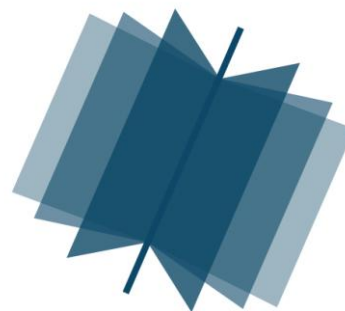


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2015



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

№11 (42) 2015

Часть 2

Декабрь

Подписано в печать 15.12.2015.
Тираж 900 экз.
Заказ 26112
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XLV 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).

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, Свиштунов 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. нау, 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: Тринева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ	6
SIMULATION OF DYNAMIC MODES OF ASYNCHRONOUS MACHINES WITH REGARD TO THERMAL TRANSITION PROCESSES	9
МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАШИН И ПОРОД В НЕДРАХ	13
ПРОБИОТИЧЕСКИЕ СЫВОРОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	18
ГАЗОНАСЫЩЕНИЕ СПЛАВОВ ХРОМА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	19
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	22
CLASSIFICATION OF EXTERNAL FACTORS INFLUENCING THE PARAMETERS OF THE OPTICAL FIBER	29
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НАВИГАЦИИ И ТРАССИРОВКИ МАРШРУТОВ С ЛИНЕЙНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ	35
ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.....	43
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПИРИТ-АРСЕНОПИРИТ СОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА.....	44
ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ СДОБНОГО ТЕСТА И ГОТОВЫХ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	49
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМ ETAR REAL TIME И PSI CONTROL ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ И УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	50
СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ.....	52
QUALITY CONTROL OF CIRCULATING WATER OF WATERHEAT EXCHANGE EQUIPMENT.....	57
ВОЗМОЖНОСТИ СУБМИЛЛИМЕТРОВОЙ СОНОГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	60
QUALITY MANAGEMENT AND DECISION MAKING FOR SPARK PLUGS MANUFACTURING	62
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В ИТ-КОМПАНИИ С ПОМОЩЬЮ CRM-СИСТЕМЫ	64
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ.....	66
ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОЗЕРНОСТИ ЗЕРНА НА ЕГО МАКАРОННЫЕ СВОЙСТВА	68
АППАРАТ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	74
АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ.....	76
КОНЦЕПЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	78
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАПЧ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ “MICROCAP”	82
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТНОГО ДЕТЕКТОРА.....	84
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ СМАЗКИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ПРОВОЛОКИ В РЕЖИМЕ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ	87
СИНХРОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВОЛНОВОГО ПЛЕНОЧНОГО ТЕЧЕНИЯ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ДИСКЕ	89
СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ ДВУХУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА	92
ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОГО АНАЛИЗА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО УРОВНЯ.....	98
СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЧАСТОТ МЕЖДУ РАДИОЭЛЕКТРОННЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕРЬ ИНФОРМАЦИИ.....	99

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	103
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТОКОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	107
ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР В ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ РАЗРЯДЕ	110
АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАТНОЙ ЭДС ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ.....	113
РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ("УМНАЯ ПЫЛЬ").....	116
МНОГОМЕРНЫЕ ИНДЕКСЫ В СОВРЕМЕННЫХ СУБД.....	122
ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ, УСТАНОВЛЕННОЙ ПО ДВУМ ОТВЕРСТИЯМ И ПЛОСКОСТИ	124

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.224

Амачиев Л.А.¹, Феофанов А.Н.²

¹Аспирант, ²доктор технических наук,
ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин»

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация

В данной статье рассматривается возможность использования базы данных в качестве средства для повышения скорости мониторинга при идентификации электронных изделий. Приведено описание блока регистрации передачи данных (БРПД), а так же его служебного назначения. Рассматривается возможность экономии времени при мониторинге изделия операторами конвейерной линии, снижение влияния человеческого фактора при определении наличия брака.

Ключевые слова: автоматизированные системы, базы данных, базы знаний.

Amachiev L.A.¹, Feofanov A.N.²

¹Postgraduate student, ²PhD in Engineering,
Moscow State University of Technology «Stankin»

CREATING A DATABASE FOR IDENTIFICATION OF ELECTRONIC PRODUCTS

Abstract

This article discusses the use of databases as a means to improve the speed of monitoring in the identification of electronic products. The description of the registration unit data (BCD), as well as its service appointment. The possibility to save time when monitoring of product operators of the conveyor line, reducing the human factor in determining the existence of marriage.

Keywords: automated systems, databases, knowledge bases.

В настоящее время электронные вычислительные машины занимают важное место в различных промышленных отраслях. Поэтому, актуальным является соответствие электронной продукции установленным требованиям по качеству. Чтобы добиться улучшения характеристик электронных изделий и повысить производительность необходимо стремиться к оптимизации производства, сведению к минимуму фактора человеческой ошибки и автоматизации отдельных позиций конвейерной линии.

Блок регистрации передачи данных (БРПД) является одним из значимых изделий в вычислительной технике, поскольку с помощью него происходит соединение и передача данных от одного интерфейса к другому. Для исключения человеческого фактора при проверке БРПД предлагается ввести контрольно-измерительную позицию.

При потребности от 4 до 6 тысяч единиц в сутки, целесообразно применить автоматическое оборудование, встроенное в конвейерную линию.

Решением задачи будет являться внедрение в производство автоматизированной системы идентификации электронных изделий, которая позволит сэкономить на человеческих ресурсах, а так же решить задачу увеличения производительности на отдельном участке (лимитирующем выпуск продукции), а следовательно, и на самой конвейерной линии.

Согласно статистике отечественных предприятий, система оптической автоинспекции имеет значительное преимущество перед 5 инженерами-менеджерами, осуществляющих проверку качества электронных изделий, и при этом является более выгодной в финансовом плане. Большая доля (90%) - таков средний показатель мониторинга электронных изделий для системы идентификации. Сотрудники отдела технического контроля за тот же период успевают проверить до 10% выпускаемой продукции.

Блок регистрации передачи данных представляет собой конструктивно-законченное изделие, предназначенное для применения в качестве бортовой техники, обеспечивающей:

- Прием данных по проводным и беспроводным интерфейсам;
- Передачу данных по проводным и беспроводным интерфейсам;
- Обработку принятой информации с использованием вычислительных средств системы;
- Сохранение информации на съемных носителях данных;
- Мониторинг внешних факторов, поддерживаемых системными датчиками.

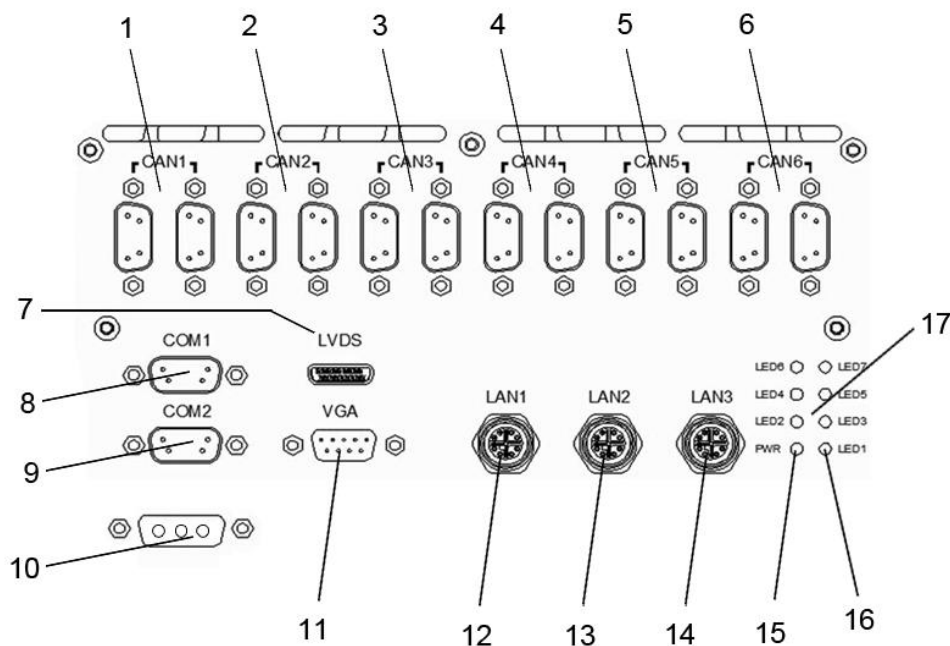


Рис. 1 – Внешний вид БРПД и расположение основных элементов

Лицевая панель БРПД оснащена множеством выходов для обеспечения питания электронной машины и ее сопряжения с другими вычислительными устройствами.

Состоит она из следующих элементов (рис. 1):

- 1-6. Разъемы CAN-интерфейсов;
- 7. Разъем для подключения монитора «LVDS»;
- 8, 9. Разъемы последовательных портов RS485;
- 10. Разъем питания «PRW»;
- 11. Разъем для подключения монитора VGA;
- 12-14. Разъемы для LAN подключения;
- 15. Светодиодный индикатор наличия питания «PWR»;
- 16. Светодиодный индикатор работы системы подогрева;
- 17. Индикаторы с вывода «DIGITAL Out».

Блок регистрации передачи данных является устройством для ответственных применений, его работоспособность обусловлена отсутствием дефектов в каждом из описанных разъемов. Требования к таким изделиям описываются заказчиком в техническом задании (ТЗ), и каждая произведенная единица электронной продукции должна соответствовать параметрам, указанным в ТЗ.

Система идентификации электронных изделий позволяет определить степень соответствия физических характеристик БРПД требованиям заказчика, тем не менее, обработку данных производят операторы конвейерной линии, что требует дополнительного времени.

В качестве решения задачи повышения производительности предлагается создать базу данных технических требований заказчика. В БД будут описаны основные характеристики электронных изделий, которые в дальнейшем будут использоваться для процедуры идентификации ЭИ. Реализовать данную идею позволит веб-портал, куда будет поступать заявка заказчика, а так же результаты мониторинга электронных изделий.

После прохождения БРДП контрольно-измерительной позиции появляется протокол. Данные протокола автоматически заносятся в БД. Форма протокола проверяемых характеристик БРДП представлена на рис.2.

Вид испытания	Конфигурация оборудования	Тест	Критерий прохождения теста	Результат	Примечание
VGA	OS: FreeDOS Подключен кабель VGA Тест: VGATEST.EXE	Загрузка ОС и запуск теста VGATEST.EXE Отображение градиента Отображение матрицы цветов	Отображение градиента и матрицы цветов без искажений и рассинхронизации	Успешно Успешно Успешно Успешно	Запуск при температуре -45°C (Время разогрева системы 3 мин.) Запуск при температуре -29°C Запуск при температуре +65°C Запуск при температуре +70°C

Рис. 2 – Форма протокола проверяемых характеристик БРДП

Поскольку сведения из протокола поступают в БД (БД-1), данные мониторинга могут быть использованы для осуществления процедуры верификации БРДП. В качестве исходных данных так же будут использованы сведения из заявки заказчика (БД-2), которые впоследствии будут сравниваться с показателями, полученными на измерительной позиции. Если контрольные цифры будут соответствовать запросам заказчика, соответствующая единица БРДП будет считаться годным изделием. Описание последовательности обработки данных БД-1 и БД-2 представлено на рис.3.

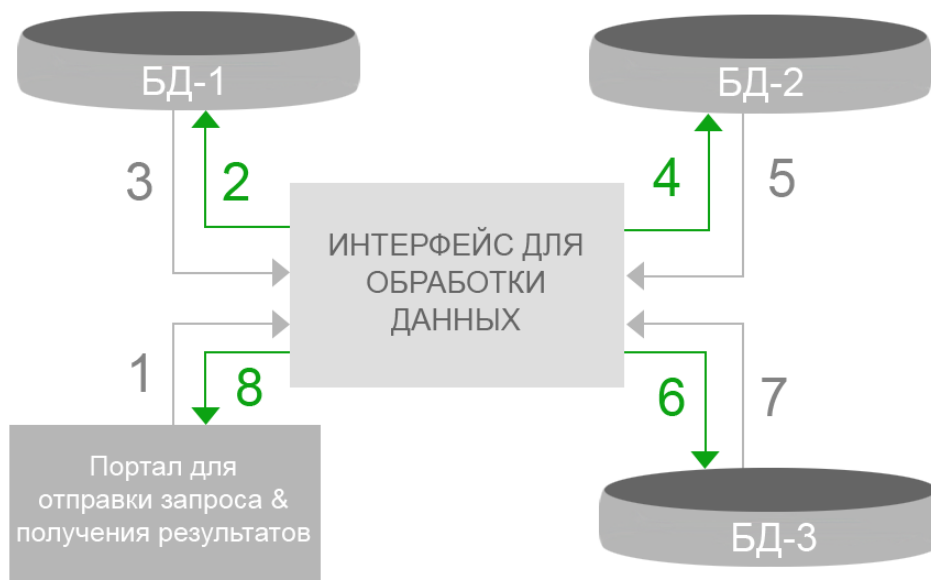


Рис. 3 – Описание последовательности обработки данных БД-1 и БД-2

1. Отправка запроса для получения результатов верификации;
2. Обращение к БД-1, получение сведений о результатах мониторинга БРДП;
3. Поступление результатов мониторинга в интерфейс для обработки данных;
4. Обращение к БД-2, получение сведений из заявки заказчика;
5. Поступление данных из заявки заказчика в интерфейс для обработки данных;
6. Результаты соответствия БРДП требованиям заказчика поступают в БД-3;
7. Информация из БД-3 отправляется в интерфейс для обработки данных;
8. Представление результатов выполненной верификации.

Произвести сравнение числовых показателей позволит веб-интерфейс, который путем обращения к двум БД (БД-1 и БД-2) будет сравнивать сведения из протокола и данные из заявки заказчика. Для успешного проведения операции сравнения, понадобится корректировка структур БД, чтобы обеспечить совместимость баз друг с другом. В результате сравнения показателей БД-1 и БД-2, будет сформирована БД-3, где будут фиксироваться результаты верификации БРДП.

Использование подобных средств обработки данных мониторинга существенно снизит нагрузку на операторов линий и позволит дать объективную оценку состояния БРДП при их производстве.

Литература

1. Yunin I.Y., Feofanov A.N. Reconfigurable production systems // Russian Engineering Research. 2010. Т. 30. № 10. С. 1036-1040.
2. Лыткин И. Н., Тюрина Л. Ф., Феофанов А. Н. – Изготовление проволочных спиралей малых диаметров. Технология машиностроения, № 1, 2015.
3. Феофанов, А.Н. Гибкие автоматические линии в машиностроении. [Текст] //– М.: «Янус-К», 2002, 192 с.
4. Феофанов А.Н. Визуализации компоновок станков модульного типа на стадии эскизного проектирования / Приводная техника - 2012. - №3. -стр. 36- 42.
5. Евдокимов С.А., Григорьев И.В., Краснов А.А, Рыбаков А.В., Шурпо А.Н.Создание компьютерной базы знаний для работы с нормативно-справочной информацией в машиностроении / CAD/CAM/CAE Observer, №1, 2010.

References

1. Yunin I.Y., Feofanov A.N. Reconfigurable production systems // Russian Engineering Research. 2010. Т. 30. № 10. S. 1036-1040.
2. Lytkin I. N., Tjurina L. F., Feofanov A. N. – Izgotovlenie provolochnyh spiralej malyh diametrov. Tehnologija mashinostroenija, № 1, 2015.
3. Feofanov, A.N. Gibkie avtomaticheskie linii v mashinostroenii. [Tekst] //– М.: «Janus-K», 2002, 192 s.
4. Feofanov A.N. Vizualizacii komponovok stankov modul'nogo tipa na stadii jeskiznogo proektirovanija / Privodnaja tehnika - 2012. - №3. -str. 36- 42.
5. Evdokimov S.A., Grigor'ev I.V., Krasnov A.A, Rybakov A.V., Shurpo A.N.Sozdanie komp'juternoj bazy znaniy dlja raboty s normativno-spravochnoj informaciej v mashinostroenii / CAD/CAM/CAE Observer, №1, 2010.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.153

Архипова О.В.¹, Ковалев В.З.², Ковалева С.Е.³¹ORCID: 0000-0002-8773-8846, Югорский государственный университет;²ORCID: 0000-0002-4512-6868, Доктор технических наук, профессор, Югорский государственный университет;³АУ «Ханты-Мансийский технологическо-педагогический колледж»

Статья выполнена в рамках проекта №1681 государственного задания в сфере научной деятельности

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ
С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ****Аннотация**

Динамические процессы в асинхронной машине протекают с изменением температуры ее отдельных частей. В свою очередь это приводит к изменению омического сопротивления обмоток и как следствие, к изменению энергетических характеристик всей машины.

Возникает задача анализа асинхронной машины с учетом тепловых переходных процессов.

