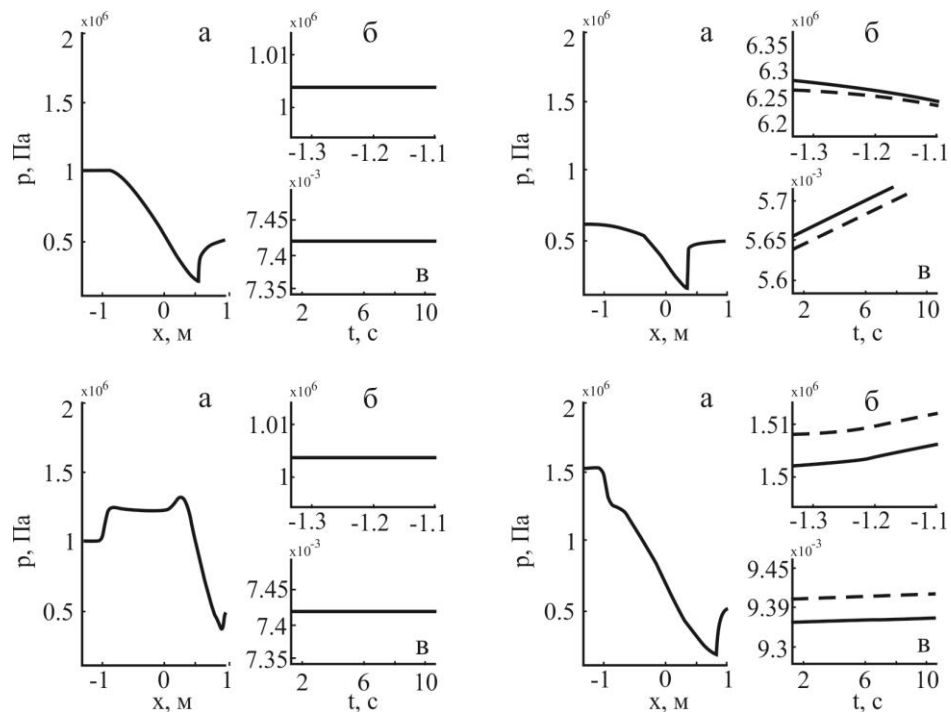


Рис.2 – Пунктирная линия – модель Зельдовича, сплошная – степенной закон

На верхней серии графиков показано влияние волны разряжения на скорость горения и на влияние горения на изменение давления в камере сгорания. Нижняя серия графиков – к поверхности горения приходит волна сжатия. Левые графики (а) – изменение давления в КС, на левой границе поставлены граничные условия, моделирующие горение, на правой границе – сверхзвуковое истечение. Правый верхний график (б) – давление у поверхности горения. Правый нижний график (в) – изменение скорости горения во времени. Видно, что при резком уменьшении давления скорость горения, рассчитанная по модели Зельдовича меньше, чем скорость горения, рассчитанная по степенному закону, а значит и массоприход от горения топлива будет больше во втором случае, что повлечет большее, по сравнению с первым случаем, значение давления.

Заключение

Предложенный алгоритм постановки дозвуковых граничных условий для решения системы уравнений газовой динамики методом установления позволяет смоделировать процессы горения, и учесть взаимосвязь между газодинамическими процессами и горением топлива. Сформулированные таким образом граничные условия позволяют смоделировать нестационарность горения, используя различные модели горения.

Литература

1. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: "Наука", 1976, 400 с.
2. Зельдович Я.Б., Лейпунский О.И., Либрович В.Б. Теория нестационарного горения пороха. М.: Наука, 1975, 132 с.

References

1. Godunov S.K., Zabrodin A.V., Ivanov M.Ja., Krajko A.N., Prokopov G.P. Chislennoe reshenie mnogomernyh zadach gazovoj dinamiki. M.: "Nauka", 1976, 400 s.
2. Zel'dovich Ja.B., Lejpunskij O.I., Librovich V.B. Teorija nestacionamogo gorenija poroha. M.: Nauka, 1975, 132 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.199

Тимошин А.Ф.¹, Николаев А.П.¹, Нитяговский А.М.¹, Ложкина Д.А.²

¹Инженер-эксперт, ООО Научно-технический центр «Экспертиза», г. Пенза

²Аспирант кафедры «Технология машиностроения», Пензенский государственный технологический университет,
**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕШЛАМОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ТИПА ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Аннотация

В работе всесторонне изучаются отходы нефтепереработки – нефтешламы резервуарного типа – на различных биологических тест-системах, определяется класс опасности нефтешламов резервуарного типа, при помощи высокоточных методов исследуется фазовый, минералогический и гранулометрический состав нефтешламов резервуарного типа и обосновывается возможность применения нефтешламов резервуарного типа ОАО «Пенза-Терминал» как источника ценных вторичных ресурсов в качестве аппретированного наполнителя для изготовления различных композиционных материалов.

Ключевые слова: нефтешламы, утилизация, экология, нефтесодержащие отходы, композиционные материалы, промышленная безопасность.

Timoshin A.F.¹, Nikolaev A.P.¹, Nityagovsky A.M.¹, Lozhkina D.A.²

¹ Engineer-expert, Ltd. Scientific-Technical Center "Expertise", Penza

² Postgraduate student of Department of "Mechanical Engineering" Penza State Technological University, Penza

**STUDY OF SLUDGE RESERVOIR TYPE FOR THE EXAMINATION OF INDUSTRIAL AND
ENVIRONMENTAL SAFETY OF PETROCHEMICAL PRODUCTION**

Abstract

The paper comprehensively studied refinery waste - oil sludge reservoir type - on a variety of biological test systems, the class is determined by the danger of sludge reservoir type, using high-precision treatment of the phase, mineralogy and grain size distribution of oil sludge reservoir type and substantiates the possibility of using sludge reservoir type of "Penza-Terminal" as a source of valuable secondary resources as a appret filler for the manufacture of various composite materials.

Keywords: oil sludge, recycling, ecology, oily waste, composite materials, industrial safety.

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

DOI: 10.18454/IJRJ.2016.47.294

Филиппов Р. А.

Магистрант, Омский государственный технический университет

**КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
В РЕЖИМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ****Аннотация**

Локальная вычислительная сеть, как составная часть информационной системы, является активом любого предприятия, который имеет ценность и должен быть надежно защищен. В статье описана концепция системы контроля доступа к локальной сети, в основе которой лежит применение интеллектуальной системы распознавания «образов» рабочих станций. Практическое применение данной концепции позволит повысить качество администрирования и эффективность прогнозирования недопустимых состояний ЛВС, а также предотвратить несанкционированный доступ к сети или сократить время на поиск места проникновения.

Ключевые слова: надежность, интеллектуальная система, локальная сеть.

Fillipov R.A.

Master, Omsk State Technical University

**THE CONCEPT OF ACCESS CONTROL TO A LOCAL NETWORK IN SECRET COMPANY BASED OF
INTELLECTUAL SYSTEM****Abstract**

Local area network, as part of an information system is an asset of any enterprise that has a value and must be well protected. The article describes the concept of a network access control system, which is based on the using of intellectual system of recognition of workstations. The practical application of this concept will improve the administration, quality and efficiency of forecasting LAN unacceptable conditions, and prevent unauthorized access to the network or reduce the time to search for a place of penetration.

Keywords: reliability, intelligent system, local area network.

Локальная вычислительная сеть – совокупность кабельной системы, серверов, сетевого оборудования, программного обеспечения и средств вычислительной техники, обеспечивающая реализацию информационных технологий. Локальная вычислительная сеть, как составная часть информационной системы, является активом любого предприятия, который имеет ценность и должен быть надежно защищен. Ценность представляет собой как оборудование локальной вычислительной сети (ЛВС), так и информация, хранящаяся в ЛВС.

В настоящее время разработано множество интеллектуальных систем, распознающих состояния на основе предварительного обучения. Методы распознавания образов успешно применяются при создании интеллектуальных систем различной ориентации для поддержки автоматических процессов. Они предоставляют возможность ввода, хранения, изменения и анализа колоссального объема информации; позволяют выявлять определенные закономерности, присущие изучаемым объектам и явлениям; обеспечивают выбор оптимального решения поставленной задачи. Практическая значимость обусловлено тем, что некоторые задачи, решаемые с помощью интеллектуальных систем, характеризуются недостаточностью априорных данных о характеристиках распознаваемых объектов[1].

Разработанная концепция предполагает использование метода распознавания образов в составе интеллектуальной системы (экспертной системы) управления локальной вычислительной сетью для контроля доступа и идентификации устройств, входящих в её состав. Экспертная система (ЭС) – это система, предназначенная для решения задач с плохо представленной содержательной стороной, для задач, у которых нет алгоритма решения либо он не известен. Система, в которой заложен опыт специалистов в заданной предметной области, представленный знаниями, которые сформулированы на естественном языке или легко взаимодействуют с естественным языком.

В целях информационной безопасности в режимных организациях рабочие станции имеют определенный и постоянный набор характеристик. То есть пользователь не может самостоятельно изменить их, для этого нужно разрешение отдела информационной безопасности (все устройства опечатаны и ограничен доступ к информации). Чтобы никто не смог скачать важную информацию себе на носитель, ограничен доступ к потенциально опасным устройствам вычислительной техники. К потенциально опасным устройствам вычислительной техники относятся приводы CD и DVD, а также инфракрасные, LPT- и COM- порты, USB и FireWire порты, Wi-Fi и Bluetooth-адаптеры. Каналы связи надежно защищены от внешних воздействий, серверные и кроссовые помещения находятся под постоянной охраной. Проникновение извне практически невозможно. Поэтому особое внимание уделено сотрудникам организации.

Основную опасность составляет «атака подмены устройства», ведь так или иначе, злоумышленнику придется преодолевать пусть недостаточные, но примененные средства защиты, а идентификация конкретного устройства, которое подключается к серверу, проводится редко. Идентификация – процесс присвоения объекту уникального идентификатора. Таким образом, злоумышленник может принести портативный компьютер и, переключив сетевой адаптер легитимного устройства на свое, (или подключив устройство непосредственно к роутеру, сможет обойти физические ограничения, принятые администратором). Иначе говоря, необходим комплексный подход к реализации

процедуры идентификации состояний активного сетевого оборудования как динамического объекта с использованием методов распознавания образов.

Концепция предполагает создание программного комплекса для интеллектуализации процесса идентификации рабочих станций сети, выполняющего следующие задачи: сбор и обработку данных, распознавание состояний рабочих станций, классификация и хранение состояний, принятие управляющих решений, подготовка отчетов. Практическое использование данного комплекса позволяет повысить качество администрирования и уровень защищенности данных.

Теория распознавания образов – раздел информатики и смежных дисциплин, развивающий основы и методы классификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуации, объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков[2]. Роль образа будут выполнять специальные сигнатуры. Сигнатура – набор технических характеристик рабочих станций и дополнительного оборудования, входящих в состав ЛВС.

Также все сигнатуры будут «разбавлены солью». В криптографии соль (модификатор) – это строка случайных данных, которая подается на вход хеш-функции вместе с исходными данными. Используется для удлинения строки пароля, что осложняет восстановление группы исходных паролей за один проход полного перебора или с помощью предварительно построенных радужных таблиц. При этом соль не защищает от полного перебора каждого пароля в отдельности. Исходя из назначения, соль должна быть уникальной для каждого пароля из хранимого набора хешей и не является секретной, т.е. хранится рядом с хешем пароля в открытом виде[3]. Это «разбавление» предназначено для исключения возможности атаки «имитации», чтобы злоумышленник не смог подменить сигнатуры.

Для начала, администратор записывает сигнатуры всех рабочих станций в базу данных (которая в последующих ситуациях будет выступать в роли «базы знаний» для нашей интеллектуальной системы). Затем система будет постоянно отправлять запрос о состоянии сигнатур на каждую станцию, а взамен будет получать сигнатуры, которые тут же будет проверять с теми, которые есть в базе знаний. Если же система обнаружит несоответствие, она тут же заблокирует доступ, выключит питание рабочей станции и немедленно оповестит администратора. Если имеются какие-либо исключения, то достаточно включить их в базу знаний.

Концепция предполагает создание программы, предназначенной для контроля подключенных к локальной сети предприятия ПК, направленной против осуществления хакерских атак «подмена оборудования». Проводит сравнение всех найденных в локальной сети предприятия компьютеров с зарегистрированными в базе данных и в случае обнаружения «чужого» активного компьютера, выполняет указанные в настройках действия.

Функционально программа делится на три части:

- Клиентская часть;
 - Серверная часть;
 - UPM (удаленное рабочее место) администратора;
- Клиентская часть.

Устанавливается на контрольной машине. Собирает данные о HDD, установленном оборудовании, операционной системе и устройствах в системе, установленных программах, формируя технологическую карту клиентской машины. Устанавливается и настраивается администратором сети.

Серверная часть размещается на контроллере домена. Постоянно мониторит сеть на наличие незарегистрированных в базе ПК, а также проверяет информацию о сигнатурах с зарегистрированных рабочих станций.

Клиентская часть устанавливается на остальных рабочих станциях локальной сети, подлежащих контролю.