Математическая модель электромагнитной, механической и тепловой подсистем, в соответствии с энергетическим подходом к моделированию электротехнических комплексов и систем, построена в канонической форме.

При выводе уравнений переходного процесса асинхронной машины, с учетом тепловых процессов, сделаны допущения о ненасыщенности пути основного магнитного потока, отсутствии демпфирующих контуров.

Ключевые слова: моделирование, асинхронная машина, переходные процессы, тепловые процессы, математическое моделирование.

Arkhipova O.V.¹, Kovalev V.Z.², Kovaleva S.E.³¹ORCID: 0000-0002-8773-8846, Yugra State University; ²ORCID: 0000-0002-4512-6868, PhD in Engineering, Professor,Yugra State University; ³Khanty- Mansiysk technological and pedagogical college**SIMULATION OF DYNAMIC MODES OF ASYNCHRONOUS MACHINES WITH REGARD
TO THERMAL TRANSITION PROCESSES****Abstract**

Dynamic processes in the asynchronous machine proceed with the change of the temperature of its particular parts. In its turn it leads to a change in the ohmic resistance of the windings and consequently, to changes in the energy performance of the whole machine.

A task of analysis of asynchronous machines with regard to thermal transition processes arises.

Mathematical model of electromagnetic, mechanical and thermal subsystems, in accordance with the energy approach to the modelling of electrotechnical complexes and systems, built in canonical form.

In deriving the equations of the transition process of asynchronous machine, with regard to thermal processes, assumptions about the unsaturation of the main path of the magnetic flux, the absence of damping circuits are made.

Keywords: simulation, asynchronous machine, thermal processes, transition processes, mathematic simulation.

Dynamic processes in the asynchronous machine proceed with the change of the temperature of its particular parts. In its turn it leads to a change in the ohmic resistance of the windings and consequently, to changes in the energy performance of the whole machine.

A task of analysis of asynchronous machines with regard to thermal transition processes arises.

Mathematical model of electromagnetic, mechanical and thermal subsystems, in accordance with the energy approach to the modelling of electrotechnical complexes and systems, built in canonical form [7].

In deriving the equations of the transition process of asynchronous machine, with regard to thermal processes, assumptions about the unsaturation of the main path of the magnetic flux, the absence of damping circuits are made. After transformations we get the following [4,5,8]:

$$\frac{d\psi_A}{dt} = - \left\{ \frac{l_{n1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{A.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] + \frac{l_{\pi1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{A.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] \right\} i_A + u_A(t), \quad (1)$$

$$\frac{d\psi_B}{dt} = - \left\{ \frac{l_{n1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{B.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] + \frac{l_{\pi1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{B.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] \right\} i_B + u_B(t), \quad (2)$$

$$\frac{d\psi_C}{dt} = - \left\{ \frac{l_{n1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{C.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] + \frac{l_{\pi1}}{l_{n1} + l_{\pi1}} R_{C.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] \right\} i_C + u_C(t), \quad (3)$$

$$\frac{d\psi_a}{dt} = -R_{a.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] \cdot i_a, \quad (4)$$

$$\frac{d\psi_b}{dt} = -R_{b.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] \cdot i_b, \quad (5)$$

$$\frac{d\psi_c}{dt} = -R_{c.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] \cdot i_c. \quad (6)$$

Herein:

– the flux linkage of the winding

$$\Psi_A = L_A i_A - \frac{1}{2} L_m (i_B + i_C) + L_m [i_a \cos \Theta + i_b \cos(\Theta + 120^\circ) + i_c \cos(\Theta - 120^\circ)], \quad (7)$$

$$\Psi_B = L_B i_B - \frac{1}{2} L_m (i_A + i_C) + L_m [i_a \cos(\Theta - 120^\circ) + i_b \cos \Theta + i_c \cos(\Theta + 120^\circ)], \quad (8)$$

$$\Psi_C = L_C i_C - \frac{1}{2} L_m (i_A + i_B) + L_m [i_a \cos(\Theta + 120^\circ) + i_b \cos(\Theta - 120^\circ) + i_c \cos \Theta], \quad (9)$$

$$\Psi_a = L_a i_a - \frac{1}{2} L_m (i_b + i_c) + L_m [i_a \cos \Theta + i_b \cos(\Theta - 120^\circ) + i_c \cos(\Theta + 120^\circ)], \quad (10)$$

$$\Psi_b = L_b i_b - \frac{1}{2} L_m (i_a + i_c) + L_m [i_a \cos(\Theta + 120^\circ) + i_b \cos \Theta + i_c \cos(\Theta - 120^\circ)], \quad (11)$$

$$\Psi_c = L_c i_c - \frac{1}{2} L_m (i_a + i_b) + L_m [i_a \cos(\Theta - 120^\circ) + i_b \cos(\Theta + 120^\circ) + i_c \cos \Theta]; \quad (12)$$

– the active resistance of the phase windings of the stator and rotor are given for an ambient temperature of 20°C

– the active resistance of the phase windings of the stator and rotor are given for an ambient temperature of 20°C

$$R_{A,20} = R_{B,20} = R_{C,20}; \quad (13)$$

$$R_{a,20} = R_{b,20} = R_{c,20}; \quad (14)$$

– the temperature of the induction motor parts

$$\tau_{\Pi 1}, \tau_{\alpha i}, \tau_{\Pi 1}, \tau_{\Pi 2}; \quad (15)$$

– the phases currents of the stator of an induction motor

$$i_A, i_B, i_C, i_a, i_b, i_c; \quad (16)$$

– geometrical parameters (length of end-winding and slot winding of strator of induction motor)

$$l_{\Pi 1}, l_{\Pi 1}; \quad (17)$$

We accept hereinafter:

$$L_A = L_B = L_C = L_1 \quad (18)$$

$$L_a = L_b = L_c = L_2, \quad (19)$$

$$L_m = \text{const}, \quad (20)$$

$$\alpha_t = 0,004. \quad (21)$$

Accounting changes of the resistance of the windings of the stator and rotor in dependence on temperature is based on the method of equivalent thermal circuits which suggests the analogy of heat flow with electric current I based on a single form of the equations of heat exchange (Fourier's law)

$$P = \lambda S_{cp} \Delta \Theta / \delta = \Delta \Theta / R_\lambda \quad (22)$$

and electric current (Ohm's law)

$$I = kS \Delta U / l = \Delta U / R_s, \quad (23)$$

where S_{cp} – the average area of heat transfer surface; λ – thermal conductivity coefficient; $\Delta \Theta$ – temperature fall on the length δ ; R_λ – the thermal resistance of this portion of the path of heat flow; k – specific conductance; ΔU – the potential difference on the length of the conductor l with a cross section S ; R_s – electrical resistance.

The basic assumptions of the heat diagram method are the following [9]:

1. The electric machine is represented in the form of a system of homogeneous bodies, relations between which are determined by the type and the conditions of heat exchange.

2. The electric machine is divided into "parts" within the dimensions of which the conditions of heating-cooling remain constant. In the plane of symmetry of each body the node is set, the resistance of heat exchange with other bodies is connected to him, and concentrated equivalent thermal resistance substituting the actual distributed, are assumed to be not dependent on the magnitude of heat flow; losses that occur in this part of electric machine are put in the nodes. Thus the actual distributed heat sources are replaced by lumped.

3. Heat calculation is reduced to the calculation of the average temperature of all machine components. We believe that heat flow in the longitudinal cross section is absent, it allows to consider a flat task in the cross-section of the machine; individual conductors are equal to the average overtemperature in this section in the cross section of the winding overtemperature; we consider the thermal conductivity coefficient of the materials constant.

Electric machine, including induction motor in thermal relation is always a complex set of interrelated elements, processes in which mathematically by a system of Poisson's equations in partial derivatives are described. Interrelated and interdependent boundary conditions for these equations sophisticate the solution. The failure to consider the field of temperatures within individual element allows you to provide thermal processes by the system of ordinary linear differential equations of the first order. Their number depends on the number of bodies in which the machine is broken. Thermal state of the n -th body taking into account the above assumptions is described as a differential equation of the heat balance:

$$C_n \frac{d\Theta_n}{dt} = \sum_{i=1}^{q(i \neq n)} \Lambda_{in} (\Theta_i - \Theta_n) + P_n, \quad (24)$$

Where C_n – the heat capacity of n -th body; Θ_n – the temperature of n -th body; Θ_i – the temperature of one of the near bodies i ; q – the number of bodies connected in a heat relation with the considered body n ; Λ_{in} – the heat transfer from one of the neighboring bodies i to this body n ; P_n – loss of power in this body n ; t – the current time.

We have the following for electrical machines, divided into the system of n bodies in thermal relation with the given assumptions 1) -3):

$$\begin{cases} C_1 \frac{d\tau_1}{dt} = \left(-\sum_{i=2}^m \Lambda_{i1} \right) \tau_1 + \sum_{i=2}^m (\Lambda_{i1} \tau_i) + P_1, \\ C_2 \frac{d\tau_2}{dt} = \left(-\sum_{i=1}^{k(i \neq 2)} \Lambda_{i2} \right) \tau_2 + \sum_{i=1}^{k(i \neq 2)} (\Lambda_{i2} \tau_i) + P_2, \\ \dots \\ C_n \frac{d\tau_n}{dt} = \left(-\sum_{i=1}^{q(i \neq n)} \Lambda_{in} \right) \tau_n + \sum_{i=1}^{q(i \neq n)} (\Lambda_{in} \tau_i) + P_n \end{cases} \quad (25)$$

where m – the number of bodies, connected in a heat relation with the first body;

k – the number of bodies, connected in a heat relation with the second body.

From the analysis of the pattern of heat transfer of short-circuited induction motor with a degree of protection IP44, on the assumption that the thermal resistance between the frame and panels is missing; heat transfer through the shaft is negligible; assumptions are adhered 1)–3), and the whole system is symmetric, simplified thermal equivalent circuit can be made (TEC). It consists of seven bodies: the stator teeth with an average temperature of τ_{z1} ; stator with an average temperature of τ_{a1} ; a shell comprising a frame and end shields, with an average temperature of τ_{cr} ; slot winding of the stator with an average temperature of τ_{n1} ; end-winding of the stator with an average temperature of τ_{n1} ; winding and the rotor teeth with an average temperature of τ_{n2} ; inner air with an average temperature of τ_{oi} .

Body of TEC are linked by respective thermal conductivities. Sources of heat concentrated at the appropriate nodes are: basic and additional losses in the stator teeth $\sum P_{z1} = P_{cz1} + P_{cz\partial\partial\partial} = B_{z1}^2 \cdot M_{z1} \cdot k_{mz}$; losses in the stator yoke $P_{ca1} = B_{\pi}^2 \cdot M_{\pi1} \cdot k_{m\pi}$, copper losses of the slot part of the winding $P_{mn1} = P_{m1} l_1 / (l_1 + l_{n1})$; copper losses of end-winding of the stator $P_{m1\pi} = P_{m1} l_{\pi1} / (l_1 + l_{\pi1})$; losses in the rotor, including the electrical losses in a short-circuited squirrel cage P_{m2} and additional losses in teeth P_{cz2} ; inner mechanical losses, consisting of friction losses in the bearings and friction losses of the rotor against the air $\sum P_{\pi} = P_{mex} + P_{no\partial}$ (we will keep them in the shell).

Based on the previously made assumptions, the received split of asynchronous motor into parts with equal temperatures and taking into account equations (24) we have the following:

$$\frac{d\Psi_{\theta z1}}{dt} = -(\Lambda_{za} + \Lambda_{nz} + \Lambda_{12n1})\tau_{n1} + \Lambda_{za}\tau_{a1} + \Lambda_{nz}\tau_{n1} + \Lambda_{12}\tau_{n2} + B_{z1}^2 M_{z1} k_{mz}; \quad (26)$$

$$\frac{d\Psi_{\theta a1}}{dt} = -(\Lambda_{za} + \Lambda_{na} + \Lambda_{\Delta1})\tau_{n1} + \Lambda_{na}\tau_{z1} + \Lambda_{na}\tau_{n1} + \Lambda_{\Delta1}\tau_{cm} + B_{\pi}^2 M_{\pi1} k_{m\pi}; \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{\theta cm}}{dt} = & -(\Lambda_{\Delta1} + \Lambda_{cm} + \Lambda_{u\pi} + \Lambda_{acm} + \Lambda_{au\pi})\tau_{cm} + \Lambda_{\Delta1}\tau_{a1} + \\ & + (\Lambda_{\alpha cr} + \Lambda_{\alpha \pi\pi})\tau_{oi} + (\Lambda_{cr} + \Lambda_{\pi\pi})\tau_{ai} + \Delta P_{mex}; \end{aligned} \quad (28)$$

$$+ \frac{\ell_{n1}}{\ell_{n1} + \ell_{\pi1}} \cdot \{ R_{A.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] i_A^2 + R_{B.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] i_B^2 + R_{C.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n1} - \tau_{ai})] i_C^2 \}, \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{\theta n1}}{dt} = & -(\Lambda_{n1} + \Lambda_{\pi1})\tau_{n1} + \Lambda_{n1}\tau_{n1} + \Lambda_{\pi1}\tau_{oi} + \Lambda_{n1}\tau_{\pi1} + \\ & + \frac{\ell_{\pi1}}{\ell_{n1} + \ell_{\pi1}} \cdot \{ R_{A.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] i_A^2 + \\ & + R_{B.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] i_B^2 + R_{C.20} [1 + \alpha_t (\tau_{\pi1} - \tau_{ai})] i_C^2 \}, \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{\theta n2}}{dt} = & -(\Lambda_{12} + \Lambda_{\pi a})\tau_{n2} + \Lambda_{12}\tau_{z1} + \Lambda_{\pi2}\tau_{oi} + R_{a.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] i_a^2 + \\ & + R_{b.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] i_b^2 + R_{c.20} [1 + \alpha_t (\tau_{n2} - \tau_{ai})] i_c^2; \end{aligned} \quad (31)$$

$$\frac{d\Psi_{\theta oi}}{dt} = -(\Lambda_{\alpha cm} + \Lambda_{\alpha ui} + \Lambda_{\lambda 1} + \Lambda_{\lambda 2})\tau_{oi} + \Lambda_{\lambda 1}\tau_{\lambda 1} + \Lambda_{\lambda 2}\tau_{\lambda 2} +$$

$$+(\Lambda_{\alpha cm} + \Lambda_{\alpha ui})\Theta_{cm}; \quad (32)$$

Subsystem of algebraic equations:

$$\Psi_{\theta z1} = C_{z1}\tau_{z1}; \quad (33)$$

$$\Psi_{\theta a1} = C_{a1}\tau_{a1}; \quad (34)$$

$$\Psi_{\theta cr} = (C_{cr} + C_{nш})\tau_{cr}; \quad (35)$$

$$\Psi_{\theta n1} = C_{zn}\tau_{n1}; \quad (36)$$

$$\Psi_{\theta \lambda 1} = C_{\lambda 1}\tau_{\lambda 1}; \quad (37)$$

$$\Psi_{\theta n1} = (C_{n1} + C_{\lambda 2})\tau_{n2}; \quad (38)$$

$$\Psi_{\theta oi} = C_{oi}\tau_{oi}; \quad (39)$$

Herein $\lambda_{za}, \lambda_{пз}, \lambda_{12\lambda 1}, \lambda_{\Delta 1}, \lambda_{CT}, \lambda_{ш}, \lambda_{\alpha CT}, \lambda_{\alpha ш}, \lambda_{\lambda 1}, \lambda_{\lambda \lambda 1}$ – heat conductivity; $C_{z1}, C_{a1}, C_{CT}, C_{пш}, C_{п1}, C_{\lambda 1}, C_{п2}, C_{z1}, C_{\lambda 2}, C_{oi}$ – total specific heats.

Problem-oriented numerical methods [7,9] applicable directly to these equations are required for solutions of the built system of equations of the dynamics of induction motor taking into account the thermal processes (26) - (39).

Resume:

1. The dynamic model of asynchronous machines with regard to thermal transition processes has been worked out. The structure of the model – is a mixed system of fluxional and algebraic equations.
2. The necessity of creation of special numerical method for solution of the built mixed system of fluxional and algebraic equations has been shown.

References

1. Kovalev, V.Z. Process control simulation of electrotechnical complexes and systems // Control systems and information technologies. Publishing House Science Book, limited. Voronezh. 2009. № 1.2 (35). p.p. 259-263. [in Russian].
2. Kovalev V.Z., Scherbakov A.G. Informational System for Identification of Parameters of Mathematical Model of Electrotechnical Complexes // Control systems and information technologies. Publishing House Science Book, limited. Voronezh. 2009. № 1 (35). p.p. 57-59. [in Russian].
3. Kovalev V.Z., Malgin G.V., Arkhipova O.V. Mathematical modeling of electrotechnical oil production complexes, for energy-saving aims: monograph // Department of Education and Science KHMAO-Yugra, Yugra State University. Khanty-Mansiysk. 2008.p. 222. [in Russian].
4. Kovalev V.Z., Scherbakov A.G., Kovalev A. Yu. Identification of parameters and characteristics of Electrotechnical devices Mathematical Models: monograph // Fed. Educational agency. Omsk State Technical Univ. Omsk. 2005. p.121 [in Russian].
5. Kovalev V.Z. Modeling of electrotechnical complexes and systems, as summation of interacting subsystems with different physical nature// Doctoral dissertation. Omsk. 2000. p.261 [in Russian].

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.160

Бейсембаев К.М.¹, Жолдыбаева Г.С.², Жунусбекова Г.Ж.³,
Мендикенов К.К.², Окимбаева А.Е.³, Шманов М.Н.²¹Доктор технических наук, ²кандидат технических наук, доцент;³магистр, Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан**МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАШИН И ПОРОД В НЕДРАХ****Аннотация**

Проведён анализ ошибок и алгоритмов создания программ для сложных систем взаимодействия боковых пород, пласта, крепей, выработок, обрушений. Разработана классификация ошибок и способов повышения точности расчётов, рассмотрены алгоритмы программирования, которые сокращают объёмы программ и скорости их работы, использующие аналогии с работой физических устройств при преобразованиях массивов (матриц) данных с изменением их ранга.

Ключевые слова: алгоритм, ошибки, крепь, горный массив, программа.

Beysembayev K.M.¹, Zholdybayeva G.S.², Zhunusbekova G. Zh.³,
Mendikenov K.K.², Shmanov M.N.², K.K. Okimbayeva A.E.³.¹PhD in Engineering, ²PhD in Engineering, associate professor;³master of engineering, Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan**MODELS OF INTERACTION OF CARS AND BREEDS IN THE SUBSOIL****Abstract**

The analysis of mistakes and algorithms of creation of programs for difficult systems of interaction of side breeds, layer, fastening, developments, collapses is carried out. Classification of mistakes and ways of increase of accuracy of calculations is developed, algorithms of programming which reduce the volumes of programs and the speed of their work using analogies to operation of physical devices when transforming massifs (matrixes) of data with change of their rank are considered.

Keywords: algorithm, mistakes, fastening, massif, program.

Проблемы моделирования и программные ошибки. Моделирование взаимодействия горных машин и рабочей среды требует особой точности расчётов. Модели таких систем ёмки, имеют зоны для исследований, размеры которых отличаются в сотни раз и представляют собой комплекс взаимодействующих программных объектов для описания сдвижений пород, выработки, секций крепи, разрывов между участками забоя у нарушений. Точность расчетов определяется факторами, основная часть которых приведена на рис. 1. Краевые ошибки обычно связаны со значениями данных используемых на границах рассматриваемых процессов. Незаметные в других областях, там они резко усиливают своё влияние, взаимодействуя с областями перехода. Используемые пакеты моделирования основаны на методе конечных элементов (МКЭ - Ansys), а также на линеаризации уравнений динамики - Adams. Они применяются в основных отраслях промышленности, однако не все аспекты их кодирования известны, также как подробности алгоритмов рассчитываемых процессов, например, построения траекторий трещин. Поэтому исследования для получения "тонких" факторов проводятся на основе своих разработок, а профессиональные пакеты используются в объемах, допустимые границы которых установлены по результатам исследований применимости.

Особенности управления и моделирования нестационарными системами. Задачи геомеханики характерны не стационарностью результатов - поэтому в этих системах определение напряженно-деформированного состояния (НДС) на основе теоретической модели в принципе не возможно, а возможно в режиме обратной связи с использованием нескольких расчётных моделей, действующих на некоторых интервалах движения крепей. Идеология этого подхода была приведена в патенте авторов № 1833471, СССР от 07.08.93 и в [1]. Она основана на бифуркационном (многозначном) характере поведения недр, что подтвердилось и для донных пород месторождений нефти и газа [2]. Реализованные модели после накопления повреждений давали картину внезапного роста напряжений. Это можно было объяснить падением точности расчётов в рассматриваемых зонах и проявлением факторов связанных, например, с накоплением критического уровня повреждений в отдельных узлах, когда система или узел внезапно изменяет форму деформации и, соответственно, НДС. Как оказалось, в сложных системах эти факторы проявляются совместно и требуют резкого повышения точности вычислений. В [1] приведено статическое решение задачи и чем больше моделируемых связей между объектами системы, тем локальней изменение формы при разрушении одной из них. Энергия деформации также изменяется не намного, но по мере достижения критического уровня освобождений от связей, создаются возможности глобального изменения формы и энергии системы. В этом случае, всё действия, претерпевающей изменение значительной части системы, приходится на ограниченную зону, что вызывает в ней резкий рост напряжений. Таким образом, и статический подход к расчёту напряжений "подводит" к моменту, когда в теле готовы начаться динамические процессы.

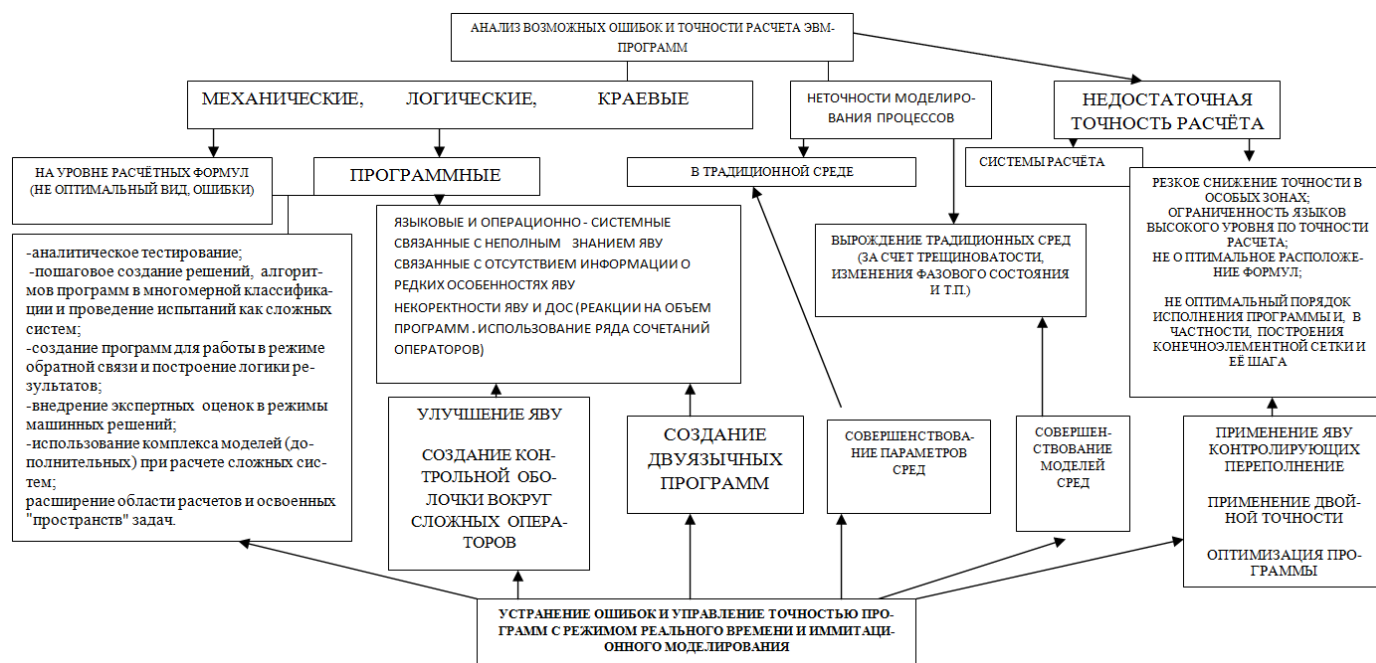


Рис. 1 – Основные ошибки в программах и моделях

В горном массиве построение траектории трещины имеет особенности, т.к. в нём выражены три вида формоизменения: трещины вдоль и поперек напластования, а также скачкообразное сжатие участков пласта. Для определения конкретного вида разрушения на текущий момент следует установить приоритетный. Т.е. вычислить формоизменение, наиболее близкое к осуществлению (на которое в текущих условиях будет затрачена минимальная энергия). Программная реализация приоритетного механизма предусматривает существенное упрощение задачи за счёт рассмотрения достаточно коротких участков трещин отслоения, длина которых заранее ограничена (шаг закрепления или размер конечного элемента) и не превышает длину трещины, которая могла быть в реальности. Реализация приоритета формоизменения заключается в установке в расчетной схеме обновленных граничных условий связанных с потерей текущей связи. Далее вновь продолжается решение и в механизме сравнения энергетических возможностей формоизменений достигается очередной приоритет, который может продолжить текущий процесс или начать новый. Программа создана так, чтобы к ней для проверки можно было привязать разные гипотезы разрушения, но количественные результаты должны координироваться режимом обратной связи с массивом. В каждый текущий момент существуют зоны, где расчеты по принятым положениям о разрушении показывают превышение их оценочных критериев на формоизменение. Приоритет допустимо оценивать уровнем превышения действующего критерия над предельным и чем он выше, тем выше приоритет. В первых расчётных экспериментах длина отслоения участков устанавливалась исходя из шага закрепления слоёв породы, а при поперечном - учитывалось разрушение по всему сечению слоя. Осадки пласта рассматривались для участка пласта кратного захвату комбайна (наблюдать которые можно и визуальнo с выработок оконтуривающих лаву). При применении метода конечных элементов (МКЭ), как и для отслоений, разрушение поперек напластования, можно моделировать короткими участками, рассматривая медленно распространяющуюся поперечную трещину, с чередованием с другими формами разрушения. Это позволяет изучить различные состояния массива расчетом и получить их определяющие признаки при натурном разрушении. Само понятие моделирования уже обеспечивает неопределённость получаемого знания и можно говорить о степени точности соответствия природы и модели (которую можно установить экспериментально при наличии большого практического опыта).

$$T = T_{н-м} * T_0 \quad (1)$$

здесь $T_{н-м}$ соответствие природы и модели, причём его значение всегда меньше 1 и выражает факт, что знание относительно.

T_0 - обычно используемая точность расчёта, определяемая хорошо известными компонентами.

Составление программы для обработки программного массива (матрицы или определителя) сводится к устранению повреждений и перезаписи строк и столбцов, что обычно приводит к уменьшению его ранга. Программирование таких задач можно свести к упорядоченному применению операторов цикла с обеспечением заданных условий для анализа строк и столбцов и перезаписи обновлённой матрицы. Алгоритмирование такой работы позволяет уменьшить количество ветвлений, снизить коэффициент сложности программы [3, 4].

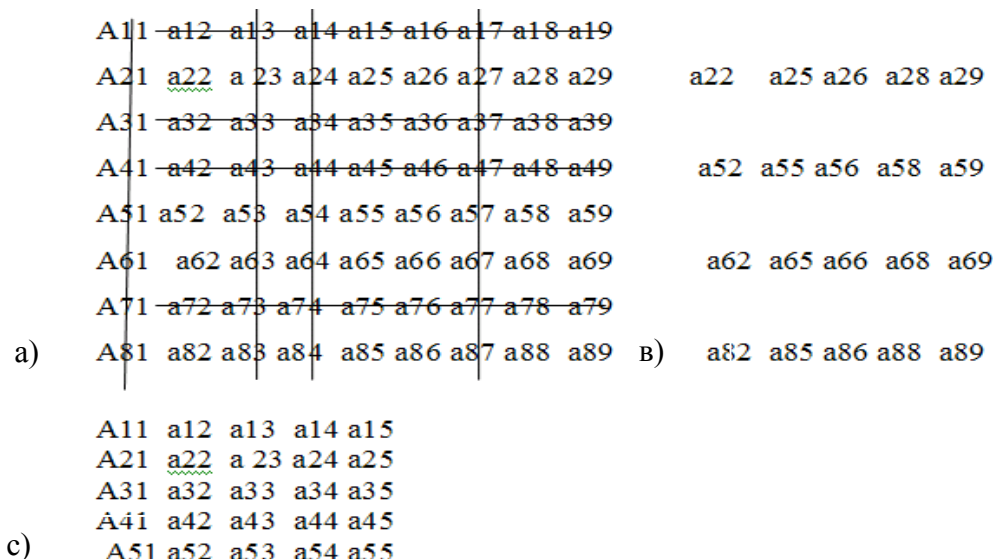


Рис. 2 – Схема обработки многомерных массивов и снижения их размерности: а - устранение дефектных элементов; в - результат; с - ; после переименования

Ранее был предложен метод аналогий, когда для преобразования первоначального массива в массив меньшей размерности была использована аналогия с работой неких воображаемых физических устройств

Рассмотрим, двухмерный массив, используемый в простых решениях, (сформированный не в ячейках памяти, а программно) представляющий собой коэффициенты систем линейных уравнений при моделировании процесса отслоения одного участка слоя пород от другого, когда связи оказавшиеся в зоне разрушения должны временно удаляться, рис. 2а. Обычно устранение связи адекватно её потере между участками контакта, при этом устраняется, например, одна неизвестная величина или степень свободы, что равнозначно уменьшению размерности матрицы. В указанных условиях в соответствии со структурой программ и физическим смыслом уравнений вычеркиваются коэффициенты, пересекаемые горизонтальной и вертикальной прямыми (строки и столбцы), через исключаемый элемент. Новый определитель, уменьшив свой ранг, будет иметь коэффициенты с неравномерными индексами, (рис. 2 в). Это создаёт проблемы при обработке данных, когда необходимо чтение последовательно изменяющихся индексов. Поэтому встает задача переименования её элементов, но с таким условием, чтобы после завершения решения, коэффициентам были присвоены их прежние номера (рис. 2 с), имеются и другие случаи для таких алгоритмов. Например, следует обработать массив "А", рис. 3, в котором имеются нарушения (схема "В"), условно отмеченные символами "0". Неоптимальность алгоритма сказывается не только на длительности, но и на точности решения. Эти параметры особенно важны в случае, если речь идёт о решении системы из нескольких тысяч уравнений. Эффективный алгоритм строится на основе физического представления преобразования массива. В этом случае удастся создать логически понятную программу, имитирующую действие некоторого физического устройства.

Рассмотрим переформатирование двухмерного массива для учёта трёх видов формоизменения у лавы. В нем, в частности, имитируется вычёркивание строк и столбцов. Не смотря на простоту, метод осуществляется визуальным программированием, существенно упрощая логику алгоритмов, даже в тех случаях когда программа удлинялась, поскольку в ней рассматривались элементы, правильность которых легко контролировать, а этапы визуализировать на экране, в частности, при использовании электронных таблиц с языком VBA. Вначале подпрограмма устраняет горизонтальные строки, затем - вертикальные "D" и, наконец, уплотнение по горизонтали и вертикали "C". А теперь представим два одинаковых параллельно расположенных массива в виде стеллажей, рис. 4, и алгоритм имитирующий работу пылесоса с логикой составления на основе 3d представлений. В ячейках левого стеллажа по горизонтальным рядам с номерами j и вертикальным столбцами с номерами i хранятся искомые коэффициенты. Информация о удаляемых коэффициентах находится в массиве V(). Например, $V(4) = 4$ означает: в четвёртой строке в столбце 4 содержится удаляемый коэффициент. Для метода Гаусса, исходя из особенностей коэффициентов линейных уравнений описывающих состояние горного массива, следует вычёркнуть содержание данной ячейки и ячеек, расположенных по горизонтальной и вертикальной линиям, проведённым из этого элемента.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1																						
2																						
3	A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	B	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4		21	22	22	24	25	26	27	28	29	30		21	22	0	24	25	26	27	28	29	30
5		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
6		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		41	42	43	44	0	46	47	48	49	50
7		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
8		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
9		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
10		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
11		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100		91	92	93	94	95	96	0	98	99	100
12		101	102	103	104	105	106	107	108	109	110		101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
13																						
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
15																						
16																						
17	C	11	12	14	16	18	19	20				D	11	12		14		16		18	19	20
18		31	32	34	36	38	39	40														
19		51	52	54	56	58	59	60					31	32		34		36		38	39	40
20		61	62	64	66	68	69	70														
21		71	72	74	76	78	79	80					51	52		54		56		58	59	60
22		81	82	84	86	88	89	90					61	62		64		66		68	69	70
23		101	102	104	106	108	109	110					71	72		74		76		78	79	80
24													81	82		84		86		88	89	90
25																						
26															101	102		104		106		108

Рис. 3 – Обработка по правилу вычеркивания строк и столбцов: А - начальный массив; В – содержащий нарушения (символы 0); С - уплотненный массив; В - разряженный массив