UPM администратора устанавливается опционально, служит для оперативного оповещения администратора системы об изменениях в структуре сети, а также осуществления функций удаленного монитора, подключаясь через сервер к клиентской машине для оперативного контроля.

Механизм контроля заключается в постоянном обмене сигнатур клиентов с сервером. Сигнатура в данном случае – зашифрованная 128 битным ключом сжатая технологическая карта рабочей станции.

Все случаи, пропажи, изменения, возобновления передачи сигнатур фиксируются сервером и опционально передаются на UPM администратора.

Описанная выше концепция обеспечит управление сложным динамическим многопараметрическим активным сетевым оборудованием и повышенный уровень информационной безопасности оборудования локальной сети, и защитит информацию, а также предоставит интеллектуальную поддержку механизма администрирования ЛВС.

Но эффективность работы будет зависеть от скорости обучения. Требуют определенного опыта реальной работы с угрозой. Система, на которую не совершается никаких покушений либо эти покушения носят неизменный характер, будет простаивать и утратит свою интеллектуальность. Поэтому для максимальной отдачи в работе с новой технологией следует учитывать фактор ее применимости к решению задачи и если она действительно необходима, поставить систему перед рядом реальных задач.

Литература

1. Ю. Н. Филиппович, А. Ю. Филиппович. Системы искусственного интеллекта: Учебное пособие, 2009. — 312с.
2. Е.В. Котельников, В. Ю. Колевато. Методы искусственного интеллекта в задачах обеспечения безопасности компьютерных сетей // Вятский государственный университет – Статья, 2010 – 32с.
3. Википедия [Электронный ресурс] / Соль (криптография) – Режим доступа: <https://goo.gl/dt7gTB>

References

1. Y. N. Filippovich, A. Y. Filippovich. Artificial Intelligence Systems: A Tutorial, 2009. – 312p.
2. EV Kotelnikov, V. Y. Kolevatov. Artificial intelligence techniques in problems of security of computer networks // Vyatka State University - Section 2010 – 32p.
3. Wikipedia [Electronic resource] / Salt (cryptography) – Mode of access: <https://goo.gl/dt7gTB>

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.157

Фролова М.А.¹, Грищук С.Н.²^{1,2}Кандидат технических наук, доцент,

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) НИЯУ МИФИ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА****Аннотация**

Статья посвящена анализу деятельности управления производственно-технической комплектации на основе процессного подхода. На основе анализа сельскохозяйственной политики государства определена необходимость повышения эффективности функционирования подразделений предприятий АПК. Показана возможность использования методологии IDEF0 для реализации процессного подхода при анализе деятельности управления производственно-технической комплектации сельскохозяйственного предприятия. Выявлены недостатки существующей организации бизнес-процессов и предложен путь решения данной проблемы, позволяющий повысить эффективность использования трудовых ресурсов.

Ключевые слова: бизнес-процесс, методология IDEF0, диаграмма, сельскохозяйственная политика

Frolova M.A.¹, Gritsyuk S.N.²^{1,2}PhD in Engineering, Associate professor, The Balakovo Engineering and Technological Institute (Branch) of MPhI**MODELLING OF ACTIVITY OF SALON OF MOBILE COMMUNICATION ENTERPRISES OF
AGROINDUSTRIAL COMPLEX****Abstract**

Article is devoted to the analysis of activity of the management of a technological complete set on the basis of the process approach. On the basis of the analysis of agricultural policy of the state need of increase of efficiency of functioning of divisions of the enterprises of agrarian and industrial complex is defined. The possibility of use of methodology of IDEF0 for realization of process approach is shown in the analysis of activity of management of a technological complete set of the agricultural enterprise. Shortcomings of the existing organization of business processes are revealed and the solution of this problem that allows to increase efficiency of use of a manpower is offered.

Keywords: business process, methodology IDEF0, diagram, agricultural policies

В настоящее время большое внимание уделяется развитию предприятий агропромышленного комплекса. На достижение поставленной цели направлена Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы. Подпрограмма "Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие" направлена на повышение эффективности и конкурентоспособности продукции сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет технической и технологической модернизации производства. Реализация подпрограммы планируется в сфере сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции. Таким образом, акцент делается на эффективность предприятий агропромышленного комплекса.

Эффективность подобных предприятий зависит от того, насколько рационально будут взаимодействовать элементы, из которых состоит предприятие, и выстроены способы взаимодействия между ними, то есть от того, какой будет её организационная структура.

В научной литературе описано большое количество подходов к управлению различными типами предприятий [1]. Для оценки эффективности деятельности предприятий, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015, широкое распространение получил процессный подход.

В соответствии с ГОСТ любая деятельность или комплекс деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс.

Процессный подход позволяет предприятию планировать свои процессы и их взаимодействие и включает в себя систематическое определение и менеджмент процессов и их взаимодействия таким образом, чтобы достигать намеченных результатов в соответствии с политикой в области качества и стратегическим направлением организации.

Для обеспечения любого вида производства материально - техническими ресурсами управлением производственно-технической комплектации осуществляется закупка сырья, материалов, комплектующих и оборудования. Процесс закупок обеспечивает чёткое функционирование ключевых, основных и вспомогательных процессов производства. Планирование процесса закупок осуществляется в соответствии с данными техпромфинплана и выполняется УПТК по заявкам от структурных подразделений с составлением баланса поступлений и платежей на месяц.

УПТК проводит заключение и контроль выполнения договоров (контрактов) на поставку ресурсов. Приемка, идентификация, учет, хранение и выдача в производство закупленных ресурсов также осуществляется УПТК.

Анализ и оценка процесса осуществляется по критериям оценки в соответствии с перечнем критериев результативности процесса закупок.

Оценка процесса закупок позволяет выделить его слабые звенья и с помощью корректирующих и предупреждающих действий управлять процессом в направлении его постоянного улучшения.

Данные о закупках (технические требования к закупаемой продукции) устанавливаются в заявках на поставку продукции, поступающих в УПТК от структурных подразделений.

Процесс закупок можно представить в виде блок-схемы (рис.1).

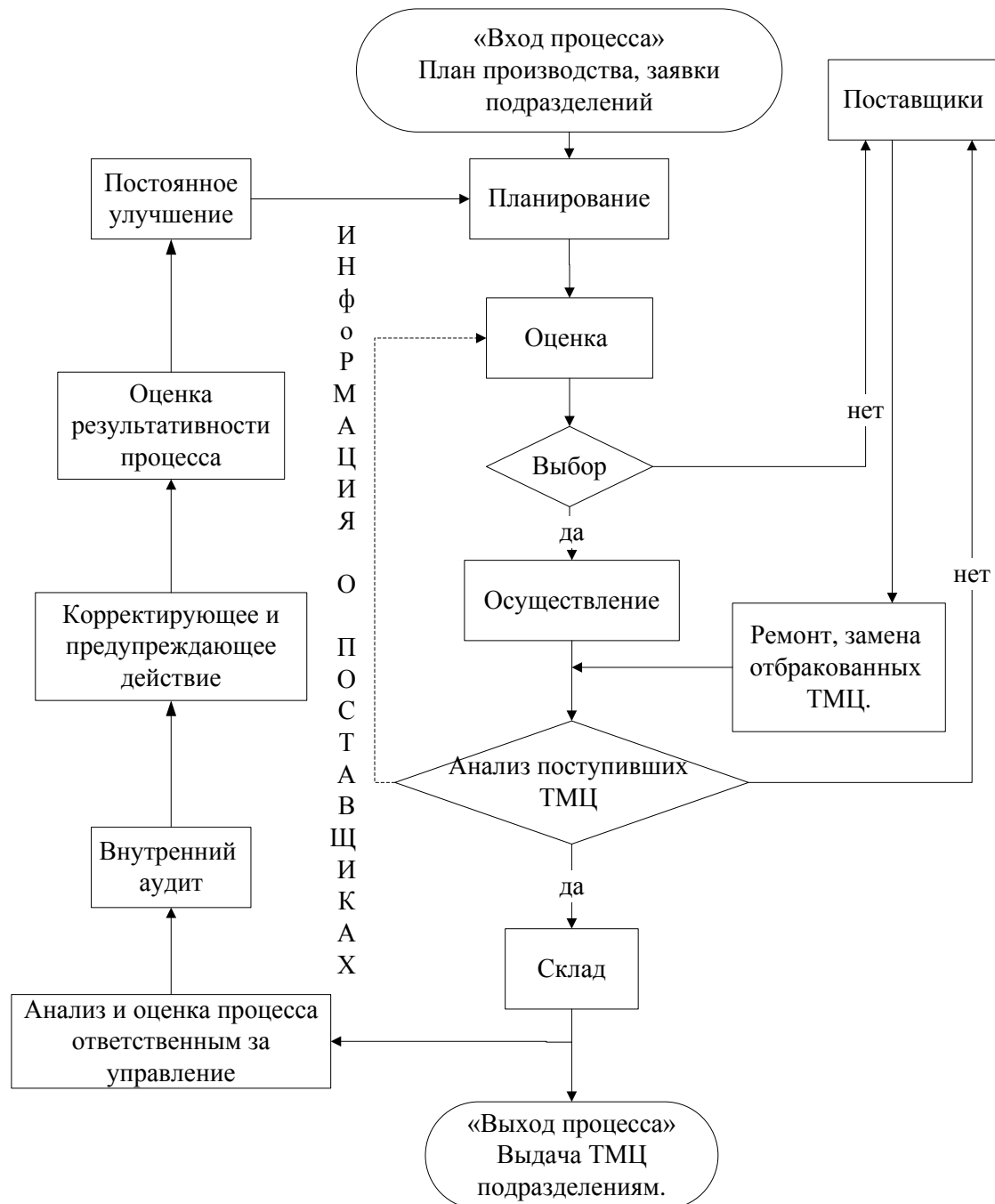


Рис 1- Блок-схема процесса закупок

Основу многих современных методологий анализа бизнес-процессов составили методология SADT, семейство стандартов IDEF. На основе использования методологии IDEF0 данный процесс может быть представлен в виде контекстной диаграммы (рис.2)

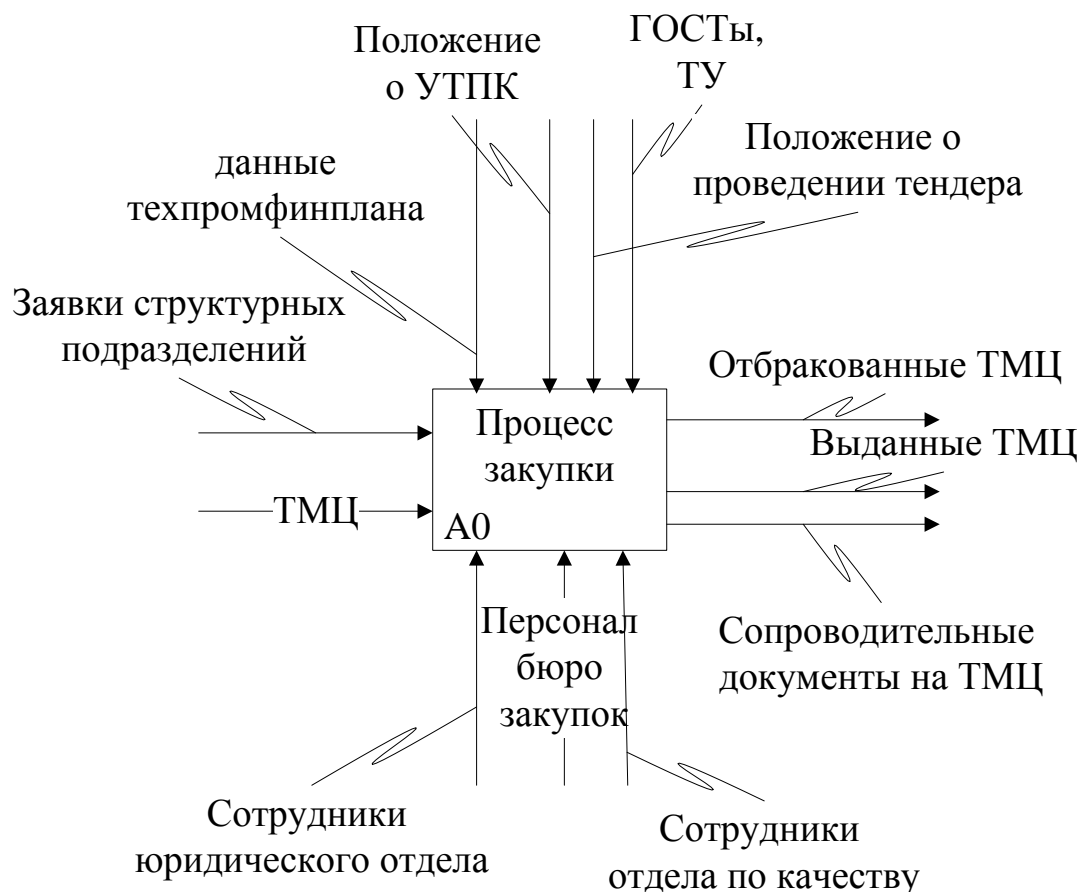


Рис. 2 - Контекстная диаграмма

На вход поступают заявки от структурных подразделений на приобретение ТМЦ. Данный процесс регулируется положением об УТПК, ГОСТам, ТУ, положением о проведении тендера. Механизмами являются сотрудники управления производственно-технической комплектации. В ходе преобразования процесса на выходе из системы получаем ТМЦ и сопроводительные документы на ТМЦ, так же, при неудовлетворительном состоянии ТМЦ, возможен их возврат поставщику.