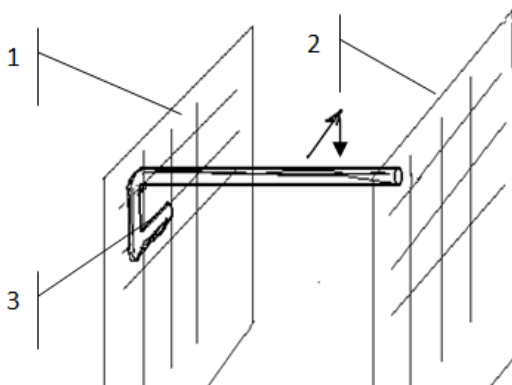


Рис. 4 – Схема форматирования программного массива по аналогии работы виртуальных физических устройств (метод «пылесоса»): 1 - массив высокой размерности; 2- преобразованный массив; 3- изменяемая часть «шланга»

Правый стеллаж пуст. В начале, ячейки a11 этих стеллажей соединены между собой отрезком "шланга", назначение которого - перекачка содержания из левого в правый. Перед перекачкой проверяется содержание массива V на предмет выявления удаляемых ячеек (можно обойтись и без массива V, непосредственно используя массив "В"), а, значит, и всех остальных лежащих на горизонтальной и вертикальной линиях от неё. В данном случае удаляемая ячейка имеется, и соответственно строка и столбец вычеркнуты, а значит «перекачивать» в ячейку a11 правого стеллажа нечего. Правый стеллаж будет хранить «уплотненный» определитель коэффициентов, поэтому правый конец шланга остаётся на месте, левый же необходимо сместить на шаг вниз на вторую строку. Поскольку она тоже удалена, то производим удлинение шланга еще на ряд вправо. Тогда оказываются совмещенными ячейка a22 левого и a11 правого стеллажа, куда и перекачивается содержание a22. Далее шланг перемещается параллельно сам себе так, чтобы правый его конец оказался напротив a23, однако эта ячейка, как следует из анализа состояния массива V(), тоже удалена, поэтому «удлиняем» шланг на 1, достигнув ячейки a24, но и она также является «вычеркнутой». Приходится еще раз удлинить на 1 левый конец шланга. В результате чего в правый стеллаж a12 будет перекачено значение ячейки a25 левого определителя. Далее шланг вновь перемещается параллельно самому себе и т.д., пока не будет скачано последнее значение левого определителя. Точно также может быть преобразован и любой другой определитель и более высокого порядка. Методология строго регламентирует наши действия при программировании не допуская излишние шаги. Описание такого алгоритма осуществляется с использованием операторов цикла, присвоения и анализа (For, «=», if). Приведенный далее код позволяет рассмотреть применение алгоритма типа "Пылесос". Для упрощения представлений, использована уже разряженная матрица "D", из которой скачивание не нулевых данных производится в массив "С". Т.е. , по сравнению с рис.4, наоборот справа налево. Управление концами шланга приведено в строке 1, слева для правого, справа для левого конца. Так как правый при

встрече пустот двигался, а левый стоял, то движение вниз правого не совпадало с изменением переменной внешнего цикла i обеспечившей просмотр массива D , а движение вправо с переменной внутреннего цикла j . Поэтому движение вниз моделируем выражением $(i - n)$, где n количество обнаруженных до этого момента пустых строк, определяемых счётом переменной m , т.е. движение правого конца должно отличаться на количество насчитанных до текущего момента пустых строк, переменная же b которая после каждого скачивания увеличивается на 1 определяет движение шланга вправо.

```

a = 17: c=13: d= 26: e =22: b = 2: n=0
For i = a To d
For j = c To e
If Cells (i, j).Value <> 0 Then GoTo 1 'если в ячейке есть данные
m = m + 1 'считаем нули в строке
4 Next j
If m = (e-c+1) Then n = n + 1 'считаем строки с нулями
1 Cells (i - n, b).Value = Cells (i, j).Value: b = b + 1: GoTo 4
3 m = 0: b = 2: Next i : GoTo 5
GoTo 4
5 End Sub

```

По сравнению с обычным алгоритмом сжимающим горизонтальные и вертикальные строки, данный имеет в 2 раза меньший по объёму код, а количество ветвлений в нём меньше в 3 раза, что по [2,3] является основным критерием сложности программы. При этом для простого понимания кода метод "Пылесос", в отличие от рис. 2, применён только ко второй части программы. Системный подход к программированию позволяет уменьшить количество ошибок. Поэтому классификация на рисунке 1, составляется для конкретной программы и следует строгим правилам (алгоритмам). Это проще выполнить на основе баз данных.

Заключение. Разработанный комплекс мероприятий для расчета горного массива при составлении сложных программ геомеханики позволит предельно уменьшить допускаемые ошибки, сократить время их составления, а значит, и повысить надёжность прогнозирования. Это касается программ разрабатываемых на традиционных языках и языках проблемно-ориентированных пакетов.

Литература

1. Бейсембаев К.М., Векслер Ю. А., Жетесов С. С., Каппасов Н., Мендикенов К.К. Исследование состояния горного массива при подвигании лавы. //Известия высших учебных заведений Горный журнал - 2013. № 3. - с. 69-76.
2. Мельников Н. Н., Калашник А. И., Калашник Н. А. Техногенные геодинамические процессы при освоении нефтегазовых месторождений шельфа Баренцева моря //Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, №4. С. 601-608.
3. Годердзишвили Г.М., Ковалев В.В., Романюк В.А. Метод статистического контроля правильности программ // Программирование Москва 1988 № 2 - с.54-61.
4. Е.П. Велихов, Р.З. Сагдеев, А.А. Кокошина Космическое оружие: дилемма безопасности //Москва "Мир", 1986 г. - 182 с.

References

1. Bejsembaev K.M., Veksler Ju. A., Zhetesov S. S., Kappasov N., Mendikenov K.K. Issledovanie sostojanija gornogo massiva pri podviganii lavy. //Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij Gornyj zhurnal - 2013. № 3. - s. 69-76
2. Mel'nikov N. N., Kalashnik A. I., Kalashnik N. A. Tehnogennye geodinamicheskie processy pri osvoenii neftegazovyh mestorozhdenij shel'fa Barenceva morja //Vestnik MGTU. 2009. T. 12, №4. S. 601-608.
3. Goderdzishvili G.M., Kovalev V.V., Romanjuk V.A. Metod statisticheskogo kontrolja pravil'nosti programm // Programmirovanie Moskva 1988 № 2 - с.54-61.
4. Velihov E.P, Sagdeev R.Z., Kokoshina A.A. Kosmicheskoe oruzhie: dilemma bezopasnosti //Moskva "Mir", 1986 g. - 182 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.189

Белокурова Е.В.¹, Солохин С.А.²

¹Кандидат технических наук, доцент, ²магистрант,

Воронежский государственный университет инженерных технологий

ПРОБИОТИЧЕСКИЕ СЫВОРОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация

В статье рассмотрена возможность применения пробиотических сывороток в технологии булочных изделий. Опытное изделие разработано на основе классической технологии, с учетом свойств вносимых добавок и с целью корректировки технологических параметров. В результате исследований разработана технология булочных изделий с внесением пробиотической сыворотки «Эвиталия».

Ключевые слова: булочные изделия, пробиотическая сыворотка, физико-химические и органолептические показатели.

Belokurova E.V.¹, Solokhin S.A.²

¹PhD in Engineering, associate professor, ²master, Voronezh State University of Engineering Technology

PROBIOTIC WHEY IN TECHNOLOGY OF BAKERY PRODUCTS

Abstract

The article considers the possibility of using probiotic whey in technology of pastries. Pilot product is designed on the basis of traditional technology, taking into account the properties of the introduced additives and technological parameters to correct. As a result of researches the technology of bakery products with the introduction of probiotic whey "Evitaliya".

Keywords: bakery products, probiotic whey, physico-chemical and organoleptic parameters.

В настоящее время перспективным объектом для формирования ассортимента продуктов с функциональными свойствами является группа булочных изделий, так как они являются ежедневным компонентом пищевого рациона. Одним из путей повышения качества и расширения ассортимента хлебобулочных изделий является использование в их технологии обогащающих добавок.

Все больший интерес вызывают булочные изделия не только с приятным вкусом, но и имеющие функциональную направленность, например, с пониженным содержанием жира и сахара, с внесением нетрадиционного растительного и животного сырья, пониженным содержанием дрожжей. Введение в рацион продукции с дополнительной пищевой ценностью позволяет вносить свой вклад в профилактику некоторых распространенных заболеваний, связанных с дефицитом определенных микронутриентов.

Данная работа посвящена проблеме использования пробиотических сывороток в технологии изделий из теста. Пробиотическая сыворотка «Эвиталия» богата пробиотическими бактериями (*Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*), витаминами группы А, В, С и Е, холином, биотином и никотиновой кислотой, белками, которые благодаря незаменимым аминокислотам участвуют в процессе кроветворения и в синтезе белков печени. Есть в молочной сыворотке минеральные вещества. В частности, магний, кальций, фосфор, калий.

Целью данного исследования является разработка и научное обоснование технологии булочных изделий с пониженным содержанием дрожжей, обогащенных пробиотическими сыворотками, повышенной пищевой ценности и микробиологической безопасности.

В рамках данной цели решались следующие задачи:

- анализ химического состава и качества пробиотической сыворотки «Эвиталия»;
- анализ возможности и целесообразности применения пробиотической сыворотки «Эвиталия» в производстве булочных изделий;
- определение оптимального количества пробиотической сыворотки «Эвиталия» в рецептуре булочных изделий;

Для разработки рецептур изделий из теста использовали пробиотическую сыворотку «Эвиталия» в количестве 20, 40, 60, 80 % взамен части дрожжей в рецептуре.

Проведен анализ физико-химических показателей пшеничного теста, и выбраны лучшие образцы по сравнению с контролем: при внесении 20-40% пробиотической сыворотки «Эвиталия» наблюдалась интенсификация кислотонакопления (ПС=20% на 7%; ПС=40% на 9%), увеличение газодерживающей способности (ПС=20% на 14%; ПС=40% на 16%) и подъемной силы теста.

Применение пробиотической сыворотки «Эвиталия» значительно улучшило показатели качества булочных изделий. При внесении 20-40% пористость изделий увеличилась на 3,2% и 5,6% соответственно, а удельный объем на 3,6% и 5,6% по сравнению с контрольным образцом.

Различия в качестве мякиша булочных изделий, и содержании форм связи воды в нем в зависимости от доли внесенной пробиотической сыворотки «Эвиталия» и уменьшения количества дрожжей приводили к изменениям в микроструктуре мякиша.

Образцы мякиша булочных изделий с внесением 20% и 40% пробиотической сыворотки «Эвиталия» имели большее количество микро и макропор различного размера, тогда как остальные образцы мякиша имели достаточно крупные толстостенные поры, целостность перегородок между порами довольно хорошо сохранилась.

Поверхность стенок пор в образцах с внесением 20% и 40% пробиотической сыворотки «Эвиталия» более гладкая и ровная. В образцах 60% пробиотической сыворотки и контрольном наблюдается наличие разрывов по периметру пор и большого количества частиц. Выявились признаки деформации и деструкции микроперегородок, что может служить причиной образования крошковатости и снижать потребительские свойства продукта. В образцах с внесением 20% и 40% пробиотической сыворотки «Эвиталия» архитектура микроструктуры мякиша свидетельствует об оптимальных реологических свойствах. Содержание пробиотической сыворотки «Эвиталия» в

количестве 20% и 40% способствовало образованию более однородной структуры пор и сокращению количества разрывов по их периметру.

Предложенный способ производства булочных изделий позволяет интенсифицировать процесс брожения теста, получить продукт с высокими органолептическими и физико-химическими показателями качества за счет сниженного содержания дрожжей, повышенного содержания молочнокислых бактерий, микробиологической стойкости, а также придать готовым изделиям профилактическую направленность.

Литература

1. Белокурова Е.В., Дерканосова А.А. Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2 (56). С. 119-124.

2. Здобнов А.И., Цыганенко В.А.: Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания. М.: ИКТЦ «Лада», 2011, 211 с.

References

1. Belokurova E.V., Derkanosova A.A. Pishhevye suhie kompozitnye smesi v proizvodstve muchnykh kulinarnykh i hlebobulochnykh izdelij funktsional'nogo naznachenija. // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tehnologij. 2013. № 2 (56). S. 119-124.

2. Zdobnov A.I., Cyganenko V.A.: Sbornik receptur bljud i kulinarnykh izdelij: Dlja predpriyatij obshchestvennogo pitaniya. M.: IKTC «Lada», 2011, 211 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.139

Васильев Е.В.

Младший научный сотрудник, Тольяттинский государственный университет

ГАЗОНАСЫЩЕНИЕ СПЛАВОВ ХРОМА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация

В статье рассмотрена проблема газонасыщения сплавов хрома при высокотемпературной эксплуатации. Установлено, что азот является главным примесным элементом, повышенное содержание которого приводит к резкому охрупчиванию хрома. Предложены различные пути повышения низкотемпературной пластичности сплавов хрома и снижения скорости газонасыщения. Сделан вывод о необходимости применения специальных защитных покрытий, способных оказать значительный барьерный эффект против поглощения атмосферных газов.

Ключевые слова: жаростойкость; покрытие; сплав хрома; газонасыщение.

Vasilev E.V.

Junior Reseacher, Togliatti State University

GASING OF CHROMIUM ALLOYS DURING HIGH-TEMPERATURE USE

Abstract

The article considers problem of chromium alloys gasing during high-temperature use and some ways of solving this problem are proposed. It is found that nitrogen is the main impurity element, increased content of which leads to a drastic embrittlement of the chromium. Variety of ways for improving the low-temperature ductility of chromium alloys and reducing the rate of gas saturation are offered. The conclusion about the need of use the special protective coatings that can have a significant barrier effect against absorption of atmospheric gases is made.

Keywords: heat-resistance; coating; chromium alloy; gas adsorption.

Максимальные рабочие температуры традиционных жаропрочных никелевых сплавов для лопаток газотурбинных двигателей не превышают 1000-1100° С [1]. При дальнейшем повышении рабочих температур до 1100-1200°С наряду с никелевыми сплавами могли бы использоваться жаропрочные и жаростойкие сплавы на основе хрома [2,3], преимуществами которых являются: более низкая стоимость, малая плотность, высокая жаропрочность, радиационная стойкость. Длительное время применению хрома в качестве конструкционного материала препятствовала его высокая склонность к хрупкому разрушению. Проведенные различными группами исследования позволили во многом выявить основные механизмы хрупкости и разработать эффективные металлургические приемы и параметры легирования, позволяющие получать пластичные конструкционные сплавы хрома.

Практическое решение данной проблемы позволило перейти к использованию его высокой жаропрочности, что в сочетании с малой плотностью может повысить эффективность работы, например, газотурбинных двигателей.

Однако высокотемпературному использованию пластичных сплавов хрома в немалой степени препятствует их относительно невысокая жаростойкость, что приводит к интенсивному газонасыщению сплавов хрома и резкому повышению температуры перехода в хрупкое состояние.

Согласно ряду исследований низкотемпературная пластичность хрома в главной мере определяется содержанием в нем азота [4], причем массовое его количество, составляющее более 3·10⁻³%, приводит к резкому охрупчиванию нелегированного хрома и повышению температуры хрупкого перехода на сотни градусов. В связи с этим проблемы обеспечения жаростойкости сплавов хрома прежде всего связаны с исключением повышения в них предельной концентрации азота, как на стадии изготовления, так и при эксплуатации. Учитывая, что растворимость азота в хrome возрастает с ростом температуры и давления азота:

$$\lg C = \frac{1}{2} \lg P(N_2) + 0,1 - 1410/T, \quad (1)$$

где P(N₂) – давление азота, T – температура;

а также, что зависимости упругости диссоциации нитридов хрома имеют вид:

$$\lg P(N_2) = -11680/T + 5,79 \text{ для Cr} - \text{Cr}_2\text{N}, \quad (2)$$

$$\lg P(N_2) = -10620/T + 8,03 \text{ для Cr} - \text{CrN}. \quad (3)$$

можно сделать вывод о возможности удаления азота из хрома при температурах 1000-1200°C в вакууме не ниже $10^{-5} \dots 10^{-6}$ торр. Естественно, что выдержка хрома в практически любой реальной эксплуатационной среде приводит к глубокому газонасыщению и, как следствие, к понижению эксплуатационных свойств. Последние выражения также указывают на необходимость проведения всех технологических операций переработки хрома в контролируемых средах (вакуум, аргон и др.) с парциальным давлением азота по крайней мере не превышающим для данной температуры своего критического значения, определяющего начало газонасыщения. Учитывая значение коэффициента диффузии азота в хrome при 1100-1300°C:

$$D = 1,3 \cdot 10^{-3} e^{\frac{-25600}{T}} \quad (4)$$

определяем, что уже при времени $\tau=600$ с, $T=1200^\circ\text{C}$, глубина газонасыщенного слоя составит не менее 8000 мкм. Химическая полировка поверхности хрома на глубину порядка 100 мкм, позволяющая удалить дефектный слой, приводит к понижению температуры хрупкого перехода на 300-500°C. Столь существенное влияние газонасыщения на основные свойства хрома практически исключает возможность его высокотемпературной эксплуатации даже при кратковременных режимах работы.