Основными нормативными документами, регламентирующими осуществление процесса закупок являются Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 05.04.2016) "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд", Федеральный закон от 18.07.2011 N 223-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц".

Для анализа эффективности выполнения процессов проводят декомпозицию контекстной диаграммы. В результате декомпозиции исходный процесс разбивается на подфункции: планирование процесса закупки, оценка и выбор поставщиков, заключение договора на поставку, прием поступивших товарно-материальных ценностей (ТМЦ), учет, хранение и выдача ТМЦ подразделениям (рис.3).

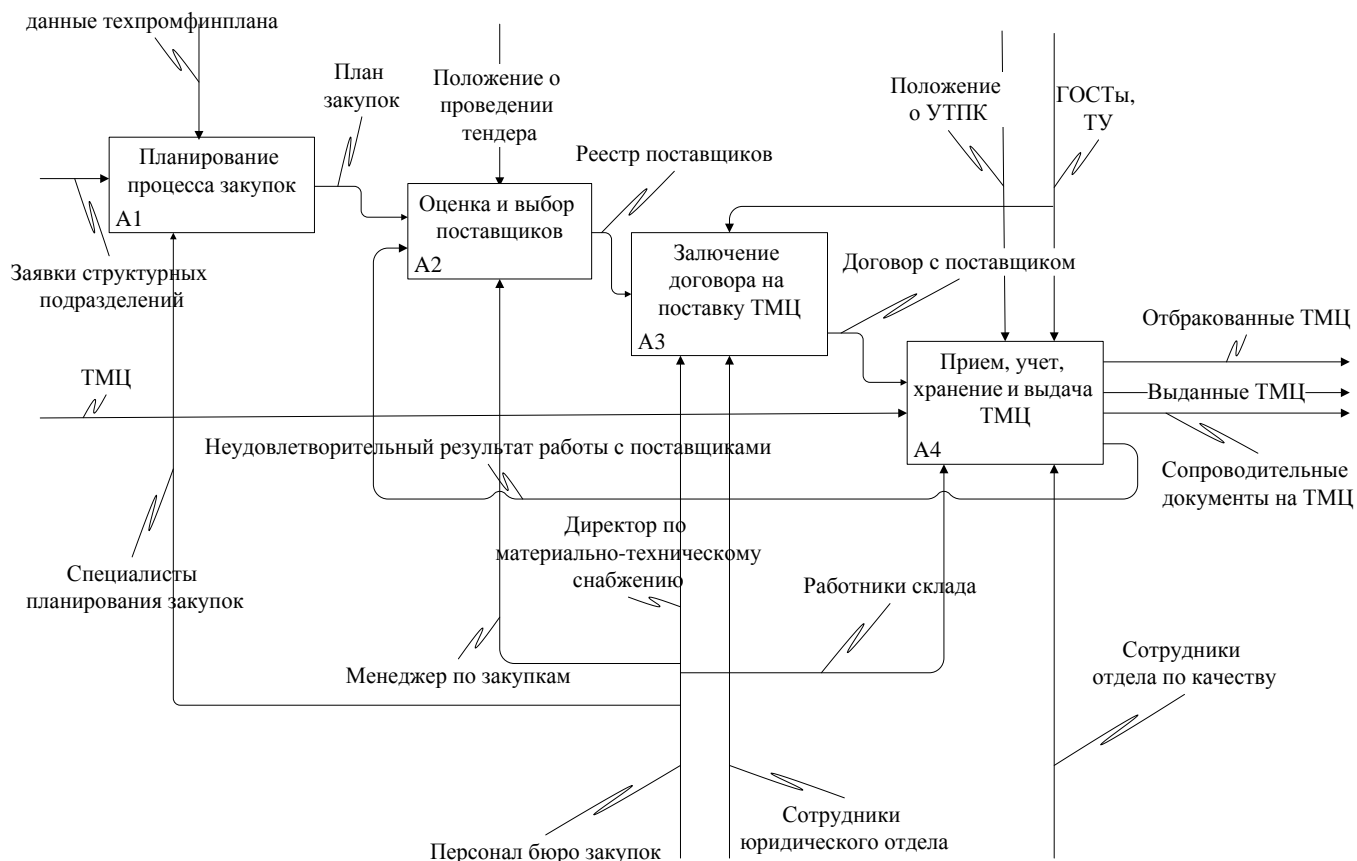


Рис.3 - Диаграмма декомпозиции

Процесс приема поступивших ТМЦ, учета, хранения и выдачи ТМЦ подразделениям осуществляется сотрудниками склада товарно-материальных ценностей.

Декомпозиция процессов, характеризующих деятельность сотрудников склада, приведена на рис.4. Декомпозиция позволила проанализировать распределение функциональных обязанностей сотрудников склада. Основными функциями сотрудников являются прием и выдача товарно-материальных ценностей, осуществляемые на основе Положения о УТПК, ГОСТов и технических условий.

Декомпозиция позволила проанализировать распределение функциональных обязанностей сотрудников склада.

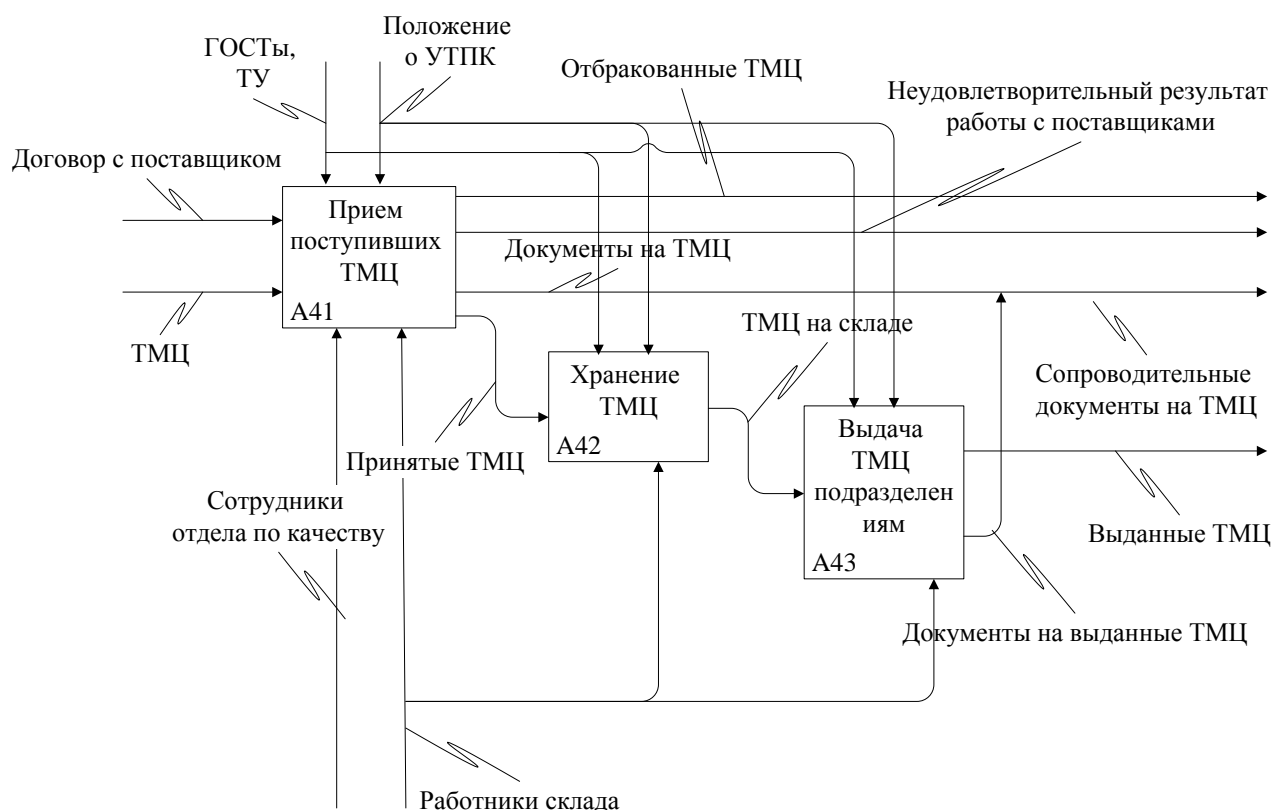


Рис.4 - Диаграмма декомпозиции второго уровня

С целью оптимизации деятельности персонала УТПК была разработана реализуемая на ЭВМ имитационная модель деятельности сотрудников склада товарно-материальных ценностей управления производственно-технической комплектации. Моделирование проводилось с использованием среды имитационного моделирования GPSS.

Результаты моделирования процесса в течение месяца (43200 мин) показали неэффективное использование рабочего времени сотрудниками склада. Анализ занятости рабочих показал, что рабочие, занятые различными типами разгрузки затрачивают на выполнение своих прямых обязанностей от 10% до 27,7% рабочего времени, при этом рабочие, занятые выдачей МТЦ, используют 49,4% рабочего времени. Анализ статистики, полученной в результате выполнения исполняемой модели показал, что максимальная очередь формируется при выдаче товарно-материальных ценностей и составляет 6 человек. При этом рабочим других структурных подразделений предприятия приходится дожидаться своей очереди в среднем 25 минут, а при условии, что в некоторые моменты времени наблюдается перегруз рабочих, время ожидания может увеличиваться до 108 минут. В тоже время при выполнении других работ очередь на выполнение практически не образовывается, а среднее время ожидания обслуживания не превышает 8 - 11 минут.

Для оптимизации деятельности работников склада товарно-материальных ценностей необходимо перераспределить обязанности сотрудникам склада, сократив при этом их общее количество. В результате моделирования деятельности работников склада с учетом внесенных изменений получили повышение уровня загрузки работников склада до 75% и снижение время ожидания обслуживания другими подразделениями предприятия до 20 мин. Полученные значения являются допустимыми и характеризуют загрузку персонала, как оптимальную.

Таким образом, в результате исследований, проведенных в работе, на основе процессного подхода и имитационного моделирования была выявлена необходимость модернизации существующей системы организации работы сотрудников склада товарно-материальных ценностей и предложены пути решения данной проблемы. Реализация предложенных изменений позволит увеличить загрузку сотрудников склада и уменьшить время простоя.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы"
2. Салимова Т.А. Управление качеством - М.:ОМЕГА-Л, 2011 г. – 414 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования

References

1. The RF Government decree of 14 July 2012 N 717 "About the State program of development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2013 - 2020 years"
2. T. A. Salimova, Quality management (Omega-L, Moscow, 2011)
3. GOST R ISO 9001-2015 Quality Management Systems. Requirements



AGRIS

Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.

Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.

AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology) – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.076

Халитов Н.А.¹, Руди Д.Ю.¹, Нурахмет Е.Е.¹, Руденок А. И.¹, Шарков Н.В.¹ Нифонтова Л.С.¹,
Бубенчиков А.А.²¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00243 а

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**Аннотация**

Электрическая энергия является полноценным товаром, но, с определенными особенностями. Для любого товара требуется вести учет, но для электрической энергии вести учет сложнее. Дело в том что электрическая энергия это такой товар, который сложно где либо складировать и поэтому электроэнергию должно быть произведено ровно столько, сколько ее требуется в данный момент времени. Становление электрической энергии полноценным товаром и привело к созданию автоматизированной системы коммерческого учета электрической энергии (АСКУЭ). Как и у любой системы у АСКУЭ есть своя определенная структура, с различными уровнями. С ростом коммерческого потребления электрической энергии её учет неавтоматизированными способами становится неэффективным. Использование современной системы, позволяющей автоматизировать коммерческий учет электрической энергии, способствует развитию свободного рынка электрической энергии. С введением АСКУЭ в массовую эксплуатацию выявляет различными проблемы её использования. Своевременное обнаружение проблем использования АСКУЭ позволяет оперативно вносить исправления в её работу и улучшать качество работы системы.

Ключевые слова: автоматизация, АСКУЭ, электроэнергия.

Khalitov N.A.¹, Rudi D.Yu.¹, Nurakhmet Y.Y.¹, Rudenok A.I.¹, Sharkov N.V.¹, Nifontova L.S.¹, Bubenchikov A.A.²¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering

Omsk State Technical University

FEATURES OF COMMERCIAL ACCOUNT OF ELECTRICITY**Abstract**

Electrical energy is a complete product, but with certain features. For any product you want to keep a record, but it is more difficult to keep a record for power. The fact that electric power is a product which is difficult to be stored or where the electricity, and therefore should be made as much as it is required at this time. Becoming a full-fledged electricity commodity and inoculated to the creation of an automated commercial electric power accounting system (ACEPAS). As with any system in ACEPAS has a certain structure, with different levels. With the increasing commercial use of its account of non-automated methods of electricity becomes ineffective. The use of modern systems to automate the commercial accounting of electricity contributes to the development of free electricity market. Keeping of ACEPAS in a massive operation to identify the different problems of its use. Early detection of the use of ACEPAS issues can quickly make corrections in its work and to improve the quality of the system.

Keywords: automation, metering, electricity.

Электронергия в России стала полноценным товаром, сбыт которого могут вести компании, выполняющие определенные требования законодательства. С рынка электрической энергии начинают уходить компании монополисты, появляются новые снабжающие организации, и у потребителя появляется выбор, у кого покупать такой востребованный товар, как электрическая энергия, будь то традиционная или альтернативная энергетика [1-4]. Появление полноценных рыночных отношений между поставщиком электрической энергии и потребителем привело к кардинальным изменениям отношения к организации учета электроэнергии. В рыночных отношениях потребитель стремится платить только за то, что он действительно использовал, а поставщик стремится контролировать расход товара и предотвращать его преднамеренное хищение. Поэтому потребители и энергоснабжающие организации стремятся создавать на своих объектах специализированные автоматические системы контроля и учета электрической энергии, такие как АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии) [5].

Кроме рыночных, товарно-денежных, отношений, введению системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии способствуют федеральные законы и постановления, принимаемые правительством РФ для контроля целевого использования отпускаемой электроэнергии. Так закон №261-ФЗ «Об энергосбережении...» способствует продвижению энергосбережения и требует принятия серьезных мер по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Так же, согласно закону, все физические лица, потребляющие электрическую энергию, обязаны быть оснащены коммерческими приборами учета с необходимым классом точности. Все расчеты за потребляемые ресурсы, такие как электроэнергия, тепловая энергия, газ, вода и т.д., должны осуществляться на основании данных, полученных при помощи установленных приборов для коммерческого учета. Для реализации данного закона организациям и предприятиям требуется необходимо выполнить мероприятия для улучшения показателей расходования энергоресурсов, дальнейшего анализа и энергосбережения для чего нужно устанавливать современные приборы учета [6-8].

В настоящее время повсеместно внедряются так называемые «умные» системы учета с применением системы АСКУЭ. Её применение превращают индивидуальный коммерческий учет электроэнергии в часть масштабной интеллектуальной системы, которая обеспечивает эффективность работы энергетической отрасли в целом, а установленные социальные нормы мотивируют население на экономное расходование энергоресурса [6].

Современные автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) позволяют производить мониторинг, вести запись и хранение полученной информации и осуществлять контроль потребления электроэнергии, газа, тепло- и водоснабжения на объектах жилого коммерческого и производственного назначения. Системы могут

учитывать потребление энергоресурсов на уровне как отдельных домов и квартир, так и целых районов, городов и населенных пунктов с едиными диспетчерскими и финансовыми центрами [6].

Любая автоматизированная система учёта электроэнергии состоит из комплекса современных технических средств нового поколения, который имеет универсальные показатели назначения, что обеспечивает решение проблемы автоматизации учета электрической энергии и мощности различных потребителей [5].

Автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии строится как сложная многоуровневая система и включает в себя различные программно-технические средства предприятий: энергопоставщиков и абонентов. Система состоит из трех базовых уровней: нижний (первый) уровень, средний (второй) уровень и верхний (третий) уровень.

Назначение нижнего уровня АСКУЭ – измерение, вычисление и хранение данных о потреблении электроэнергии. Нижний уровень АСКУЭ составляют программно-технические средства энергопотребителей: коммерческие приборы учета, дистанционные дисплеи для отображения информации с приборов учета.

На среднем уровне АСКУЭ осуществляется сбор и хранение данных первого уровня и их передача на верхний уровень. Второй уровень АСКУЭ объединяет трансформаторную подстанцию с установленным в неё маршрутизатором каналов связи и мобильный терминал, связь между которыми осуществляется по различным каналам связи. Данные устройства обеспечивают выполнение функций сбора и временного хранения данных, полученных от коммерческих приборов учета, установленных в точках поставки.

Третий уровень системы выполнен на основе сервера базы данных и предназначен для хранения информации и формирования различных отчетов в зависимости от требования энергопоснабжающих организаций [9].

Структура АСКУЭ, с разделением на различные уровни, предельно ясна. Но, как и у любой сложной системы, у неё есть проблемы. Одной из таких проблем при внедрении системы АСКУЭ является устаревшее измерительное оборудование. Измерительные трансформаторы тока установленные на подстанциях и у мощных потребителей имеют большой износ, и, в большинстве случаев, на них отсутствует документация о поверке [10]. Для полноценного внедрения системы АСКУЭ такие приборы требуется заменять на новые, что влечет за собой дополнительные вложения в виде материальных затрат.

Так же в системе АСКУЭ присутствуют различные технические проблемы. При построении больших и разветвленных систем АСКУЭ возникают сложности с доставкой информации от приборов учета до главного сервера сбора и объединения данных, полученных с различных объектов. Применяя одну систему АСКУЭ в регионах с различными часовыми поясами, техническим специалистам требуется верно настраивать временную синхронизацию передачи данных с привязкой к единому астрономическому времени [11]. При увеличении числа внедренных систем АСКУЭ многие технические проблемы применения будут решены.

С увеличением потребности в системе АСКУЭ идет и ее планомерное развитие. В систему добавляется новый функционал и интерфейс для пользователя. Применение новых и современных каналов связи увеличивает качество, скорость и надежность передачи данных. Для применения в системе АСКУЭ идет разработка приборов учета с большим классом точности [12-13].

Совершенствование методов сбора данных о потреблении электроэнергии и автоматизация ее учета, от этапа производства до потребления энергопринимающими устройствами, является обязательным условием эффективного функционирования энергосистемы. В сложившихся рыночных условиях видно, что внедрение системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии положительное сказывается на учете и контроле за потреблением электрической энергии. А все новые разработки позволяют системе быть надежнее, удобнее и понятнее, как для потребителя электрической энергии, так и для снабжающей организации.

В условиях перехода энергетической отрасли страны от монополистического, слабо регулируемого рынка электрической энергии, к современному конкурентному рынку энергоресурсов, требуется предоставить равные права для всех участников рынка. Для обеспечения честной конкуренции, защиты энергопоснабжающих организаций и потребителей электрической энергии, а так же предотвращению конфликтов между участниками рынка, нужно обеспечить всю отрасль современной системой коммерческого учета электрической энергии [10].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00243 а»

Литература

1. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова А.А. Применение ветроэнергетических установок с концентраторами ветровой энергии в регионах с малой ветровой нагрузкой // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 31-35.
2. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В. Применение ветроколес и генераторов для ветроэнергетических установок малой мощности // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 35-39.
3. Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О., Кулис А.А., Бубенчиков А.А. Возможность применения биотоплива на территории России и Омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 71-76.
4. Бубенчиков А.А., Николаев М.И., Киселёв Г.Ю., Есипович Н.В., Феофанов М.К., Шкандюк Д.О. Возможность применения солнечной энергии на территории России и Омской области // Современная наука и практика. 2015. № 4 (4). С. 85-89.
5. Савельева Е.В. Автоматизированные системы контроля и учёта электрической энергии - решение проблемы управления энергопотреблением [Текст] / Е.В. Савельева // Young science. - 2014. - №2. - С. 48-51.
6. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 19.03.2016).

7. Автоматизированный учет электроэнергии [Электронный ресурс] URL: http://teploinfo.com/publ/askue/avtomatizirovannyj_uchet_ehlektrouhnergii/4-1-0-19 (дата обращения 19.03.2016).
8. Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) [Электронный ресурс] URL: <http://en-mart.com/energouchet-askue/> (дата обращения 19.03.2016).
9. Прошин И. А. Автоматизация учёта электрической энергии как средство повышения энергетической эффективности [Текст] / И. А. Прошин, С. В. Егоров, М. В. Шепелев // Технические науки - от теории к практике. - 2014. - №33. - С. 109-117.
10. Внедрение и эксплуатация АСКУЭ: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] URL: <http://www.e-m.ru/er/2005-10/22817/> (дата обращения 19.03.2016).
11. АСКУЭ корпоративных заказчиков с применением INTRANET АС"Электроэнергия" [Электронный ресурс] URL: http://askue1.narod.ru/statiy/solouhin_intranet.htm (дата обращения 19.03.2016).
12. Ерёмкина М. А. Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) [Текст] / М. А. Ерёмкина // Молодой ученый. - 2015. - №3. - С. 135-138.
13. Раздел 6. Современные автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) [Электронный ресурс] URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-4/section-6/> (дата обращения 19.03.2016).

References

1. Bubenchikov A.A., Artamonova E.YU., Dajchman R.A., Fajfer L.A., Katerov F.V., Bubenchikova A.A. Primenenie vetrohergeticheskikh ustanovok s koncentratorami vetrovoj ehnergii v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoy // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 5-2 (36). S. 31-35.
2. Bubenchikov A.A., Artamonova E.YU., Dajchman R.A., Fajfer L.A., Katerov F.V., Bubenchikova T.V. Primenenie vetrokoles i generatorov dlya vetroehnergeticheskikh ustanovok maloj moshchnosti // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 5-2 (36). S. 35-39.
3. Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., SHkandyuk D.O., Kulis A.A., Bubenchikov A.A. Vozmozhnost' primeneniya biotopliva na territorii Rossii i Omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 71-76.
4. Bubenchikov A.A., Nikolaev M.I., Kiselyov G.YU., Esipovich N.V., Feofanov M.K., SHkandyuk D.O. Vozmozhnost' primeneniya solnechnoj ehnergii na territorii Rossii i Omskoj oblasti // Sovremennaya nauka i praktika. 2015. № 4 (4). S. 85-89.
5. Savel'eva E.V. Avtomatizirovannye sistemy kontrolya i uchyota ehlektricheskoy ehnergii - reshenie problemy upravleniya ehnergopotrebleniem [Tekst] / E.V. Savel'eva // Young science. - 2014. - №2. - S. 48-51.
6. Federal'nyj zakon ot 23.11.2009 N 261-FZ (red. ot 13.07.2015) "Ob ehnergosberezenii i o povyshenii ehnergeticheskoy ehffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii" [EHlektronnyj resurs] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (data obrashcheniya 19.03.2016).
7. Avtomatizirovannyj uchët ehlektrouhnergii [EHlektronnyj resurs] URL: http://teploinfo.com/publ/askue/avtomatizirovannyj_uchet_ehlektrouhnergii/4-1-0-19 (data obrashcheniya 19.03.2016).
8. Avtomatizirovannye sistemy kommercheskogo ucheta ehlektrouhnergii (ASKUEH) [EHlektronnyj resurs] URL: <http://en-mart.com/energouchet-askue/> (data obrashcheniya 19.03.2016).
9. Proshin I. A. Avtomatizaciya uchyota ehlektricheskoy ehnergii kak sredstvo povysheniya ehnergeticheskoy ehffektivnosti [Tekst] / I. A. Proshin, S. V. Egorov, M. V. Shepelev // Tekhnicheskie nauki - ot teorii k praktike. - 2014. - №33. - S. 109-117.
10. Vnedrenie i ehkspluataciya ASKUEH: problemy i perspektivy [EHlektronnyj resurs] URL: <http://www.e-m.ru/er/2005-10/22817/> (data obrashcheniya 19.03.2016).
11. ASKUEH korporativnyh zakazchikov s primeneniem INTRANET AS"EHlektrouhnergiya" [EHlektronnyj resurs] URL: http://askue1.narod.ru/statiy/solouhin_intranet.htm (data obrashcheniya 19.03.2016).
12. Eryomina M. A. Razvitie avtomatizirovannyh sistem kommercheskogo ucheta ehnergoresursov (ASKUEH) [Tekst] / M. A. Eryomina // Molodoj uchenyj. - 2015. - №3. - S. 135-138.
13. Razdel 6. Sovremennye avtomatizirovannye sistemy kontrolya i ucheta ehnergoresursov (ASKUEH) [EHlektronnyj resurs] URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-4/section-6/> (data obrashcheniya 19.03.2016).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.270

Халиуллин Ф.Х.¹, Ахметзянов И.Р.²

¹ORCID: 0000-0002-4864-197X, Кандидат технических наук, Казанский национальный исследовательский технический университет, ²ORCID: 0000-0002-1825-0023, аспирант, Казанский государственный аграрный университет

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ БАЙЕСА ПРИ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация

В статье рассмотрено – алгоритм составления диагностической матрицы Байеса при безразборной диагностике двигателей внутреннего сгорания и недостаточной статистической информации о распределении отказов по наработке. Предлагается определить распределение вероятностей диагнозов согласно методам математического моделирования с использованием статистических данных. При этом учитываются как техническое состояние самого двигателя, так и его наработка. Полученные результаты численного моделирования согласуются с имеющимися практическими данными технической эксплуатации двигателей внутреннего сгорания и могут быть применены при создании алгоритма безразборной диагностики.

Ключевые слова: диагностика, распределение отказов, компрессия.