Рассмотрим теперь параметры физико-химического высокотемпературного взаимодействия хрома с кислородом. Зависимость предела растворимости кислорода в хrome от температуры имеет вид (для 1110-1500°C):

$$\lg C_{\max} = 3,09 - 7900/T, \quad (5)$$

Учитывая значения изменения стандартного изобарно-изотермического потенциала определяются по реакциям (1):



имеем, что переход кислорода из пленки Cr_2O_3 при высоких температурах (более 1000°C) невозможен. Однако, по другим данным отмечается возможность образования газообразного CrO_3 из Cr_2O_3 при температурах выше 1000°C. Механизм взаимодействия кислорода и хрома существенно отличается от таковой реакции последнего с азотом, что связано со значительно большей термодинамической устойчивостью оксида Cr_2O_3 по сравнению с CrN и Cr_2N . В связи с этим, согласно [6] высокотемпературное окисление хрома происходит путем одновременной миграции катионов и анионов через Cr_2O_3 с образованием оксида внутри оксидного слоя. Последнее существенно замедляет глубину проникновения кислорода в хром за счет фазовых реакций, однако возникающие при этом в оксидной пленке сжимающие напряжения, приводят к ее разрушению, отслаиванию и увеличению глубины оксидного слоя. Оксидная пленка не препятствует диффузии азота через нее, что приводит к образованию при отжигах на воздухе под слоем оксида хрома его нитридов и глубокому газонасыщению.

Таким образом, вышеизложенные термодинамические данные указывают на невозможность предотвращения газонасыщения хрома кислородом и азотом без предварительной обработки его поверхности и специального легирования.

Разработанные малолегированные сплавы хрома, а также различные способы их рафинирования на металлургических переделах позволили значительно повысить пластичность материала за счет снижения его чувствительности к элементам внедрения. Однако, легирование не позволяет исключить интенсивного газонасыщения в реальных эксплуатационных средах.

Рассмотрим теперь различные варианты поверхностной обработки сплавов хрома, позволяющие затормозить процессы газонасыщения. Практика химико-термической обработки поверхности показывает возможность применения двух принципиально различных методов: поверхностное легирование с созданием диффузионного слоя заданного фазового и химического состава, и осаждение на поверхности специального защитного покрытия. Из первой группы методов наиболее приемлемым вариантом может явиться рациональное диффузионное легирование хрома кислородом с целью создания высокоплотной пленки его оксида, если при этом будут соблюдены условия физико-химической и термомеханической совместимости оксида и основы, а также будет обеспечена высокая структурная стабильность оксида. Выше отмечалось, что высокоплотная керамика Cr_2O_3 может явиться эффективным барьером диффузии кислорода при температурах не выше $\sim 1000^\circ\text{C}$, поскольку при более высоких температурах может образовываться газообразный оксид CrO_3 . Оксидная пленка на нелегированном хrome не препятствует диффузии азота, однако, оксид Cr_2O_3 на малолегированных сплавах вероятно позволит понизить степень газонасыщения, в связи с чем варианты использования данного метода поверхностной обработки не исключаются.

В качестве конденсационных защитных покрытий могут использоваться, например, ионно-плазменные покрытия системы Me-Cr-Al-Y , широко распространенные в настоящее время. Они хорошо зарекомендовали себя для повышения жаростойкости никелевых суперсплавов и, вероятно, могут не менее эффективно использоваться и на сплавах хрома.

Таким образом, в работе можно сделать следующие выводы:

- Массовое количество азота, составляющее более $3 \cdot 10^{-3}\%$, приводит к резкому охрупчиванию нелегированного хрома и повышению температуры хрупкого перехода на сотни градусов.
- Технологические операции переработки хрома в контролируемых средах необходимо проводить с парциальным давлением азота по крайней мере не превышающим для данной температуры своего критического значения, определяющего начало газонасыщения.
- Оксидная пленка не препятствует диффузии азота через нее, что приводит к образованию при отжигах на воздухе под слоем оксида хрома его нитридов и глубокому газонасыщению.

- Легирование и рафинирование позволяет значительно повысить пластичность материала за счет снижения его чувствительности к элементам внедрения, что, однако, не позволяет исключить интенсивного газонасыщения в реальных эксплуатационных средах.

- Для предотвращения газонасыщения при высокотемпературной эксплуатации сплавов хрома необходимо нанесение специальных защитных покрытий, способных оказать значительный барьерный эффект на диффузионные потоки в системе подложка-покрытие-атмосфера.

Литература

1. Каблов Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей. – М.: МИСИС, 2001. 632 с.
2. Симс Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы. Нью-Йорк–Лондон–Сидней–Торонто, 1972. Пер. с англ. М., «Металлургия», 1976. 568 с., ил.
3. Гончаров В.С., Гончаров М.В., Васильев Е.В. Влияние технологических параметров нанесения иттрий содержащих покрытий на их структуру и свойства // Физика металлов и металловедение. 2014. Т. 115. № 2. С. 179-185.
4. Гончаров В.С., Васильев Е.В. Жаростойкие покрытия на основе иттрия // Вектор науки тольяттинского государственного университета. 2013. № 3 (25). С. 136-139.
5. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. –2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 384 с., ил.
6. Самсонов Г.В. Физико-химические свойства окислов. Справочник. М.: Metallurgija, 1978. 472 с.

References

1. Kablov E.N. Litye lopatki gazoturbinnnyh dvigatelej. – M.: MISIS, 2001. 632 s.
2. Sims Ch., Hagel' V. Zharoprochnye splavy. N'ju-Jork–London–Sidnej–Toronto, 1972. Per. s angl. M., «Metallurgija», 1976. 568 s., il.
3. Goncharov V.S., Goncharov M.V., Vasil'ev E.V. Vlijanie tehnologicheskikh parametrov nanesenija ittrij soderzhashhih pokrytij na ih strukturu i svojstva // Fizika metallov i metallovedenie. 2014. T. 115. № 2. S. 179-185.
4. Goncharov V.S., Vasil'ev E.V. Zharostojkie pokrytija na osnove ittrija // Vektor nauki tol'jattinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 3 (25). S. 136-139.
5. Materialovedenie: Uchebnik dlja vysshih tehniceskikh uchebnyh zavedenij. B. N. Arzamasov, I. I. Sidorin, G. F. Kosolapov i dr.; Pod obshh. red. B. N. Arzamasova. –2-e izd., ispr. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1986. 384 s., il.
6. Samsonov G.V. Fiziko-himicheskie svojstva okislov. Spravochnik. M.: Metallurgija, 1978. 472 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.2015.42.095

Бу Д.Х.¹, Слепцов В.В.²

¹Аспирант, ²доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования, лауреат премии Правительства РФ, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии» МАТИ – РГТУ имени К.Э. Циолковского

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Основными элементами конструкции СИИТ являются электродные материалы, которые имеют функцию накопления электрической энергии на высокоразвитой поверхности и за счет токоємных элементов передачу этой энергии на нагрузку. Поэтому первой задачей конструирования СИИТ является выбор конструкции и технологии изготовления электродных материалов. Вторым основополагающим элементом является электролит, обеспечивающий формирование двойного электрического слоя на высокоразвитой поверхности электродных материалов и перенос носителей электрического заряда внутри электролитической ячейки. В проекте предлагается использовать полимерный электролит, который в сравнении с водными электролитами имеет существенно более высокое рабочее напряжение. Кроме состава электролита и технологии его изготовления необходимо разработать технологию пропитки электролитом электродных материалов, которая обеспечит максимальное использование высокоразвитой поверхности электродных материалов. Третьим элементом СИИТ является корпус и электрические контакты, обеспечивающие его коммутацию с другими функциональными узлами радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), включая систему управления СИИТ, которая выполняет функцию мониторинга и оптимизации его функционирования.

Ключевые слова: материалы, конструкция СИИТ, электрод, электрическая энергия, суперконденсатор.

Vu D.H.¹, Sleptsov V.V.²

¹Postgraduate student, ²PhD in Engineering, professor, honored worker of higher education, laureate of the Russian Government award, Head of the Department of electronics, telecommunications and nanotechnology, МАТИ - Russian State Technological University named after K.E. Tsiolkovsky

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR ELECTRODE MATERIALS

Abstract

The basic elements of design SIIT are electrode materials that have the function of storing electric energy and high surface current collecting elements by transmitting this energy to the load. Therefore, the first task is to choose a design SIIT design and technology of electrode materials. Another fundamental element is the electrolyte, ensuring the formation of the electrical double layer on the surface of the highly electrode materials and the transfer of electric charge carriers within the electrolytic cell. It is proposed to use a polymer electrolyte, which in comparison with aqueous electrolyte has a significantly higher operating voltage. In addition to the electrolyte composition and its manufacturing technology to develop the technology necessary to impregnate the electrolyte electrode materials that will ensure maximum use of high surface area electrode materials. The third element is the SIIT housing and electrical contacts to ensure his switching to other functional units of electronic equipment (REA), including the management of SIIT, which performs the function of monitoring and optimization of its functioning.

Keywords: materials, design SIIT, electrode, electric energy, super capacitors.

Деятельность любого предприятия базируется на трех основных структурах:

- Обоснование конструкции электродных материалов.
- Разработка вакуумной рулонной технологии нанесения покрытий на сверхпористый материал на основе углерода.
- Разработка вакуумной технологии металлизации на бусофита .

1. Обоснование конструкции электродных материалов.

Емкость C , в соответствии с формулой ($C = \frac{Q}{\varphi}$; $Q = C \cdot \varphi$), зависит в первую очередь от величины

поверхности, которая может изменяться в сравнении с геометрической поверхностью в диапазоне от 10^3 до 10^5 раз. Наиболее высокоразвитой поверхностью обладают углеродные материалы, которые в силу своей химической природы могут создавать высокоразвитую собственную поверхность. Таким образом, максимальная вариация электрической емкости будет определяться конструкцией электродного материала. В проекте предлагается использовать углеродное бусофит Т-40, который серийно выпускается отечественной промышленностью и объединением «Химволокно», Беларусь.

Для снижения электрического сопротивления бусофита и создания конструкции электродного материала на его основе необходимо решить две задачи:

1 – нанести сплошной слой металла на поверхность бусофита, который будет являться токоємником и снизит внутреннее сопротивление ячейки (R_i) за счет снижения величины R_T (Рис. 1)

2 – нанести слой металла на каждую ниточку бусофита, который с одной стороны понизит его электрическое сопротивление (за счет снижения R_6 , рис.3.1), а с другой стороны увеличит, (в крайнем случае, не уменьшит) удельную поверхность.

На Рис.1. представлены фотосъемки исходного бусофита без покрытия. На Рис 2 представлены фотографии и электронные снимки с нанесенным слоем металла на поверхность бусофита. Слой металла выполняет функцию токоємника.

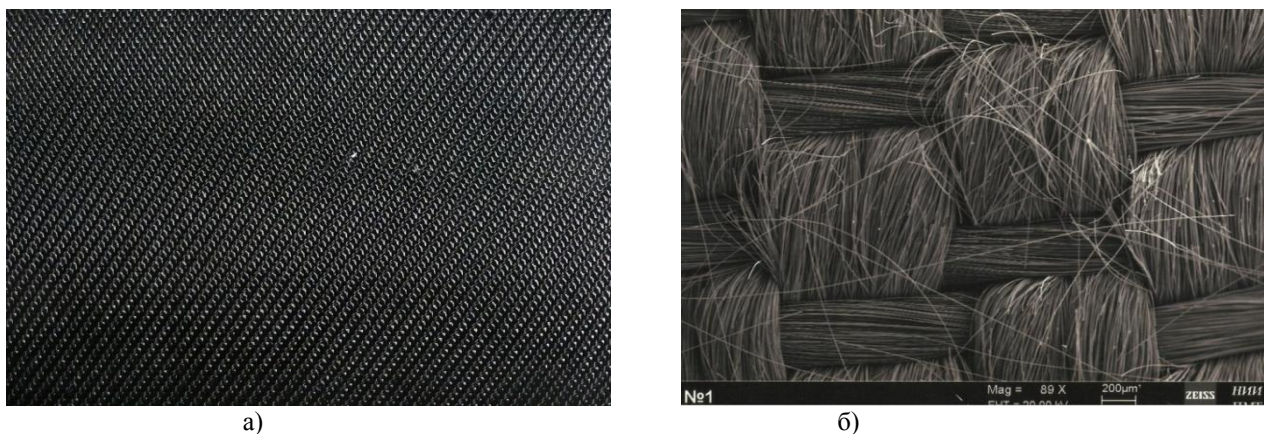


Рис. 1 – Фотография исходного бусофита без покрытия
а) обычное фото, б) снимок с электронного микроскопа

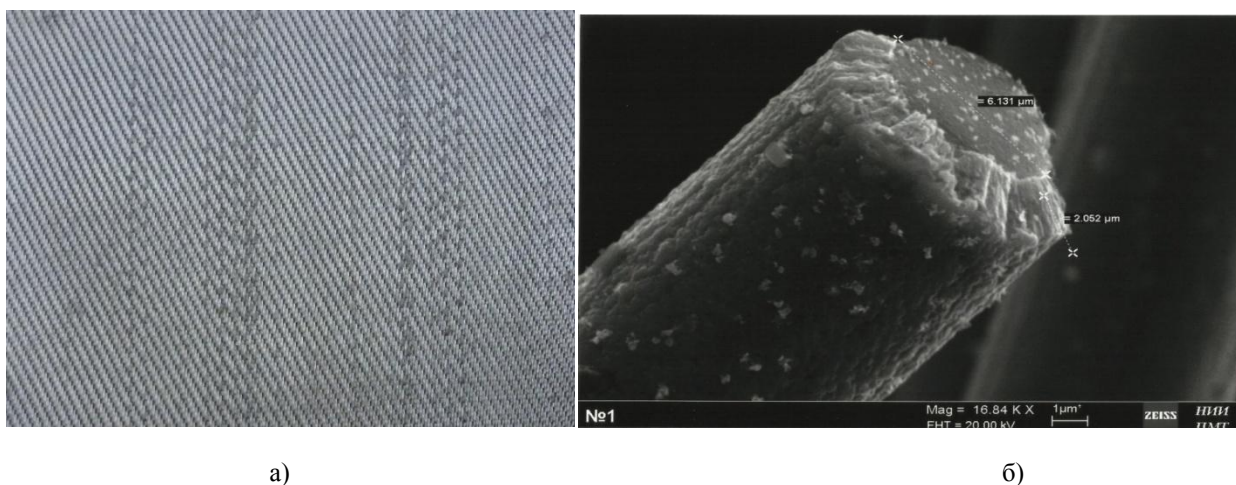


Рис. 2. – Фотография бусофита с нанесенным слоем металла:
а) обычное фото, б) снимок с электронного микроскопа.

На снимке рис. 2.б показана отдельно взятая нить бусофита с нанесенным слоем титана. На снимке указаны толщины нити и слоя металла. Нанесение слоя металла на бусофит приводит к снижению внутреннего сопротивления R_i (ESR) и увеличению емкости электролитической ячейки. Конкретные зависимости влияния нанесения слоя металла в виде токосъемников на бусофит будут приведены ниже. Вторая, существенно более сложная технологическая задача – нанесение слоя металла на каждую ниточку, которая решается за счет интеграции вакуумных технологий металлизации с электроимпульсными технологиями формирования нанокластеров в жидкой среде. Такое значение ёмкости могло быть получено при идеальном смачивании всей поверхности углеродного электрода, что в реальности труднодостижимо. Наши измерения, которые будут приведены ниже $C_{y0} \approx 60 \div 80 \Phi/2$. Расчетные и измеренные значения удельной емкости энергонакопительных элементов относятся к чистому бусофиту. Как было указано выше, основной недостаток электродов из углеродных материалов – высокое сопротивление – может быть частично компенсирован нанесением металлизации на угольные электроды. В настоящее время освоены технологии металлизации, такие как: напыление вакуумное; гальваническое осаждение; научно-химическое осаждение; газоразрядные реакции из металлоорганических соединений. По нашему мнению, в данных условиях рационально использование вакуумного осаждения пленок Ti в атмосфере N_2 . При этом на осаждаемой поверхности выращивается пленка, имеющая столбчатую структуру с сильно развитой поверхностью. На рисунке 3 представлены снимки, полученные с помощью электронно-лучевого микроскопа.

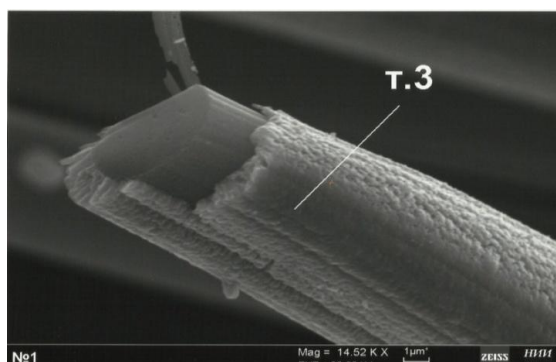


Рис. 3 – Полностью покрытая нить

Видна столбчатая структура пленки Ti. Толщина покрытия $1 \div 5$ мкм. Удельная емкость накопителей с напыленной пленкой Ti, TiN возрастала с $2 \Phi/\text{см}^2$ до $4 - 4,5 \Phi/\text{см}^2$. А внутреннее сопротивление R снижалось с 2 Ом до 0,2 Ом.

Площадь поверхности всех элементарных нитей (вес образца $P=1\text{г}$) с учетом поверхности пор (диаметр пор ≈ 5 нм).

$$S_{\text{нов}} = 1200 \frac{\text{м}^2}{\text{г}}$$

$$C_{\text{уд}} \approx 1200 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \Phi/\text{см}^2 \quad C_{\text{уд}} \approx 240 \Phi/\text{г}$$

Электроды-токоотводы

Требования к токоотводам – низкое сопротивление и химическая инертность. В качестве материалов токоотводов испытывались: Al-фольга, Al-фольга с напыленным слоем TiN, металлическая ткань из нержавеющей стали с ячейкой 20 мкм и диаметром нитей $d_n = 20$ мкм, напыленный титан с последующей обработкой.

Как будет показано ниже, токоотвод из напыленного титана с последующей обработкой оказался наиболее привлекательным по всему спектру параметров.

2. Разработка вакуумной рулонной технологии нанесения покрытий на сверхпористый материал на основе углерода

Постановка задачи

Нанесение металлических слоев на углеродный материал типа «Бусофит» решает несколько задач, которые определяют требования к технологии и оборудованию. Первая задача - формирование токосъемных элементов, имеющих минимальное сопротивление контакта металлический слой- бусофит (Rк). Вторая задача - снижение сопротивления на контакте между слоями бусофита, которые определяют емкость электролитической ячейки. В этом случае слой металла кроме низкого электрического сопротивления должен обладать высокой пористостью, что обеспечивает проникновение электролита между слоями бусофита и не уменьшает, а увеличивает общую пористость. В связи с тем, что пористые слои металла как правило формируются в условиях более низкого вакуума ($10^{-3} \div 8 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст.), вакуумная рулонная установка должна обеспечивать рабочие режимы нанесения слоев в более широком диапазоне рабочих давлений ($8 \cdot 10^{-2} \div 10^{-4}$ мм.рт.ст.). Кроме того, для обеспечения производительности промышленного оборудования и снижения цены, необходимо иметь источники формирования потока атомов металла, работающие в этом вакуумном диапазоне с высокой производительностью.

Поэтому для создания вакуумного рулонного оборудования необходимо провести следующие конструкторские и технологические работы:

1. Разработать вакуумную систему, обеспечивающую работу в диапазоне $8 \cdot 10^{-2} \div 10^{-4}$ мм.рт.ст.
2. Разработать источники формирования потока атомов металла, которые обеспечивают необходимую скорость охлаждения. Для данного случая были выбраны и апробированы магнетронные и дуговые источники, которые надежны и просты в эксплуатации и позволяют работать с широким диапазоном материалов.
3. Разработать систему перемотки рулонных материалов типа «бусофит».
4. Разработать систему контроля и управления вакуумным технологическим оборудованием.
5. Изготовить вакуумную установку и обеспечить ее работоспособность в соответствии с технологическими заданиями.
6. Разработать технологию нанесения слоев металла на бусофит.

Проведенные испытания показали, что наибольшую химическую стойкость к полимерному электролиту имеет титан, поэтому он был выбран в качестве материала для первичной металлизации

Назначение

➤ Комплект технологического оборудования модели УМРМ-1 предназначен для металлизации углеродной тканевой ленты Бусофит Т-40 для суперконденсаторов.

➤ Оборудование изготовлено для эксплуатации и УХЛ климате категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69 в помещениях с температурой воздуха $22 \pm 3^\circ\text{C}$ и влажностью $60 \pm 15\%$.

➤ Питание оборудования осуществляется от трехфазной четырехпроводной сети с нейтральным проводом напряжением 380/220В частоты 50Гц. Нормы качества электроэнергии по ГОСТ 13109- 87.

➤ Оборудование обеспечивает работу при подаче:

- охлаждающей умягченной воды при температуре не выше 18°C под давлением от 300 до 500 кПа, качество воды - 6 класс по ГОСТ 17216-71;

- сжатого воздуха под давлением от 400 до 600 кПа, качество воздуха - 1 класс по ГОСТ 17433-80.

➤ Оборудование должно быть подключено к сливу воды в обратную систему водоснабжения.

Основные технические данные и характеристики

- Габаритные размеры оборудования (без учета проходов и проездов), не более:
 - длина - 6350 мм;
 - ширина - 4550 мм;
 - высота - 3200 мм.
- Занимаемая площадь - 35 м^2 .
- Общий вес оборудования - не более 11000 кг.
- Технические характеристики оборудования УМРМ-1 при металлизации углеродной тканевой ленты Бусофит Т-40.
 - Скорость перемотки ленты в установившемся режиме металлизации титаном, от 0,5 до 2 м/мин.
 - Количество циклов изготовления одного рулона, не более двух.

- Производительность оборудования в режиме двухсменной работы при изготовлении рулонов шириной 300 мм и начальным диаметром 295 мм, не менее 18,0 м²/час.
- Рабочий вакуум при изготовлении фольги - $6,0 \times 10^{-3}$ мм.рт.ст.
- Потребляемая электрическая мощность 95 кВт (максимальная).
- Потребляемая электрическая мощность в установившемся режиме изготовления фольги WFC-315 - 65 кВт.
- Расход охлаждающей воды (при давлении не более 300 кПа) - не более 9 м³/час.
- Расход сжатого воздуха (при давлении не более 400 кПа) - не более 7 м³/час.

Состав оборудования

Оборудование состоит из составных частей и комплектов, перечисленных в таблице и на рис.4.

Таблица – Составные части оборудования

Позиция	Наименование составной части	Кол-во	Примечание
1	Модуль	1	
2	Система вакуумно-пневматическая	1	
3	Система охлаждения	1	
4	Шкаф управления	1	
5	Система газонатекания	1	
6	Пульт оператора	1	
7	Блоки питания магнетронов	3	

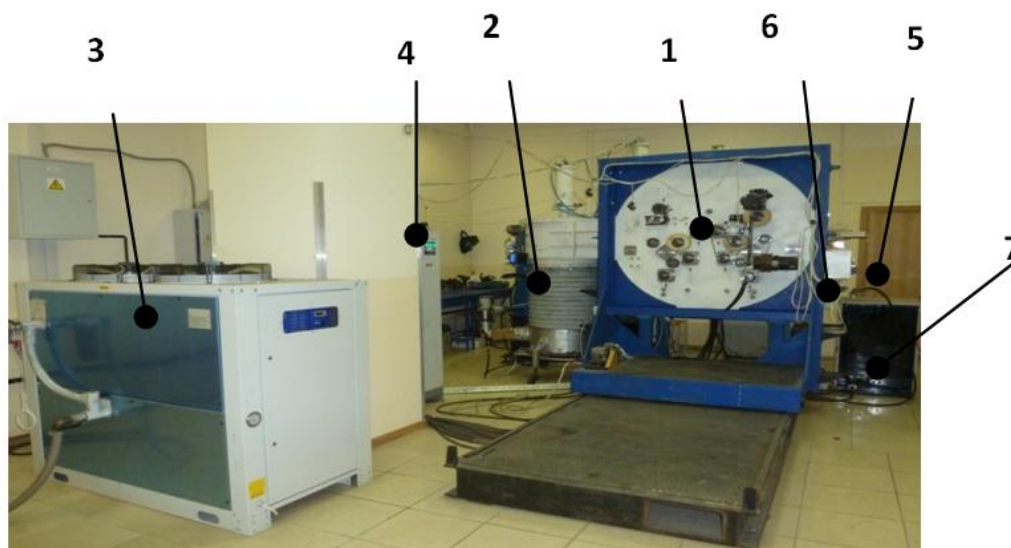


Рис. 4 –Комплект вакуумной установки УМРМ-1

Устройство и работа оборудования

В основе работы оборудования лежит способ вакуумного распыления титана с помощью магнетронных источников и конденсации его паров на углеродную тканевую ленты (Бусофит Т-40), перематываемую в вакуумной камере модуля над тремя зонами испарения.

Оборудование представляет собой модуль поз. 1, к которому подключены система вакуумно-пневматическая поз. 2, система охлаждения поз. 3, пульт оператора поз. 6, шкаф управления поз. 4 и система газонатекания поз. 5.

Работа на оборудовании осуществляется в следующей последовательности:

- а - предварительный запуск системы вакуумно-пневматической ;
- б - разгерметизация вакуумной камеры модуля, установка рулона углеродной тканевой ленты, подготовка систем оборудования к работе;
- в - откачка вакуумной камеры модуля, вывод модуля на рабочий режим, проведение технологического процесса;
- г - разгерметизация вакуумной камеры модуля, выгрузка изготовленного рулона углеродной тканевой ленты;
- д - повторение процесса в соответствии с пунктами "в" и "г".

Устройство и работа составных частей оборудования

Кинематическая схема состоит из устройства перемотки, устройства перемещения.

Устройство перемотки (рис. 3.5) состоит из механизма размотки 1, механизма намотки 2, барабанов приводных охлаждаемых 3 и 4, барабанов охлаждаемых 5, 6, 7, 8, 9 и 10, ролика прижимного 11, роликов натяжных 12, 13, 14 и 15 и направляющих роликов 16, 17, 18, 19, 20 и 21.

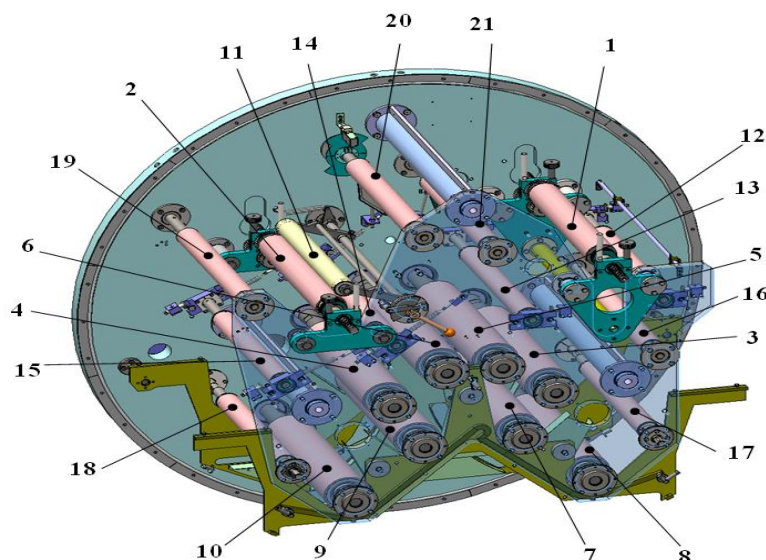


Рис. 5 – Устройство перемотки ленты

Все элементы устройства перемотки смонтированы на круглой плите, которая вертикально устанавливается на устройство перемещения, и на вспомогательной плите, которая скрепляется с круглой плитой.

3. Разработка вакуумной технологии металлизации на бусофита.

Технологический процесс нанесения наноразмерных функциональных тонких пленок. Нанесение тонких пленок осуществляется на вакуумных установках, оснащенных электрофизическими устройствами распыления мишеней. Используются два вида устройств: протяженные магнетронные источники и протяженные дуговые источники. Каждый вид источников обладает своей особенностью распыления мишени. Схематическая конструкция и принцип работы протяженного магнетрона представлены на рисунке 3.46

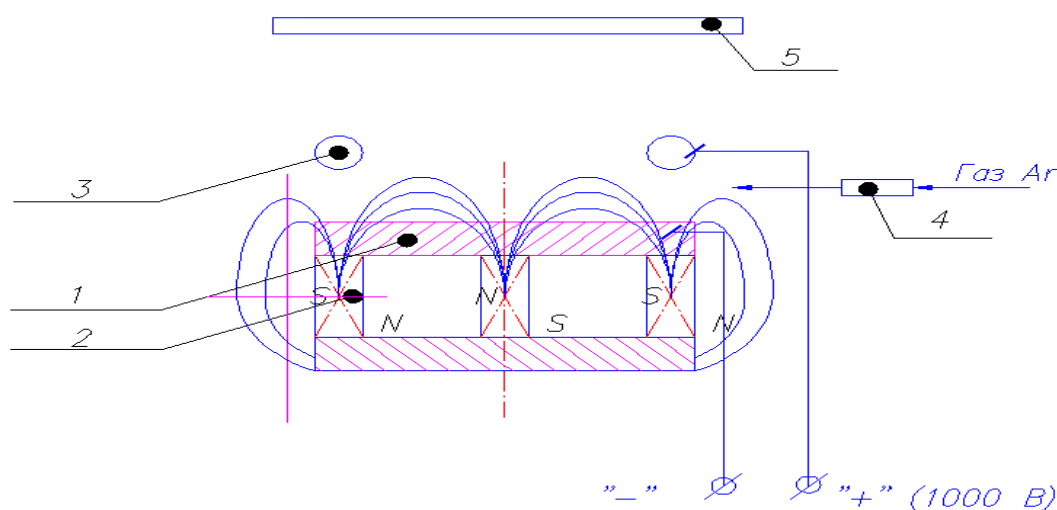


Рис. 6 – Схема поперечного сечения протяженного магнетрона: 1 катод – мишень; 2 – магнитная система; 3 – анод; 4 – напуск газа; 5 – подложка

Магнетронный источник на схеме представляет собой токопроводящую пластину -1 любого материала, которая является катодом – мишенью; магнитную систему – 2, создающую выпуклой формы область рассеянного поля между полюсами над верхней поверхностью мишени. Эти магнитные силовые линии по форме напоминают выпуклую оптическую линзу, поэтому для простоты рассуждений назовем эту область магнитных линий «магнитной линзой»; анод – 3 – полая металлическая трубка для охлаждения; катод и анод подсоединены к источнику постоянного тока высокого напряжения (до 1000 В); имеется подвод рабочего газа – 4; подложка – 5, на которую осаждаются распыляемый материал. Вся эта конструкция помещается в рабочий объем вакуумной камеры и откачивается до глубокого вакуума ($P_{\text{кам}} = 2 \times 10^{-5} \text{ Тор}$).

Принцип работы: В рабочей камере через натекатель устанавливают рабочее давление газа ($P_{\text{газа}} = 8 \times 10^{-4} \div 6 \times 10^{-3} \text{ Тор}$). Процесс нанесения покрытия осуществляется в среде рабочего газа. Рабочим газом может быть любой газ или пар. Затем включают высокое напряжение. Над мишенью в области скрещенного электрического и магнитного полей возбуждается плазма самопроизвольно. Физика этого явления заключается в следующем: стоит появиться свободному электрону в зоне ионизации, как лавинообразно возникает плазма над мишенью между анодом и катодом. Электроны в скрещенных полях, получив ускорение в сторону анода начинают вращаться поперек магнитного поля и перемещаться вдоль жгута плазмы по циклоиде, т.е. электрон начинает двигаться по спирали. Длина свободного

пробега значительно увеличивается, что приводит к увеличению числа столкновений с нейтральными частицами рабочего газа, ионизируя его. Вновь образовавшиеся электроны, «замагничиваются» и некоторое время удерживаются в зоне скрещенных полей, вступая в процесс ионизации газа.

Образовавшиеся ионы газа под действием электрического поля ускоряются в сторону катода, приобретая значительную кинетическую энергию. Траектория движения иона мало искажается магнитным полем из-за большой массы по сравнению с массой электрона, поэтому она почти линейна. Приобретая скорость, ион «бомбардирует» поверхность мишени, разрушает верхний слой кристаллической мишени и выбивает нейтральные частицы металла. Частицы металла разлетаются с поверхности по закону косинуса и образуют направленный поток атомарных частиц. Поток частиц, достигая подложки и других поверхностей, в камере осаждается в виде тонкой пленки. В пленке атомы металла стремятся принять свою естественную форму в виде кристаллической решетки, а не аморфного образования. Для получения на подложке пленок чистых металлов или их сплавов в качестве рабочего газа используются инертные газы, чаще всего – аргон. При этом отмечается, что стехиометрический состав сплавов металлов сохраняется, а вот структурный состав чаще всего отличается от исходного состава мишени. На новой титановой мишени магнетрона толщиной 12 мм были сняты важные для технологических процессов зависимости:

1. Зависимость скорости нанесения от тока разряда;
2. Зависимость скорости нанесения от давления аргона.