Khayrullin F.H.¹, Akhmetzyanov I.R.²

¹ORCID: 0000-0002-4864-197X, PhD, Kazan National Research Technical University, ²ORCID: 0000-0002-1825-0023, graduate student of Kazan State Agrarian University

DIAGNOSTIC FEATURES OF MATRIX IN Bayes CIP DIAGNOSIS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract

In the article - a diagnostic algorithm for drawing up the matrix with Bayes CIP diagnosis of internal combustion engines and the lack of statistical information on the distribution of failures on an operating time. It is proposed to determine the probability distribution of diagnoses according to the methods of mathematical modeling using statistical data. This takes into account both the technical condition of the engine and its operating time. These numerical simulation results are consistent with the available technical operation of internal combustion engines with practical data and can be used to make the diagnosis algorithm CIP.

Keywords: diagnosis, distribution of failures compression.

Повышение точности и эффективности безразборной диагностики двигателей внутреннего сгорания является одним из составляющих успеха при решении задачи определения параметров технической эксплуатации [4]. Применение алгоритма Байеса для этой цели, при наличии достаточного объема статистической информации, является оправданным, несмотря на его некоторую громоздкость. Однако, зачастую информации о техническом состоянии двигателя, в зависимости от его конструктивных параметров и наработки, бывает недостаточно или она носит противоречивый характер. Этому способствует также распространенный в настоящее время агрегатный метод восстановления ресурса двигателя внутреннего сгорания. В результате вероятность поставленного итогового диагноза оказывается ниже порогового значения, что требует проведения дополнительных исследований. Одним из вариантов решения задачи определения недостающей информации для диагностической матрицы Байеса является численное моделирование влияния наработки двигателя внутреннего сгорания на интенсивность изменения параметров его технического состояния.

Рассмотрим методику определения распределения вероятностей диагнозов при безразборной диагностике технического состояния двигателей внутреннего сгорания на основе алгоритма Байеса [1,2].

Для определения вероятности диагнозов по методу Байеса необходимо составить диагностическую матрицу, которая формируется на основе предварительного статистического материала. В этой таблице содержатся вероятности разрядов признаков и соответствующее им вероятности предполагаемых диагнозов при различных сочетаниях признаков. Размер исследуемых значений определяется количеством вероятных (возможных) проявлений признаков отказов и неисправных состояний.

В идеале для заполнения данной матрицы необходимо вести непрерывный учет технического состояния двигателя при прохождении им каждого очередного технического обслуживания с фиксацией состояния его систем и механизмов. Как показывает практика диагностирования, удовлетворительная сходимость результатов появляется при размере выборки больше 200. При этом необходимо отметить, согласно нормативно-технической документации, не все интересующие составляющие элементы двигателя проходят оценку технического состояния при этих работах. Поэтому задача заполнения матрицы диагностирования с учетом реального влияния наработки двигателя на его техническое состояние является актуальной.

Рассмотрим пример составления диагностической матрицы по алгоритму Байеса для двигателя Д-243 [5,6].

Выбираем четыре основных состояния двигателя и три основных диагностических признака (параметра) проявления различных неисправностей:

- неисправности в системе подачи воздуха (СПВ) D_1 ;
- неисправности в системе подачи топлива (СПТ) D_2 ;
- неисправности цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) D_3 ;
- исправное состояние двигателя D_4 .

Как правило, ресурс двигателя определяется ресурсом его базовых деталей, в качестве которых выступает блок цилиндров и коленчатый вал. Принимаем, что основанием для капитального ремонта двигателя служит предельное состояние блока цилиндров, которое характеризуется предельно низким значением компрессии в цилиндре.

В качестве диагностического признака выберем интенсивность изменения показателей двигателя при единичном изменении положения рычага настройки регулятора – переходные функции. Как известно, они отражают динамические характеристики системы и зависят от ее технического состояния [3]. Каждый признак k_j имеет три уровня состояния: хороший, удовлетворительный и неудовлетворительный, соответствующий неисправности системы:

- интенсивность изменения частоты вращения k_{1i} ;
- интенсивность изменения подачи топлива k_{2i} ;
- интенсивность изменения подачи воздуха k_{3i} .

Диапазон изменения показателей от хорошего до неудовлетворительного значения определяется соответствующими значениями этих показателей для двигателей с нулевой и предельной наработкой. Эти данные необходимо получить в стендовых условиях и они служат для определения граничных условий при диагностировании.

Исходными данными для диагностируемого двигателя являются также:

- ресурс до капитального ремонта $L_{ПР}$;
- периодичность технического обслуживания L_0 ;
- текущая наработка L .

Практика технической эксплуатации показывает, что при качественном проведении регламентных работ по обслуживанию и применению оригинальных расходных материалов техническое состояние двигателей внутреннего сгорания после очередного технического обслуживания (ТО) восстанавливается до номинального или близкого к нему значения по убывающей амплитуде. Интенсивность изменения амплитуды зависит от условий эксплуатации двигателя и качества организации работ по ТО.

Диагностическая матрица Байеса об отказах и неисправностях двигателя при выбранных диагностических параметрах приведена ниже в табл.1

Таблица 1 – Диагностическая матрица Байеса

Состояние двигателя D_i	Признаки k_j									$P(D_i)$
	частота вращения k_1			расход топлива k_2			расход воздуха k_3			
	k_1			k_2			k_3			
	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{31}	k_{32}	k_{33}	
Неисправности СПВ D_1	$P(k_{1i} / D_1)$			$P(k_{2i} / D_1)$			$P(k_{3i} / D_1)$			$P(D_1)$
Неисправности СПТ D_2	$P(k_{1i} / D_2)$			$P(k_{2i} / D_2)$			$P(k_{3i} / D_2)$			$P(D_2)$
Неисправности ЦПГ D_3	$P(k_{1i} / D_3)$			$P(k_{2i} / D_3)$			$P(k_{3i} / D_3)$			$P(D_3)$
Исправное состояние D_4	$P(k_{1i} / D_4)$			$P(k_{2i} / D_4)$			$P(k_{3i} / D_4)$			$P(D_4)$

Определяем вероятность диагноза состояния двигателя D_i , если имеет место одно из возможных совместных проявлений признаков k_{1i} , k_{2i} и k_{3i} .

Для определения значений $P(D_i)$ нужны статистические данные вероятности диагнозов при различном техническом состоянии двигателя (компрессия K) и при различной наработке L . Однако, учитывая скудные данные по техническому состоянию составляющих элементов двигателя можно принять математические методы моделирования вероятности диагнозов.

Общеизвестно, что износ ЦПГ двигателя носит постепенный характер и определяется условиями эксплуатации, применяемыми расходными материалами и качеством проведения ТО. Можно предположить, что вероятность исправного состояния ЦПГ при изменении компрессии от K_{min} до K_{max} изменяется по экспоненциальному закону (рис. 1).

В то же время, необходимо отметить, что вероятность исправного состояния ЦПГ с увеличением наработки изменяется по непрерывному закону, согласно рисунку 2.

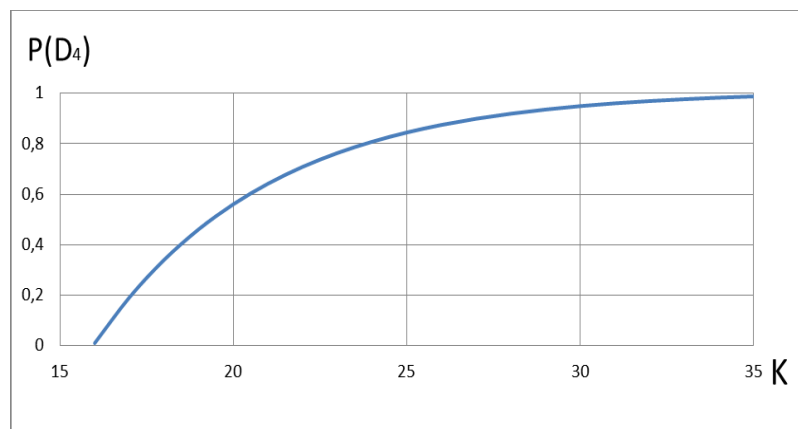


Рис. 1 Вероятность исправного состояния ЦПГ от компрессии K

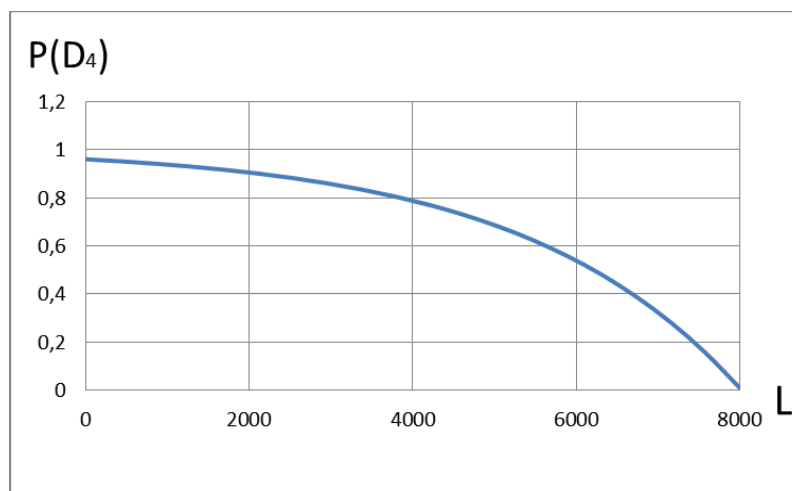


Рис. 2 Вероятность исправного состояния ЦПГ от наработки L

Тогда закон изменения вероятности исправного состояния двигателя $P(D_4)$ имеет вид, изображенный на рисунке 3.

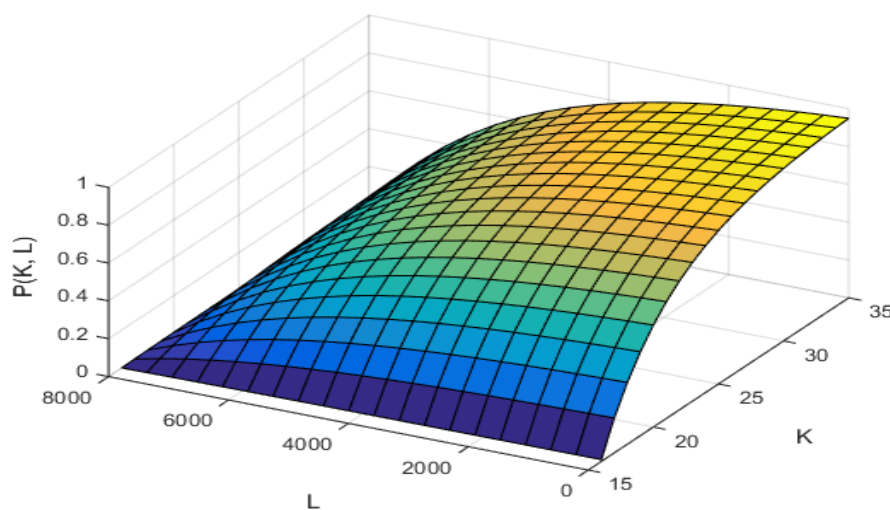


Рис. 3 – Вероятность исправного состояния ЦПГ в зависимости от компрессии и наработки

Как видно из рисунка 3, максимум вероятности исправного состояния приходится на компрессию $K=35$ при нулевой наработке $L=0$ м.ч. Минимальная вероятность достигается при значениях компрессии $K=15$ и наработке $L=8000$ м.ч.

Вероятности установления диагнозов неисправности в системе подачи воздуха D_1 и неисправности в системе топливоподачи D_2 , как правило, зависят от наработки двигателя кусочно-экспоненциально и имеют вид, представленный на рисунке 4.

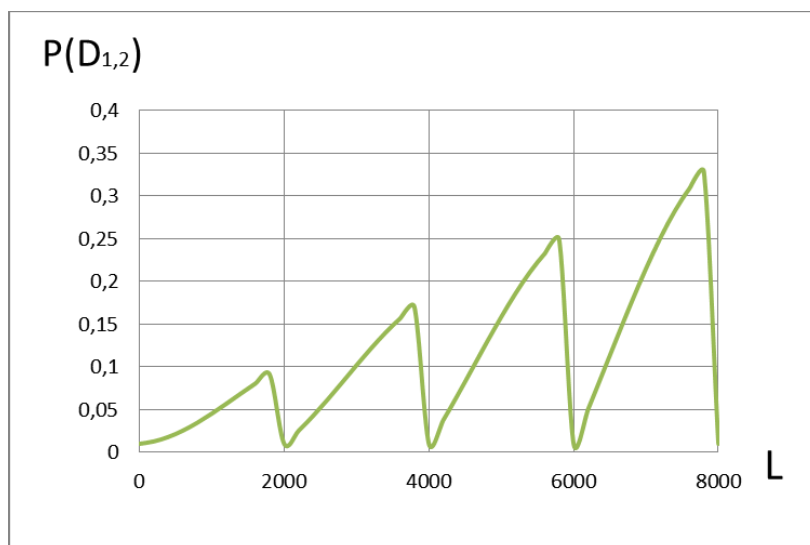


Рис 4. Вероятность появления диагнозов D_1 и D_2 от наработки

Локальные амплитуды изменения вероятностей уточняются по статистическим данным и возникают при наработках, соответствующим наработкам периодичности технического обслуживания. По статистическим данным значения этих максимумов находятся в пределах $P(D_1)=0,25-0,32$ $P(D_2)=0,30-0,41$.