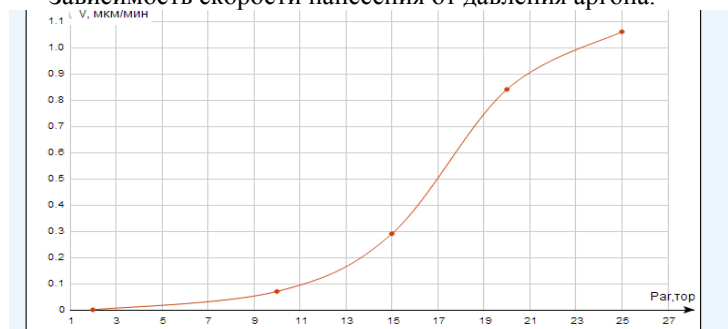


Рис. 7 – Зависимость скорости нанесения титана от тока разряда при постоянном давлении аргона $P_{\text{Ar}}=2 \times 10^{-3}$ тор

В начальный момент после включения источника питания и плавной подачи напряжения на катод до величины 300÷350 В скачкообразно над мишенью образуется плазма. Напряжение тут же падает до величины 200÷250 В и амперметр показывает ток порядка 1÷2 А. При дальнейшем увеличении напряжения будет увеличиваться ток разряда до 10 А, а напряжение остается прежним 200÷250 В. Этот процесс называется «отбивкой» мишени. Из мишени удаляется внедренный газ и с поверхности сбивается окисная пленка. Минут через 5÷10 напряжение плавно увеличивается до 450÷500 В, это свидетельствует о том, что очистка мишени окончилась и с мишени летит поток атомарных частиц металла. На рис 3.48 показана зависимость скорости нанесения титана на подложку от тока разряда при постоянном давлении аргона. В начале графика скорость нанесения не превышает 0,1 мкм/мин. На участке графика от 10 до 20 А скорость резко увеличивается от небольшого изменения тока. Только в диапазоне токов 20÷25 А наблюдается стабильная скорость нанесения. Она ограничивается предельными значениями параметров источника питания $U_{\text{xx}}=900$ В; $I_{\text{кз}}=30$ А. На рис 8 показана зависимость скорости нанесения титана от давления аргона при постоянном токе разряда $I_{\text{раз}}=25$ А. На рисунке четко обозначилась область рабочих давлений аргона $1 \times 10^{-3} \text{ тор} < P_{\text{раб}} < 5 \times 10^{-2} \text{ тор}$. В начале координат предел по давлению ограничивается неустойчивой работой магнетрона. Плазма загорается при давлении $P=8 \times 10^{-4} \text{ тор}$ и до давления $P=1,2 \times 10^{-3} \text{ тор}$ плазма мерцает, идут постоянные пробои и часто гаснет, т.е. работает неустойчиво. При более высоком давлении $P_{\text{раб}} > 5 \times 10^{-3} \text{ тор}$ плазма устойчиво горит, но резко падает скорость нанесения и стремится к нулю уже при давлении $P_{\text{раб}} \leq 5 \times 10^{-1} \text{ тор}$.

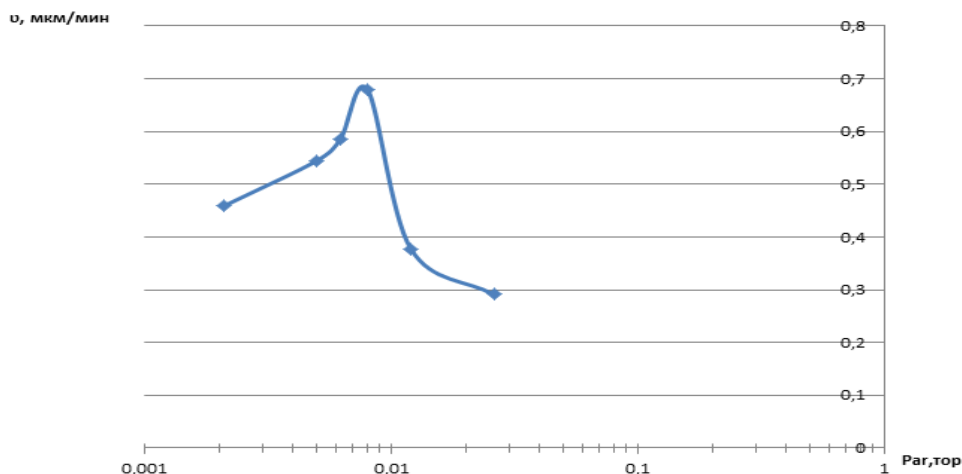


Рис. 8 – Зависимость скорости нанесения титана от давления аргона при постоянном токе разряда $I_{\text{раз}}=25$

Максимальная скорость нанесения находится в пределах давлений аргона 5×10^{-3} тор $< P_{\text{раб}} < 9 \times 10^{-3}$ тор. Экстремальные значения скорости нанесения титана достигают более 1 км/мин при движении подложки. Магнетроном наносится покрытие чистого титана на подложку из бусофита. Цель работы: получить токопроводящее покрытие с малым удельным сопротивлением. Приводим типичный режим нанесения пленки титана.

Выводы

Разрабатываемая в проекте конструкция электролитической ячейки основывается на статье базовых технологиях:

1. нология металлизации исходного углеродного рулонного материала - бусофита.
2. Технология приготовления полимерного электролита.
3. Технология пропитки электродных материалов полимерным электролитом.
4. Технология изготовления электролитической ячейки.

Поэтому после обоснования и выбора конструкции СИИТ, следующим этапом разработки, представленной в техническом проекте, является создание базового технологического комплекса.

В первоначальный состав технологической линии входит:

- Вакуумная рулонная установка, с объемом камеры более $1,5 \text{ м}^3$ для нанесения металлических покрытий на рулонный материал, находящийся на лентопротяжном механизме. Способ нанесения металла - магнетронный, допускается использование дугового метода.

- Электроимпульсная технология формирования нанокластеров металлов в паровое пространство бусофита.
- Стенд для вакуумной пропитки бусофита полимерным электролитом.
- Оборудование и технология производства полимерного электролита.
- Стенды для измерения параметров электролитической ячейки, тренировки и тестирования СИИТ.

Литература

1. Компании-производители тонкопленочных конденсаторов и батарей (ImprintEnergy, <http://www.imprintenergy.com/>)
2. Беспроводные сенсорные модули компании Powercast, [powercastco.com](http://www.powercastco.com)
3. Деордиев С.С. Аккумуляторы и уход за ними. К.: Техника, 1985. 136 с.
4. Электротехнический справочник. В 3-х т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. профессоров МЭИ (гл. ред. И. Н. Орлов) и др. 7 изд. 6 испр. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 712 с.
5. Багоцкий В.С., Скундин А. М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
6. Беляков А. И. Электрохимические суперконденсаторы: текущее состояние и проблемы развития. // Электрохимическая энергетика. 2006. Т.6. № 3. С.146-149.
7. Иванов А.М., Герасимов А.Ф. Молекулярные накопители электрической энергии на основе двойного электрического слоя. // Электричество. 1991. №8. С.16-19.
8. Небольсин В.А., Воробьев А.Ю. Роль поверхностной энергии при росте углеродных нанотрубок в процессе пиролиза углеводородов // Неорганические материалы, 2011. Т.47. №2. С.132-137.
9. Справочник по электрическим конденсаторам под ред. Четверткова. — М.: Радио и связь, 1983. — 576 с.
10. Денычиков К.К., Щербина Б.В. Состояние техники и рынка суперконденсаторов. // М.: изд. МГУ прикладной биотехнологий. 2004. С. 100
11. Kim B.C., Ko J.M., Wallace G.G.. A novel capacitor material based on Nafiondoped polypyrrole // Journal of Power Sources 177 (2008) 665-668.
12. Деспотули А.Л., Андреева А.В. Создание новых типов тонкопленочных суперконденсаторов для микросистемной техники и микро (нано) электроники. Микросистемная техника. 2003 года. № 11, 12.
13. Радиоизотопные источники электрической энергии. / Под ред. Фрадкина Г. М. Москва, 1978, с. 304
14. Слепцов В. В. Физико-химические основы наноматериалов и нанотехнологий. — М.: ИНФРА-М, 2 — 234 с.
15. Способ получения углеродных нанотрубок / В.А. Небольсин, А.Ю.Воробьев // Заявка в ФИПС №2009144623/28 (063571) от 21.12.2009 г.
16. Vix-Guterl C., Saadallah. S, Jurewicz K., Frackowiak E. Supercapacitor electrodes from new ordered porous carbon materials obtained by a templating procedure // Materials Science and Engineering B108 (2004) 148-155.

References

1. Companies producing thin-film capacitors and batteries (ImprintEnergy, <http://www.imprintenergy.com/>)
2. Wireless Sensor Modules company Powercast, www.powercastco.com
3. Deordiev SS Batteries and care for them. K.: Engineering, 1985. 136 pp.
4. Electrical spravochnik. V 3 Vols. V.2. Electrical products and equipment / Under total. Ed. professor MEI (Ch. Ed. I. Orlov) and others. 7th ed. 6 Corr. and add. M.: Energoatomizdat, 1986. 712 pp.
5. Bagotsky VS Skundin AM Chemical current sources. M. Energoizdat, 1981. 360 pp.
6. Belyakov AI Electrochemical Supercapacitors: current state and development problems. // Electrochemical energy. 2006 V.6. № 3. S.146-149.
7. Ivanov A.M., Gerasimov AF Molecular electric drives nergii based on the electric double layer. //Electricity. 1991. №8.S.16-19.
8. Nebol'sin VA, Vorobyov AY The role of the surface energy during the growth of carbon nanotubes during pyrolysis of hydrocarbons // Inorganic Materials, 2011. T.47. №2. S.132-137.
9. Handbook of electrical capacitors ed. Chetvertkova. - Moscow: Radio and communication, 1983. - 576 p.
10. Denytsikov KK, Shcherbina BV State of the art and the market supercapacitors. // M.: Ed. Moscow State University of Applied Biotechnology. 2004, pp 100
11. Kim BC, Ko JM, Wallace GG. A novel capacitor material based on Nafiondoped polypyrrole // Journal of Power Sources 177 (2008) 665-668.

12. Despotuli AL Andreeva AV The creation of new types of thin-film supercapacitors for microsystem technology and micro (nano) electronics. Microsystems technology. 2003. Number 11, 12.
13. Radioisotope sources of electrical energy. / Ed. Frad-kina GM Moscow, 1978, p. 304
14. Sleptsov VV Physico-chemical basis of nanomaterials and nanotechnology. - М.: INFRA-M, 2010. - 234 p.
15. A method for producing carbon nanotubes / VA Nebolsin, AY Vorobyov // Application in FIPS №2009144623 / 28 (063 571) from 21.12.2009
16. Vix-Guterl C., Saadallah. S, Jurewicz K., Frackowiak E. Supercapacitor electrodes from new ordered porous carbon materials obtained by a templating procedure // Materials Science and Engineering B108 (2004) 148-155.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.097

Гайвоненко А.Е.¹, Елистратова И.Б.²¹Старший преподаватель, ²кандидат технических наук,

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

КЛАССИФИКАЦИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Аннотация

В статье предложено деление внешних факторов, влияющих на параметры оптического волокна, на два вида: внешние условия окружающей среды и факторы в результате деятельности человека. Также рассмотрены элементы защиты волоконно-оптических кабелей от действия этих факторов.

Ключевые слова: оптическое волокно, внешние факторы, элементы защиты.

Gayvonenko A.E.¹, Yelistratova I.B.²¹Senior lecturer, ²PhD in Engineering, Siberian State University of the Telecommunication and Information Science

CLASSIFICATION OF EXTERNAL FACTORS INFLUENCING THE PARAMETERS OF THE OPTICAL FIBER

Abstract

The article poses the division of the external factors influencing the characteristics of the optical fiber into two types: external environmental conditions and factors as a result of human activity. It also considers the protection elements of fiber-optic cables from these factors.

Keywords: optical fiber, external factors, security features.

Introduction

From the very beginning of commissioning of fiber-optical cables of scientists in the field of optics and communication the question began to excite: "Whether this new environment of signaling is ideal? What external factors influence for this environment, by what laws they are described?" Now many factors of influence of environment on a fiber-optical cable are studied. Nevertheless, researches in this sphere proceed. We offer division of all factors into two for more evident representation: external environmental conditions and factors as a result of human activities. Then separately consider the environmental conditions with the consequences of their influence, illustrated by the schematic diagram, and also influence of the factors caused by activity of the person with their consequences.

1. Consideration of external factors on the optical fiber

It is known that the fiber-optical cable consists of fibers, on which the signal extends, and the elements of a design, providing protection of fibers against external influences. About such elements there will be article.

Depending on service conditions, various requirements are imposed to a design of a cable. Cable which is used outdoors, first of all has to have protection against atmospheric actions, such as a sunlight, moisture, differences of temperatures. To cable which is intended for laying in cable wells, protection against rodents is necessary [1]. If the cable is suspended between pillar of power lines, its mechanical durability is important.

The size of admissible longitudinal stretching (Tensile performance) characterizes the maximum effort, which can be put in the longitudinal direction of a cable and at which there will be no change of characteristics of optical fiber. At cable stretching, first of all, there is an impact on a cable sheath, and only then – on optical fiber.

The example of dependence of stretching of fiber and cable cover from ongoing effort is given in drawing on the right below. From it is visible that at cable stretching with a force, less 1,5 kN, tension of optical fiber don't occur. This limit value and indicate how tensile strength.

Why did not immediately occur tensile fiber? The fiber length of the cable exceeds the length of the cable sheath – optical fibers are loosely arranged in the gel-filled tube in a spiral. At stretching of a cable sheath - the fiber spiral is straightened, at compression – on the contrary, shrinks.

Therefore, when the stretching effort is applied to the cable sheath, the optical fibers at first is straightened and only then begins to lengthen. By some criteria tensile fiber by an amount up to 0.5 % is also valid, and then the tensile strength of the cable in the same pattern can be considered 2 kN.

Sometimes two values indicate the tensile strength: short-term and long-term. Speaking about this characterization of fiber - optic cable, it is important to note that we are not talking about the physical cable break or even the fiber.

When choosing cable usually focus on two aspects. The first - is a fire safety which arises if the cable is laid in rooms. The second aspect - it is the integrity and safety of fibers during storage, installation and operation of fiber - optic cable. At each of these stages, the cable is subjected to mechanical, atmospheric and other influences that may be dangerous to the fiber. Note that here we are not talking about the physical destruction of the optical fiber.

Fiber - optic cable, as well as telecommunication cable, for resistance to external factors, but to a lesser extent, influenced by very extensive list of external factors. This list includes two types of factors: external environmental conditions and factors caused by human activities [2]. The interrelation between environmental factors and mechanical effects of these factors on the optical fiber shown in fig. 1.

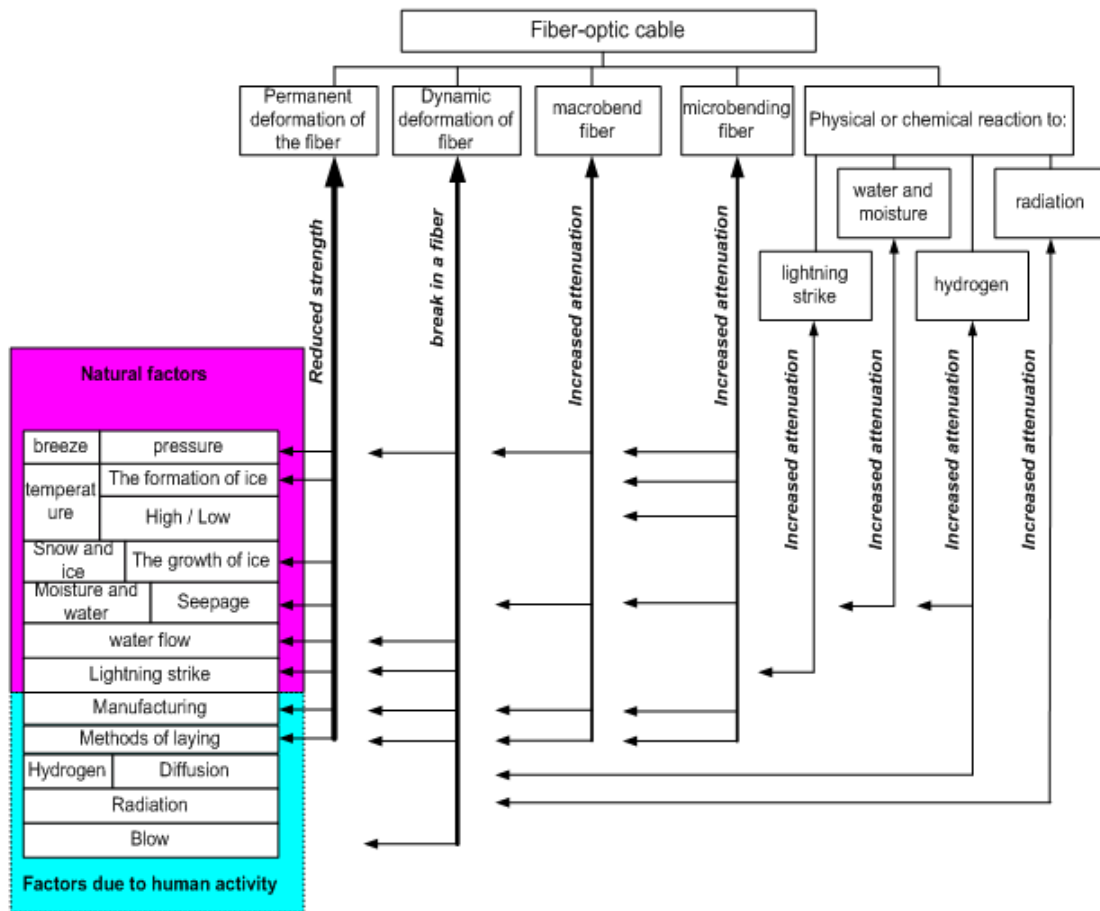


Fig. 1 – The relationship of external factors and their consequences on the optical fiber

The picture shows that variations in the fiber - optic cable as a macro-microbending, physical or chemical reaction at fiber-optic cable on lightning, water and moisture, hydrogen, and radiation leads primarily to an increase in attenuation.