Предложенная методика моделирования вероятностей позволяет упростить процедуру применения алгоритма Байеса для безразборной диагностики двигателей внутреннего сгорания и может быть применена при практической реализации данного алгоритма.

Литература

1. Ahmetzyanov I.R., Medvedev V.M., Khaliullin F.K., Shiryazdanov R.R. Internal Combustion Engine Faults Imitation Methods for Developing a Method of Engine Diagnostics // Science and Education [Text]: materials of the VI International research and practice conference, Munich, June 27-28, 2014 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2014. pp.445-447.

2. Ахметзянов И.Р., Халиуллин Ф.Х. Имитация износа цилиндро-поршневой группы ДВС. // Научное сопровождение агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы/ Материалы международной научно-практической конференции посвященной 65-летию образования Института механизации и технического сервиса.- Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2015 –477с. С. 52-56.

3. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р. Обоснование выбора диагностических параметров энергетических установок мобильных машин. // Вестник Казанского государственного аграрного университета, №2(32), 2014. С. 72-74.

4. Халиуллин Ф.Х., Галиев И.Г. Учет условий эксплуатации автотранспортных средств при определении нормативов технической эксплуатации. Вестник Казанского государственного аграрного университета, №2(20), 2011. С.106-108

5. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р., Ширязданов Р.Р., Халиуллин А.Ф. Патент на полезную модель. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах с возможностью имитации некоторых неисправностей двигателя. // Пат. № 151482 Российская Федерация МПК RU G01M 15/05; заявитель и патентообладатель Казанский государственный аграрный университет №2014122088/06, заявл. 30.05.14; опубл. 10.04.15; Бюл. № 10.

6. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р., Ширязданов Р.Р., Халиуллин А.Ф. Патент на полезную модель. Прибор для диагностики двигателя внутреннего сгорания по переходным характеристикам. // Пат. № 160474 Российская Федерация МПК RU G01M 15/05; заявитель и патентообладатель Казанский государственный аграрный университет №2015103562/06, заявл. 03.02.2015; опубл. 20.03.2016; Бюл. № 8.

References

1. Akhmetzhanov I.R., Medvedev V.M., Khaliullin F.K., Sheryazdanova R.R. Internal Combustion Engine Faults Imitation Methods for Developing a Method of Engine Diagnostics // Science and Education [Text]: materials of the VI International research and practice conference, Munich, June 27-28, 2014 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg - Munich - Germany , 2014. pp.445-447.

2. Akhmetzyanov IR, Khaliullin FH Wear Imitation cylinder-piston internal combustion engine of the group. // Scientific support of agro-industrial complex: theory, practice, prospects / Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Institute of mechanization and technical servisa. Kazan: Publishing House of Kazan State Agrarian University, 2015 –477s. S. 52-56.

3. Khaliullin FH, Akhmetzyanov IR Justification of the choice of diagnostic parameters of power installations of mobile machines. // Journal of Kazan State Agrarian University, №2 (32), 2014. pp 72-74.

4. Khaliullin FH, Galiev IG Considering conditions of operation of vehicles in the determination of the technical operation standards. Journal of Kazan State Agrarian University, №2 (20), 2011. S.106-108

5. Khaliullin FH, Akhmetzyanov IR, Shiriyazdanov RR, AF Khaliullin The patent for utility model. Stand for investigation of operating an internal combustion engine processes in dynamic conditions with the possibility of simulating some engine problems. // Pat. Number 151482 Russian Federation RU MIC G01M 15/05; the applicant and the patentee Kazan State Agrarian University №2014122088 / 06, appl. 30/05/14; publ. 10/04/15; Bull. Number 10.

6. Khaliullin FH, Akhmetzyanov IR, Shiriyazdanov RR, AF Khaliullin The patent for utility model. A device for diagnosing an internal combustion engine on the transient response. // Pat. Number 160474 Russian Federation RU MIC G01M 15/05; the applicant and the patentee Kazan State Agrarian University №2015103562 / 06, appl. 03/02/2015; publ. 03/20/2016; Bull. Number 8.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.075

Шарков Н.В.¹, Руди Д.Ю.¹, Халитов Н.А.¹, Нурахмет Е.Е.¹, Руденок А. И.¹, Нифонтова Л.С.¹,
Бубенчиков А.А.²

¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00243 а

СОСТАВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация

В статье рассматривается состав современных автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии, ее главные составляющие, приведена к рассмотрению трехуровневая архитектура современной АСКУЭ, рассмотрены современные автоматизированные системы контроля учета электроэнергии и произошедшие изменения на рынке систем АСКУЭ, приведен пример полудуплексных каналов передачи информации по электросетям 0,4 кВ (PLC технология), а также рассмотрен вопрос о проблеме передачи информации в системах АСКУЭ.

Ключевые слова: автоматизированная система учета, контроль энергоресурсов, PLC-технология.

Sharkov N.V.¹, Rudi D.Yu.¹, Khalitov N.A.¹, Nurakhmet Y.Y.¹, Rudenok A.I.¹, Nifontova L.S.¹, Bubenchikov A.A.²

¹Undergraduate student, ²PhD in Engineering

Omsk State Technical University

COMPOSITION OF THE AUTOMATED SYSTEM COMMERCIAL ELECTRICITY METERING

Abstract

The article deals with the composition of the modern automated commercial electricity metering system, its main components, refer to the consideration of three-tier architecture of modern metering, considered modern automated electricity metering control system and the changes in the market of ASCME systems is an example of half-duplex transmission channels for the electricity grid of 0.4 kV information (PLC technology), as well as address the issue of information transfer problem in ASCME systems.

Keywords: automated system of control, control of energy supply, PLC- technology.

Ключевым элементом в развитии экономики любого государства и жизненно необходимым фактором существования человечества в современном мире является электрическая энергия. Все инфраструктуры считаются потребителями электрической энергии, поэтому необходимо своевременное и качественное снабжение ею всех отраслей. Внедрение автоматизированной системы контроля и учёта электрической энергии на промышленных предприятиях обеспечит регулирование режимов энергопотребления и энергосбережения [1-2].

Автоматизированная система контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ) - это совокупность программных и технических средств, специализированных для автоматического учета электроэнергии и автоматического управления процессом электропитания. Внедрение данной системы позволяет получить верную информацию о расходах потребляемой электрической энергии и мощности.

Основополагающим принципом работы и предназначением системы контроля учета электроэнергии является сбор информации потребителей электрической энергии по напряжению и мощности для обработки полученной информации и создания отчета.

В сегодняшнее время в современных АСКУЭ применяется трехступенчатая архитектура современной АСКУЭ [1-2].

Верхняя ступень: приборами этой степени являются счетчики (электронные или индукционные), которые находятся у потребителя [2].

Промежуточная ступень: эта ступень связывающая системы, на линии которого помещены различного типа контроллеры, обеспечивающие передачу информации [2].

Нижняя ступень: на данной ступени собирается, обрабатывается, анализируется, и храниться вся информация системы контроля учета [2].

В составе современных систем учета входят определенные устройства, такие как [3]:

- устройства сбора информации;
- устройства передачи информации;
- блоки управления нагрузками;
- ограничители мощности потребления.

Электросчетчик является важнейшим элементом учета электрической энергии, измеряющий потребляемый ток и напряжение сети для сохранения и вычисления данных о количестве потребленной электроэнергии.

Российский рынок систем АСКУЭ на сегодняшний день может предложить большое количество типов автоматизированных систем коммерческого учета ресурсов, комплексов технических средств и устройств сбора данных. Самыми распространёнными комплексами являются [5]:

1. АСКУЭ "ТСУ Пчела" – ключевыми преимуществами этой системы считаются - повышенная надежность и низкая стоимость; большой спектр температур работы (от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$); расширенный диапазон электропитания от сетей напряжением (130 ... 260) В или же (80... 120) В и частотой (50 ± 1) Гц; удобная проверка.

2. АСКУЭ "МСР-Энерго" – главными ключевыми качествами являются: предоставление данных для коммерческого учета выполняется именно с первого уровня системы; повышенная надежность за счет защиты информации; открытая архитектура системы с потенциалом наращивания функций; работа на всех видах каналов связи; помощь распределенной структуры управления; гибкость и приспособленность.

3. Промышленная АСКУЭ "ИСТОК" – позволяет видеть действительную картину рассредоточения энергетической мощности в согласовании с организационно-технической и организационно- производственной структурой предприятия; видеть объективный и качественный анализ энергопотребления предприятия при всевозможных режимах и критериях работы; предоставляет подобающий контроль и учет вплоть до каждого определенного потребителя; гарантирует объективный расчет удельных норм расхода энергоресурсов на единицу продукции.

Так же существует много других систем промышленного учета энергоресурсов например: ПТК "СПРУТ", КТС "Энергомера", ПТК "УИС", ПТК "Мир" и другие.

При всем этом на рынке случились основательные высококачественные сдвиги. Сейчас не менее чем в сорока АО-энерго РФ системы АСКУЭ находятся в промышленном использовании и имеют статус коммерческих систем. В случае прошлых лет вся собираемая АСКУЭ информация применялась как справочные и как данные для технического учета, то в эксплуатируемых коммерческих системах она задействуется для финансовых расчетов на ФОРЭМ и расчетов с потребителями. Значимо возросло техническое обеспечение и квалификация работников МЭС, АО-энерго, энергосбытов, электрических станций и электрических сетей, обслуживаемых комплексами программно-технических средств АСКУЭ. В данный момент буквально везде созданы надлежащие группы специалистов [5].

Для обмена информацией с пунктами диспетчеризации счетчики электроэнергии, применяемые для АСКУЭ, имеют интерфейсные линии связи. Разработаны ряд систем сбора данных с применением различных типов интерфейсов и протоколов связи [1]:

1. Проводные RS485/RS422, RS232 CAN, ETHERNET, BLUETOOTH;

2. Беспроводные GSM, GPRS, CDMA радио удлинители, работающие на частотах 433МГц и выше до 2,4ГГц.

Одной из главной составляющей проблемы в работе современного поколения систем АСКУЭ является изношенность электросетей 0,4 кВ, которые в большом количестве изобилуют "скрутками", старыми трансформаторами и др. Это все приводит к неправильности показаний датчиков системы. В настоящее время российским компаниям производителям уже удается справляться с этой проблемой. Разработан большой ряд серьезных программных комплексов выполняющие данные задачи с поддержкой радио- и GSM-каналов и оптоволокну с применением обыкновенной сети 0,4 кВ.

Плюсом подобной системы состоит в сверхтехнологичных каналах связи. Подобная АСКУЭ проводит сигнал прямо по электросети, с внедрением полудуплексных каналов передачи данных по электросетям 0,4 кВ (PLC технология). Данной технологии не страшны ни "скрутки" или внедрения в сетях всевозможных материалов и в том числе и в данных случаях сигнал протекает без искажений. На нынешнее время аналогов в предоставленной системе не существует, это доказано исследованиями во многих регионах страны.

В системе учтен двухсторонний PLC-модемный канал передачи данных. Данный канал выделяет вероятность прямого дистанционного доступа к устройствам учета и контроллерам, так же позволяет быстро менять тарификацию и дистанционно отключать потребителя за неуплату. Вероятность хранения данных именно на приборах учета, что исключает потерю информации при сбоях головного сервера дает значительное преимущество такому варианту АСКУЭ. Внедрение такой системы разрешает не только видеть счетчик каждого потребителя, а еще проводить полное тестирование энергопотребления.

Контроль за потреблением электрической энергии выполняется по самой распределительной силовой сети 0,4 кВ, так как использование технологии PLC наиболее отвечают понижению себестоимости точки автоматизированного учёта в нужде особых каналах связи с отдельно взятым электрическим счетчиком.

АСКУЭ технологии PLC позволяет решать задачи [1]:

- отдаленное получение в автоматическом или ручном режимах от каждого узла учёта об отпущенной или потребленной электроэнергии;

- контроль характеристик электрической сети с обнаружением и регистрацией отклонений сетевого напряжения и характеристик электрической сети от заданных норм;

- тест технического состояния или отказов устройств системы;

- подготовка информации об потреблении электрической энергии;

- вывод отчётов в биллинговые системы.

Непосредственными пользователями средств таких информационных сетей могут стать РАО «ЕЭС России», ОАО «Энергобаланс», ОАО «МРСК Сибири», ОАО «МОЭСК» и многие другие снабжающие компании. Это система дает доступ к информации ответственным специалистам мэрии, управы и префектуры.

Предоставленная АСКУЭ, непосредственно не изменяя технологической особенности, коммуникаций, не снижая размера энергопотребления, практически сразу собирает информацию об энергопотреблении, обеспечивая руководство мощным инструментом контроля энергопотребления и управления энергоснабжением.

На данный момент имеется острая потребность в недорогой, функциональной, простой в обслуживании и надёжной системе АСКУЭ. Задача в разработке этих систем АСКУЭ осложняется 2-мя причинами – большим числом

узлов учёта всех подключенных потребителей и рассредоточением их на значительной территории, что затрудняет доступ к ним через классические каналы передачи информации наподобии как витая пара и интерфейс RS485 [4].

Этим образом, всевозможные системы АСКУЭ, содержат в себе подсистемы прогнозирования и поддержки принятия решений, она обязана увеличить эффективное управление производством, транспортировать и потреблять электрическую энергию за счет разбора и прогнозирования потребления электрической энергии с достаточно высочайшей точностью благодаря автоматической адаптации к разным режимам и графикам производства и потребления электрической энергии.

Литература

1. Система АСКУЭ PLC в бытовом секторе [Электронный ресурс] URL: <http://www.kemaskue.narod.ru/bit.html> (дата обращения 27.02.2016).
2. Волков В.М., Смолко Ю.Н., Чертов Е.Д. Система коммерческого учета электроэнергии. - Воронеж: Изд-во ВГТУ. – 2010. - №9. – С. 159-161.
3. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования. – Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В.И. Ленина. – 2013. - №6. – С. 26-29.
4. Саркисов С.А. Анализ основных особенностей сбора периодических типов данных в современных АСКУЭ // Наука, техника и образование. – Иваново: Изд-во Олимп. – 2015. - №11 (17). – С. 46-49.
5. Автоматизированные системы контроля и учета энергоносителей (АСКУЭ) на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] URL: http://edulib.pgta.ru/els/as_ucheta_energonositeley.pdf (дата обращения 15.03.2016).

References

1. The system ASCME PLC is in a domestic sector [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.kemaskue.narod.ru/bit.html> (data obrashhenija 27.02.2016).
2. Volkov V.M., Smolko Y.N., Cheryov E.D. System of commercial account of electric power. - Voronezh: VSTU. – 2010. - №9. – S. 159-161.
3. Staroverov B.A., Gnatyuk B.A. Improving the efficiency of the automated system of commercial accounting of electric power due to the introduction of forecasting functions. – Ivanovo: ISEU named after V.I. Lenin. – 2013. - №6. – S. 26-29.
4. Sarkisov S.A. Analysis of the main features of collecting periodic data types in modern ASCME // Science, technology and education. – Ivanovo: Olympus. – 2015. - №11 (17). – S. 46-49.
5. Automated control systems and metering of energy (ASKME) in industrial enterprises [Elektronnyj resurs] URL: http://edulib.pgta.ru/els/as_ucheta_energonositeley.pdf (data obrashhenija 15.03.2016).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.292

Шепелев А.О.¹, Киселев Б.Ю.¹, Лысенко В.С.¹, Бубенчиков А.А.²

¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Аннотация

В данной статье рассмотрены перспективы применения светодиодной продукции. Указаны основные недостатки и возможные пути технического решения проблем теплопередачи и электромагнитной совместимости. Выделяются некоторые приоритетные направления в решении проблемы эффективной передачи тепла. Особое внимание уделено перспективным решениям в области применения интегральных микросхем со встроенным активным корректором коэффициента мощности для источников вторичного электропитания с импульсным преобразователем.

Ключевые слова: светодиодные источники света, теплопроводность, корректор коэффициента мощности.

Shepelev A. O.¹, Kisselyov B. Yu.¹, Lysenko V.S.¹, Bubenchikov A.A.².

¹Undergraduate student, ²PhD in Technical Sciences

Omsk State Technical University

SOLUTIONS OF A PROBLEM OF APPLICATION OF LED LIGHT SOURCES

Abstract

The article considers of application of led products. The drawbacks and possible technical solutions of problems of heat transfer and electromagnetic compatibility. Some priority directions in a solution of the problem of effective transfer of heat are allocated. The special attention is paid to perspective decisions in a scope of integrated chips with the built-in active proofreader of power factor for sources of secondary power supply with the pulse converter.

Keywords: LED light sources, heat conductivity, proofreader of power factor.

В России огромное количество генерируемой электроэнергии, примерно 13%, тратится на освещение [1]. В большинстве своем это освещение улиц населенных пунктов и архитектурных сооружений, промышленных зданий, торговых павильонов и частное потребление для освещения квартир и домов. Такие существенные расходы можно связать с применением ламп накаливания и люминесцентных ламп устаревшей конструкции. Сократить затраты без ущерба для потребителей можно за счет внедрения энергосберегающих технологий и новых технологических решений.

В 2009 году был принят Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...». В его рамках планировалось к 2014 году отказаться от ламп накаливания, которые 95%

потребляемой энергии превращают в тепло, и перейти к более энергоэффективным источникам света. К таким источникам относятся люминесцентные лампы и светодиодные светильники, которые по сравнению с лампой накаливания имеют явные преимущества.

В настоящее время большую популярность получили светодиодные светильники. Именно это направление считается достаточно перспективным. Многие производители, говоря о достоинствах светодиодных светильников, умалчивают о существенных недостатках и считают основной причиной, препятствующей массовому внедрению, лишь высокую стоимость.

Одним из существенных недостатков является излишнее выделение тепла, которое необходимо отводить. При увеличении температуры р-п перехода возникает смещение рабочей длины волны и снижение яркости. А увеличение температуры на поверхности кристалла приводит к сокращению срока службы светодиода. Процесс отвода тепла является достаточно сложным и включает в свою структуру отвод тепла между р-п переходом и корпусом, между корпусом и печатной платой, затем между печатной платой и радиатором, и наконец, между радиатором и окружающей средой.

Проблема эффективного отведения тепла решается несколькими способами. Выбор материала светодиода с низким тепловым сопротивлением. Также в конструкцию диода включают специальный теплоотвод, который снижает тепловое сопротивление. Для отведения тепла используют специальные печатные платы и радиаторы различных конструкций. Для мощных светодиодов требующих рассеивания большого количества тепла, охлаждающие конструкции представляют собой достаточно громоздкую систему. Эти системы не достаточно компактны и создают неудобства в эксплуатации.

Отказ от работы из-за перегрева носит постепенный характер и выражается в уменьшении яркости излучения.

Наибольшее распространение получили следующие технические решения, применяющиеся для отвода излишнего количества тепла от светодиодов.

Печатные платы, обладающие хорошей теплопроводностью, в которых за слоем диэлектрика расположен слой алюминия либо меди, выполняющий функцию радиатора. Для увеличения лучистого и конвекционного обмена между перегревающимся элементом и окружающей средой устанавливают радиаторы. Это эффективные и относительно недорогие способы теплоотвода.

Эффективность теплоотвода напрямую связана с эффективностью передачи тепла в месте соприкосновения двух поверхностей. Поверхность источника тепла, так же как и поверхность теплоприемника имеют неровности. И при контакте поверхностей возникают микрополости, которые заполнены воздухом. Коэффициент теплопроводности воздуха имеет крайне малое значение и значительно усложняет теплопередачу. Для того чтобы увеличить теплопередачу используют материал с большим коэффициентом теплопроводности, который заполняет микрополости. Выбор материала зависит от рассеиваемой мощности и конструктивных особенностей светодиодного источника света. В качестве теплопроводящего материала обычно используют теплопроводящие пасты, клеи, силиконовые компаунды.

Хорошо зарекомендовали себя силиконовые теплопроводящие пасты компании Dow Corning, обладающие коэффициентом теплопроводности 0,8-7 Вт/м·К. Диапазон рабочих температур составляет 45-200 °С. При необходимости жесткой фиксации применяют силиконовые теплопроводящие клеи, которые прекрасно работают в широком интервале температур. Для защиты светодиодов от воздействия окружающей среды применяют теплопроводящие заливочные компаунды. Они характеризуются теплопроводностью до 0,6 Вт/м·К и возможностью полимеризации при различной глубине заливки.

Повышения технологичность сборочного процесса можно добиться за счет применения теплопроводных подложек. Этот материал представляет собой уже застывший силиконовый гель, обладающий специфическими свойствами. Коэффициент теплопроводности силиконовых подложек достигает 3,5 Вт/м·К при толщине всего в 0,25-5 мм [2].

Типовая структура светодиодного источника света включает в себя источник вторичного электропитания с импульсным преобразователем. Наличие такого источника приводит к тому, что ток, потребляемый этими устройствами, носит импульсный характер.

Как известно при потреблении импульсного тока резко возрастает мощность искажения, что может привести к увеличению мощности протекающей через силовой ввод. При этом коэффициент мощности источника вторичного электропитания не превышает значение 0,7 [3].

Импульсный ток имеет достаточно высокое содержание высших гармонических составляющих. В основном в спектральном составе преобладают гармонические составляющие 3-го и 15-го порядка. Наличие этих составляющих сказывается на появлении токов в нулевом проводнике, при условии полностью симметричной нагрузки на фазы. В большинстве зданий проложен нейтральный провод меньшего сечения, чем фазный, и сумма высших гармонических составляющих приводит к перегрузке провода и как следствие его перегоранию.

В ГОСТ Р 51317.3.2 [4] приведены нормы гармонических составляющих тока, которые не должны превышать при эксплуатации. Но на практике очень часто установленные нормально допустимые значения содержания гармонических составляющих превышаются [5].

Наличие высших гармонических составляющих также приводит к возникновению проблем электромагнитной совместимости.

Как уже упоминалась ранее, светодиодные источники света обладают достаточно высокой стоимостью. Для того чтобы сократить расходы, некоторые производители экономят на элементах драйвера и в результате на кристалл светодиода приходит плохо стабилизированное напряжение. Качество напряжения на прямую отражается на световом потоке, излучаемом светодиодным источником света. Из-за плохой стабилизации напряжения возникают пульсации светового потока, так называемый стробоскопический эффект. Пульсации не всегда соответствуют нормам СНиП 23-

05-95 и Сан-ПиН 2.21/2.1.1.1278, а также негативно влияют на зрение и могут привести к травматизму на производстве.

Для уменьшения воздействия импульсного преобразователя на сеть используют активные или пассивные корректоры коэффициента мощности [3].

Их основная задача формирование входного тока пропорционального входному напряжению. Пассивный корректор коэффициента мощности чаще всего представляет коммутируемые конденсаторы или дроссели, и находят применение в устройствах небольшой мощности. Однако, несмотря на, всю простоту реализации, такой корректор обладает достаточно высоким коэффициентом гармонических искажений.

Использование активного корректора коэффициента мощности, является достаточно эффективным решением этой проблемы. Активный корректор отслеживает входное напряжение и при помощи активных ключей совершает внутрисхемные коммутации с целью поддержания пропорциональности входного тока и напряжения. При пропорциональности входного тока и напряжения можно добиться низкого уровня пульсации постоянного выходного напряжения. Реализация такого корректора может быть основана на базе импульсного преобразователя с введением соответствующих обратных связей.

На сегодняшний день ведущими производителями интегральных микросхем активных корректоров коэффициента мощности являются: Texas Instruments, STMicroelectronics, International Rectifier, ON Semiconductor [3].

Активный корректор коэффициента мощности, выполненный на базе указанных выше интегральных схем, включаются между выпрямителем и импульсным преобразователем. В таком случае корректор коэффициента мощности будет играть роль буферного каскада, снижающего взаимное влияние питающей сети и импульсного источника питания [4]. Такое усовершенствование сетевого преобразователя чрезмерно увеличивает стоимость светодиодного источника света.

Большой интерес представляет идея использования в сетевых преобразователях специализированных интегральных схем с встроенным корректором коэффициента мощности. Такие схемы ориентированы на использование в драйверах светодиодных источников света низкой и средней мощности. Представителем такой схемы является NCL30xxx от компании ON Semiconductor [3].

Несомненно, применение светодиодной продукции является приоритетным. Все достоинства этих светильников перекрывают их недостатки. Проводимые исследования позволяют улучшить энергетические и экологические показатели светодиодной продукции и окончательно вытеснить с рынка люминесцентные светильники и лампы накаливания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00243 а»

Литература

1. Черемисина И. В., Стариков А. А., Тресков С. В., Зыков С. И. Об экономии электрической энергии за счет внедрения ресурсосберегающих ламп // Вестник Югорского государственного университета . 2012. №2 (25). С.96-99.
2. Евминов Л. И., Кизева В. С. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого . 2013. №1 (52). С.060-067.
3. Марущенко С. Г. Влияние вторичного источника питания светодиодного осветительного прибора на сеть // Современные наукоемкие технологии . 2013. №9. С.103-107.
4. ГОСТ Р 51317.3.2–2006. «Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний». – М.: Стандартинформ, 2007. – 28 с
5. Боярская Н. П., Темербаев С. А., Довгун В. П., Кабак А. Л., Колмаков В. О. Анализ спектрального состава токов и напряжений светодиодных и газоразрядных источников света // Вестник КрасГАУ. 2013. №8. С.180-184.
6. Электронный каталог продукции компании Dow coming [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о всех видах продукции. – Электрон. дан. – М., [2016]. – Режим доступа <http://www.dowcoming.com>. – Загл. с экрана.

References

1. Cherenisina I. V., Starikov A. A., Treskov S. V., Zykov S. I. Ob jekonomii jelektricheskoj jenergii za schet vnedrenija resursosberegajushhih lamp // Vestnik Jugorskogo gosudarstvennogo universiteta . 2012. №2 (25). S.96-99.
2. Evminov L. I., Kizeva V. C. Sravnitel'nyj analiz razlichnyh istochnikov sveta i ocenka jelektromagnitnoj sovmestimosti bezjelektroдных (indukcionnyh) i svetodiodnyh istochnikov sveta // Vestnik GGTU im. P.O. Suhogo . 2013. №1 (52). S.060-067.
3. Marushhenko S. G. Vlijanie vtorichnogo istochnika pitaniya svetodiodnogo osvetitel'nogo pribora na set' // Sovremennye naukoemkie tehnologii . 2013. №9. S.103-107.
4. GOST R 51317.3.2–2006. «Sovmestimost' tehniceskikh sredstv jelektromagnitnaja. Jemissija garmonicheskikh sostavljajushhih toka tehniceskimi sredstvami s potrebljaemym to- kom ne bolee 16 A (v odnoj faze). Normy i metody ispytaniy». – M.: Standartinform, 2007. – 28 s
5. Bojarskaja N. P., Temerbaev S. A., Dovgun V. P., Kabak A. L., Kolmakov V. O. Analiz spektral'nogo sostava tokov i naprjazhenij svetodiodnyh i gazorazrjadnyh istochnikov sveta // Vestnik KrasGAU. 2013. №8. S.180-184.
6. Jelektroнный katalog produkcii kompanii Dow coming [Jelektroнный resurs] : baza dannyh sodержit sveden'ja o vseh vidah produkcii. – Jelektron. dan. – M., [2016]. – Rezhim dostupa <http://www.dowcoming.com>. – Zagl. s jekrana.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.293

Шепелев А.О.¹, Киселев Б.Ю.¹, Лысенко В.С.¹, Бубенчиков А.А.²¹Магистрант, ²Кандидат технических наук

Омский государственный технический университет

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ**Аннотация**

В статье рассматривается проблема рационального использования электрических ресурсов, мероприятия по снижению потерь электрической энергии в системах освещения с применением различных современных технологий освещения. Определены достоинства и недостатки каждого проводимого мероприятия. Рассмотрены способы и средства снижения потерь в системах освещения, а также достоинства и недостатки приборов искусственного освещения. Сформулированы выводы о положительных эффектах от применяемых способов снижения потерь.

Ключевые слова: потери, система освещения, электрическая лампа, датчик освещенности, датчик движения.

Shepelev A.O.¹, Kisselyov B.Yu.¹, Lysenko V.S.¹, Bubenchikov A.A.².¹Undergraduate student, ²PhD in Technical Sciences

Omsk State Technical University

DECREASE LOSSES OF ELECTRIC ENERGY IN LIGHT SYSTEMS**Abstract**

The article considers problem of rational using of power sources with measures to reduce electricity losses in light systems with application of different modern technology of light system. Determined advantages and disadvantages of each of the event. Considered methods and means to reduce losses of electricity in light systems, advantages and disadvantages devices of lamplight. Formulated conclusions on the positive effects of the applied methods of loss reduction.

Keywords: losses, light system, electric lamp, light sensor, motion sensor.

Проблемы рационального применения ограниченных энергетических ресурсов приобретает значительную актуальность для мирового сообщества, а её решение становится основной задачей для значительного числа государств, в том числе и для России. На электрическое освещение любых промышленных предприятий, гражданских строений и административных зданий приходится примерно от 30 до 80 % от суммарного потребления электроэнергии. Наибольший экономической эффект от расходования такого значительного потребления электрической энергии в настоящее время является крупной и важной задачей. В 2009 году был принят Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» в рамках которого требовалось к 2014 году осуществить переход от неэкономичных ламп накаливания к более современным и энергоэффективным источникам света. Данный закон так же регламентирует составление энергетических паспортов объектов, на основании которого составляются рекомендации по снижению потерь.

Экономия электроэнергии не должна достигаться снижением норм освещенности, предусмотренных действующим СНиП 23-05-95 [1]. Уменьшение освещенности приводит к снижению зрительной работоспособности, ухудшению состояния людей, снижению производительности труда и т.д. Потери от ухудшения осветительных условий значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

Обычно, система освещения на различных предприятиях является комбинированной, поэтому попытки увеличить долю использования естественного освещения является задачей не менее важной, чем экономия на искусственном освещении.

В общем случае, меры по снижению потерь электрической энергии в системах освещения можно разделить на 3 вида:

- 1) Увеличение доли естественного света;
- 2) Применение современных технологий;
- 3) Меры, не подпадающие под вышеуказанные категории.

Увеличение доли естественного света реализуется различными способами. Одним из таких способов является применение светлых материалов отделки внутренних помещений. Данный способ основан на повышенной отражательной способности светлых цветов. Использование в осветительных установках новых отражателей является одним из самых простых способов. В связи с потерей отражательных характеристик или вообще отсутствием отражателей, коэффициент полезного действия светильника может снизиться в 1,5 – 2 раза, а коэффициент использования осветительной установки в 2 – 2,5 раза. Очистка оконных проемов и стекол осветительных установок так может увеличить уровень освещенности, а, следовательно, и уменьшить количество включаемых ламп. Данное мероприятие снизит суммарные потери электрической энергии в осветительных установках. Данная мера принесет пользу только в совокупности с другими мерами по снижению потерь электрической энергии в освещении.

Следующей мерой по снижению потерь электрической энергии является применение современных технологий. Осветительная нагрузка в промышленных предприятиях, в административных зданиях и т.д. преимущественно представлена газоразрядными лампами. В работе [2] указано, что для искусственного освещения производственных и жилых помещений, улиц, скверов и парков наиболее эффективным является использование газоразрядных ламп низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления по своей сути являются обычными люминесцентными лампами, которые используются повсеместно для освещения производственных, административных, учебных и жилых помещений. Основное их преимущество относительно обычных ламп накаливания является [3]:

- большая светотдача (люминесцентная лампа – 20 Вт даёт такой же световой поток, как и лампа накаливания – 100 Вт);
- разнообразные световые оттенки;

- длительный срок службы относительно тех же ЛН (в среднем 12000 часов против 1000 у ЛН);

Люминесцентные лампы применяются только вместе с пускорегулирующей аппаратурой (ПРА). Пускорегулирующая аппаратура делится на 2 типа:

- электромагнитная пускорегулирующая аппаратура (ЭМПРА);
- электронная пускорегулирующая аппаратура (ЭПРА);

Главными достоинствами ЭМПРА являются их относительно невысокая стоимость, простота в исполнении и слабая чувствительность к температурным перепадам. Потери в мощности при использовании электромагнитного балласта лежат в пределах 10-50%, в зависимости от мощности источника света – чем мощнее лампа, тем меньше потери. Согласно европейским стандартам, по уровню потерь мощности существуют три класса дросселей: В (особо низкие потери), С (пониженные потери) и D (нормальные потери) [4].

В то же время ЭМПРА обладает значительным количеством недостатков. К ним относятся:

- Достаточно большие потери мощности;
- Низкий коэффициент мощности;
- Стробоскопический эффект (особенно опасный на производстве) и т.д.

Всех этих недостатков лишены люминесцентные лампы с ЭПРА. В ЭПРА установлен конденсатор, который компенсирует реактивную мощность, отсутствие стробоскопического эффекта из-за высокой частоты мерцания ЛЛ с ЭПРА, порядка 60-85 кГц и т.д.

В настоящее время светодиодное освещение является одним из перспективнейших направлений технологий искусственного освещения, которое основано на использовании светодиодов как источника света [5]. Применение светодиодных ламп по сравнению с другими видами ламп имеет ряд достоинств, а именно: отсутствие вольфрамовых нитей накаливания, как в люминесцентных лампах и в лампах накаливания, которые могут испортиться либо путем перегрева или от тряски. Основным преимуществом светодиодных ламп является низкое энергопотребление (в среднем, не более 10% от энергии потребляемой лампой накаливания), при этом качество электроэнергии не ухудшается (уровень освещенности лучше, даже чем у ламп накаливания и люминесцентных ламп). Таким образом применение различных современных типов ламп снижает потребляемую электрическую энергию, что ведет и к снижению потерь. Применение современных технологий основано не только на замене ламп накаливания на более современные лампы, а также на использовании различного рода датчиков (освещенности, движения, звука и т.д.). Повсеместно в освещении улиц крупных мегаполисов в последнее время применяются датчики освещенности “день – ночь”. Когда начинает уменьшаться уровень солнечной активности (“смеркается”), датчик отдает сигнал на включение осветительных установок. При увеличении солнечной активности (рассвет), датчик освещенности отдает сигнал на отключение осветительных установок (Рис. 1).



Рис. 1 - Датчик освещенности Feron SEN27/LXP03

Датчик освещенности (фотореле) Feron SEN27 может включать или выключать свет в соответствии с освещенностью. Температура окружающей среды и влажности на действие датчика освещенности не влияют. Фотореле можно применять, например, при уличном освещении, садовом освещении т. д. [6]. Достаточно часто в жилых домах устанавливаются датчики движения. Датчики движения включают свет только тогда, когда датчик улавливает движение крупных объектов. Применение таких датчиков помогает серьезно экономить на электроэнергии, приходящейся на общедомовые нужды (Рис. 2).



Рис. 2 - Микроволновый датчик движения TDM ДДМ-02 SQ0324-0021

Микроволновый датчик движения TDM ДДМ-02 SQ0324-0021 является универсальным прибором для автоматического управления освещением (внутренним или уличным), а также устройствами сигнализации. Благодаря компактным размерам и способности обнаруживать объекты через препятствия, датчик можно установить практически в любом месте: под потолком, перед дверью и даже под стеклом светильника. Работает по принципу локации СВЧ. Применение такого приспособления позволяет значительно снизить расход потребляемой электроэнергии и продлить срок службы осветительного прибора [7]. Таким образом применение различных датчиков может существенно снизить потери электрической энергии.

Дополнительными мерами по снижению потерь электрической энергии является разбитие на осветительные зоны. Значительный эффект от данной меры может быть достигнут в цехах промышленных предприятий, административных зданиях и учебных заведениях. Часто в цехах промышленных предприятий осветительные установки включаются по всей территории, даже в тех участках цеха, где рабочие непосредственно не находятся. То есть, разбиение на осветительные зоны основано на выборочном включении света; включение осветительных нагрузок только в тех местах, где непосредственно производятся работы.

Таким образом рассмотренные мероприятия по снижению потерь электрической энергии в системах освещения помогут снизить потребляемую энергию, что в целом уменьшит потери. Данные мероприятия должны осуществляться в комплексе, чтобы положительные эффекты от каждого из способа проявили себя. Поэтому решение проблемы энергопотребления должно быть найдено с применением комплексного подхода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00243 а»

Литература

1. Строительные нормы и правила: СНиП СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2011. – 75 с.
2. Овчинников В.С. Энергосберегающие технологии в системах освещения/В.С. Овчинников//Электрооборудование судов и электроэнергетика: сборник научных трудов/Калининград: КГТУ, 2000. – С. 19 - 21.
3. Википедия: Свободная энциклопедия [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Люминесцентная_лампа (дата обращения 20.03.2016).
4. ЭПРА-Консалтинг [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://epra-consulting.ru/PRA.php> (дата обращения 20.03.2016).
5. Семеняк М.В. Светодиодные источники света в системах наружного и внутреннего освещения/ М.В. Семеняк, В.Н. Горюнов // Вестник Омского Государственного Аграрного Университета. – 2011. – № 2 (2). – С. 59 – 62.
6. Интернет-магазин STOP ELEKTRO [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stop-elektro.ru/shop/osveshenie-komplektuyushie/datchiki-dvizheniya-osveshennosti/light-sensor-25a-feron-sen27/> (дата обращения 20.03.2016).
7. Все инструменты.py [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vseinstrumenti.ru/electrika_i_svet/spec_osv/datchiki_dvizheniya/camelion/lx-20b_6440/#tab-1 (дата обращения 20.03.2016).

References

1. Stroitel'nye normy i pravila: SNiP SP 52.13330.2011. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshhenie [Tekst]: normativno-tehnicheskij material. – Moskva: [b.i.], 2011. – 75 s.
2. Ovchinnikov V.S. Jenergosberegajushhie tehnologii v sistemah osveshhenija/V.S. Ovchinnikov//Jeлектрооборудование судов i jeлектроjenergetika: sbornik nauchnyh trudov/Kaliningrad: KGTU, 2000. – S. 19 - 21.
3. Vikipediya: Svobodnaya ehnciklopediya [ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Lyuminescentnaya_lampa (data obrashcheniya 20.03.2016).
4. EHPRA-Konsalting [ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://epra-consulting.ru/PRA.php> (data obrashcheniya 20.03.2016).
5. Semenjak M.V. Svetodiodnye istochniki sveta v sistemah naruzhnogo i vnutrennego osveshhenija/ M.V. Semenjak, V.N. Gorjunov// Vestnik Omskogo Gosudarstvennogo Agramogo Universiteta. – 2011. – № 2 (2). – S. 59 – 62.
6. Internet-magazin STOP ELEKTRO [ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://stop-elektro.ru/shop/osveshenie-komplektuyushie/datchiki-dvizheniya-osveshennosti/light-sensor-25a-feron-sen27/> (data obrashcheniya 20.03.2016).
7. Vse instrumenty.ru [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.vseinstrumenti.ru/electrika_i_svet/spec_osv/datchiki_dvizheniya/camelion/lx-20b_6440/#tab-1 (data obrashcheniya 20.03.2016).