Consider in more detail the impact of environmental conditions on the fiber-optic cable for different types of cables:

1. **Ambient temperature** - at high values leads to shrinkage of the cable sheath with the stretching of the core in the air, underwater fiber-optic cables, cables laid in the ground, in the sewers and tunnels [3]. As a result of rapid temperature changes, there is an increase the attenuation of the fiber optic cable to all types of stacking. Effect of low temperature leads to fragility (friability) cable sheath. That are subject to air cables, cables in the ground and in the sewers, especially in the permafrost [4]. All fiber-optic cables outdoor use can be crushed in the formation of ice.
 2. **Wind** - this condition the environment exposed to air fiber-optic cables. In limbo fiber-optic cables damage occurs by wind pressure or rocking cable. This question is well consecrated in [5].
 3. **Salty water** – does harm to the underwater cable and cable laid in soil, as cause's corrosion of armor of a cable, and the suspended fiber-optical cable has a corrosion of the carrier cable.
 4. **Rain and hot springs** - similar to salt water corrosion result in suspension cable in the air and corrosion cable armor in cables under the influence of the hot springs, laid in the ground and in the sewers
 5. **Snow and ice** - under the influence of gravity of ice damage to occur in the air and the internal cables.
 6. **Lightning** - leading to structural failure of the cable and hazards to personnel. The air fiber-optical cables, cables laid in soil and in the sewerage are subject to this influence. This question is considered in [4].
 7. **Earthquakes and ground displacement, rockfalls** - for cables laid in the ground and in the sewers under shifts break occurs, and optical cables for overhead hazards are rockfalls
 8. **The composition of the soil** - this condition, if it includes aggressive components, leads to corrosion of armor cables laid in the ground and underwater cables.
 9. **Rodents, birds and insects** - damage to the cable sheath rodents, birds and insects appear in the air and buried cables. As the [6] reports, the cables, laid in protective plastic pipes are most often damaged. The main pests are squirrels, marmots and hamsters, and in settlements gray and black rats and house mice.
 10. **Hydrogen** - leads to increase in losses in a fiber-optical cable of external laying.
 11. **Water flow** - this external influence is dangerous only for submarine fiber-optic cables.
 12. **Growth of a mold** – leads to damage of a fiber-optical cables sheath laid in the tunnel and in internal cables.
- All of these environmental influences we have brought to the block-diagram fig. 2.

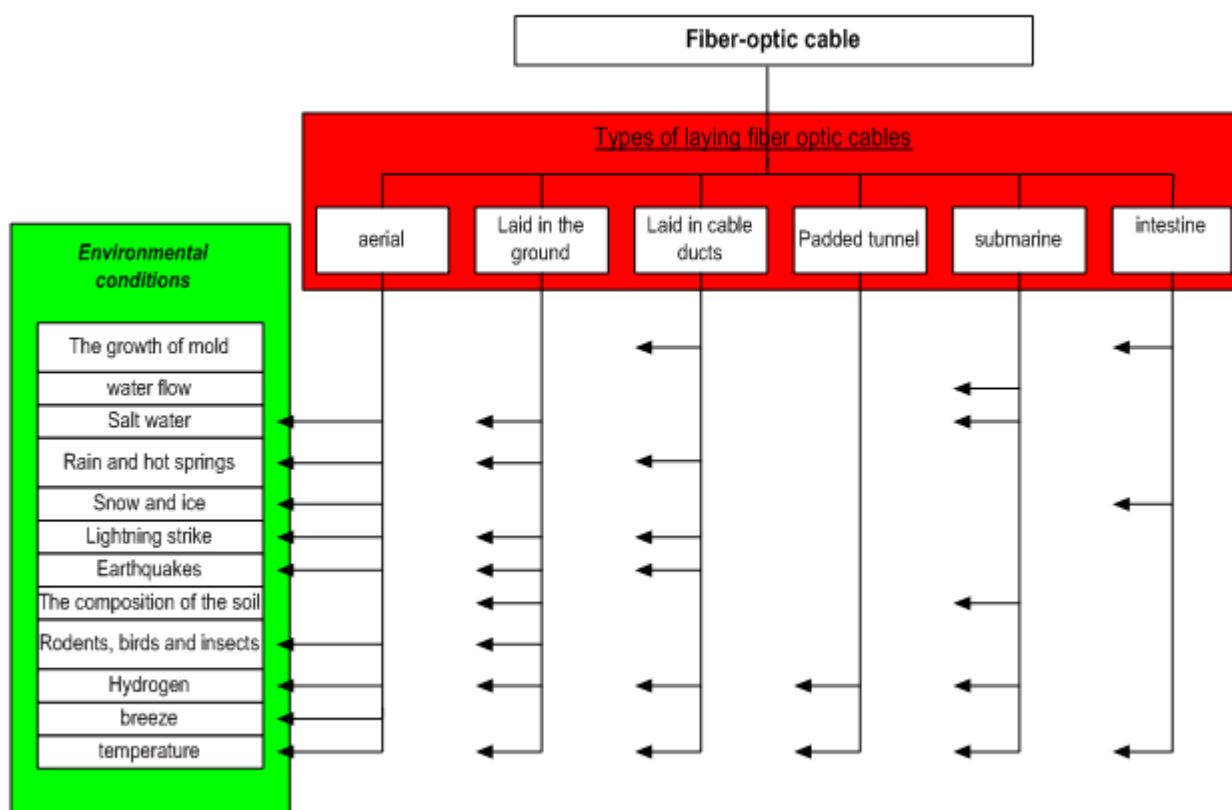


Fig. 2 – The result of the impact on the fiber-optic cable to external factors due to the environmental conditions

Influence of factors caused by human activity is no less dangerous, however, usually it has a local impact. The factors are presented in the following picture 3. This block diagram shows that all fiber-optic cables, i.e. in any type of routing, error-prone in installing the cables.

Consider the factors of human activity:

1. **Faulty cabling** - the most common mistake for installing the cable is a bend on the drum in the drain and tensile strain. The aspect of human activity studied quite extensively in various sources for FOC, for example, in [5]. If an error occurs in the cabling can also occur a full or partial rupture or breakage of the cable.
2. **Hydrogen** leads to an increase in the attenuation of the FOC outdoor installation.
3. **Radiation** - the impact of this factor is still poorly understood, but its effect on the fiber optic cable is already being studied by many institutions.
4. **Fire** – the damaging effect of this external factor is mainly exposed to air FO cables inside and laid in the tunnel.
5. **Leaking petroleum gas** - from cables laid in the ground or in the sewers, gas oil corrodes the shell chemicals that are part of this gas.
6. **Direct current** - DC influence on the cables in the ground and in the sewers, cables and air.
7. **The induced voltage** - the impact of this factor has been well studied in the examples FOC hanging on transmission lines [5].
8. **Vehicle traffic** – the aerial fiber optic cable can be damaged in the manufacture of cranes, during excavation of cables laid in the ground and connections. It is susceptible by transitive attenuation in optical cable with fiber vibration when people are working in a sewer FOC.
9. **The factory smoke and air pollution** - the aerial optical cables are susceptible in the mainly impact of external factors. In the containment of such cables aggressive components of polluted air cause metal corrosion and corrosive chemicals shell.

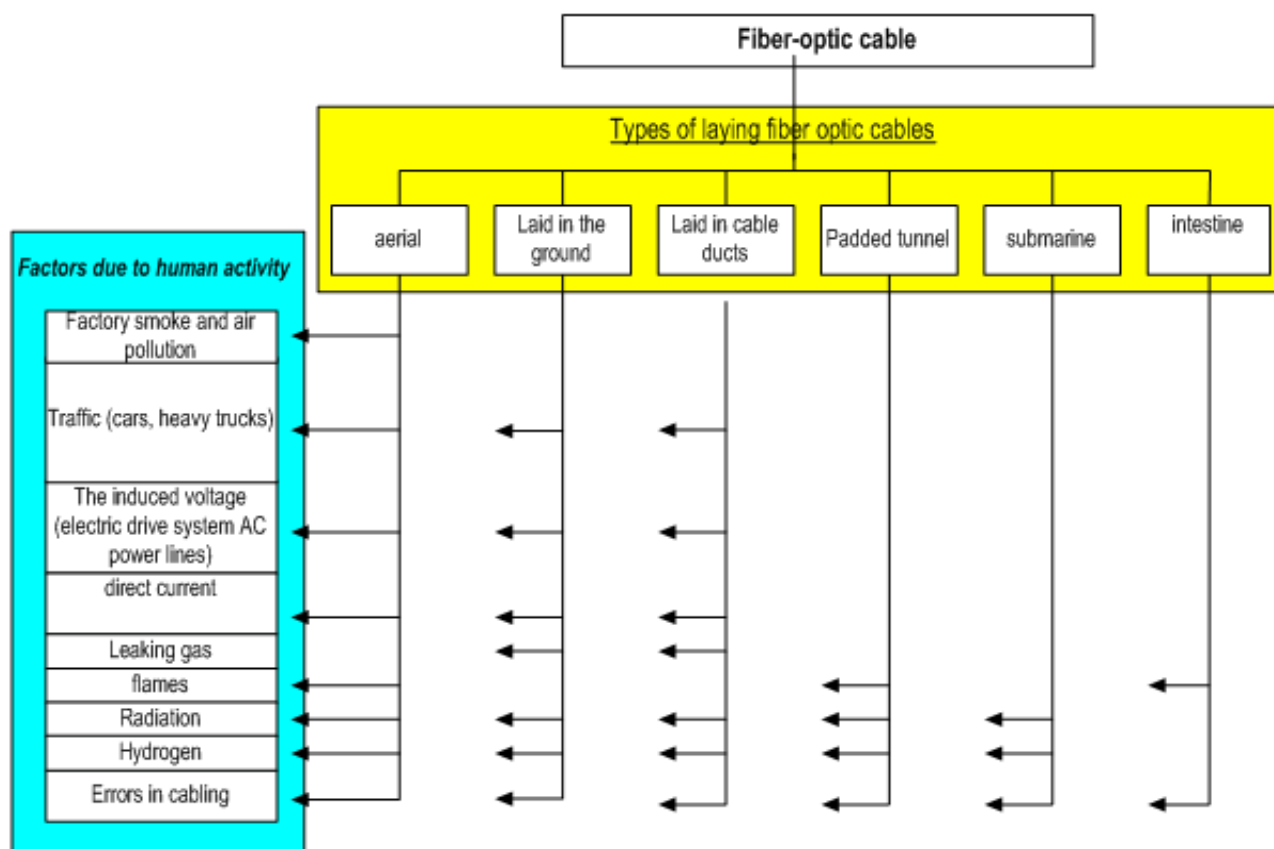


Fig. 3 – The result of the impact of external factors caused by human activities on the fiber-optic cable

For elimination the influence of external factors and environmental factors, the result of human activities to the company manufacturers seek the improvement the design of fiber-optic cables. Thus, the optical fiber technology has a huge potential for development. The design of fiber-optic cable must provide protection from a variety of fiber damage. This means that the design of optical fiber cable must place with a minimal effect of the above factors. Numerous studies carried out have led in the development of specialized designs of cables which are used in the dependence from various applications.

2. Security features of fiber - optic cable

The main element of the protection of the FOC is the outer sheath of the cable from the influence of external factors. Polyethylene is the material which to use to manufacture the outer shell of fiber-optic cables in the most cases. It possesses excellent physical properties (high strength, good wear resistance, not taking UV-oxidation and other chemical influences), and good dielectric properties. Polyethylene has good resistance to moisture penetration, low and high temperatures, and also has the ability not to change their physical properties under the influence of temperature changes of the environment.

Fiber cable sheath differ in density using the polyethylene. The most durable material is a high density polyethylene - HDPE (High Density Polyethylene). It uses in the manufacture of cables for outdoor applications that are directly buried in the ground or to extend sewers. The cost of this material is quite high, so it is often used for cables with a large number of optical fibers. Lower cost has medium density polyethylene - MDPE (Medium Density Polyethylene). It uses for production a lot of cables, which have good mechanical characteristics with relatively low cost. MDPE provides sufficient protection of the optical fibers.

Less durable is low density polyethylene - LDPE (Low Density Polyethylene) is often to use in the construction of cables with high density polyethylene. For example, an optical fiber cable with metal armor. Its outer shell can be made from the MDPE-polyethylene, and additional inner shell is under the steel armor - Polyethylene LDPE.

Increased strength to the optical fiber cable can be the case if the top layer is used as the polyamide PA (Rolyamide). This is a very suitable material for the production of cables for industrial applications. The polyamide has an excellent resistance to chemical compounds, such as concentrated alkali, various oils, some solutions of organic acids and mineral acids. The thickness of the polyimide film is not more than 0.5 mm. The shell itself has often orange or black.

Despite on the good mechanical properties, polyamide is very exposed moisture and ultraviolet light. Therefore, as a rule, the polyamide is used as an additional structural element together with polyethylene. This cable uses for installation in cable ducts or plastic pipes. Tighten polyamide cable is easy, since the coefficient of friction between the smooth skin of polyamide and plastic pipes are relatively low. Moreover, the polyamide has excellent abrasion resistance.

Particular attention should be paid to the fiber-optic cables, enclosures that meet the requirements of fire safety. The basis for the manufacture of the respective shells is polyethylene, and the required properties are achieved by adding a special chemical additives. In the description of fiber-optic cable on the availability of such properties often proves abbreviation LSZH (Low Smoke Zero Halogen).

In general, there are many standards is describe the necessary properties of cable shells in accordance with international or national regulations for fire safety. The standards describes below.

Condition when outer sheath does not support combustion (Non propagation of flame) means that in the case of a vertical ignition cable from the bottom of its shell will not contribute to the spread of flame up. However, compliance with this norm in any case does not guarantee that the location of the cable, for example, in tunnels or pipes fire will not spread in the horizontal direction.

For a fire resistance meets characteristic which can be translated as "non-proliferation flame» (Non propagation of fire). If the cable has the appropriate characteristics, it guarantees that he will not cause a fire or spread of fire (although there are many other sources of ignition).

No release of halogens and other toxic compounds during combustion provides the necessary conditions for evacuation and removal of fire [4]. This is the same important properties of fiber-optic cable, as well as the ability to not give off smoke when exposed to flame.

The presence of fiber-optic cable nonflammable shell, which does not emit halogens, significantly increases the cost, but the cable laying indoors, industrial facilities, underground tunnels in international and national fire codes require the use of a cable to this type. When they say that the cable is protected from rodents [6], most often refers to the presence of the metal armor. The reason is that this armor is most effective at low cost, so it was, she found the most widely used. Conventionally, there are several types of metal armor:

- steel laminated tape, which is folded along its lateral edges to be placed one on another. It turns out a kind of handset you to increase the permissible squeezing force is also pleated. This type of armor is often used in fiber-optic cables for general use;

- wire armor steel galvanized wire, whose main purpose - to ensure greater Permissible tensile strength, as well as protection from rodents. This cable is for instillation into the ground. By the way, the use of fiber-optic cable with wire armor is mandatory in the construction of primary networks by Russian standards.

For our latitude is allowed the use of cable and ribbed steel armor, which is much cheaper. Armor in the form of diagonal retinue steel wire, but the cables with the armor, as well as cables with armor of aluminum, copper or other metal, are special-purpose equipment, such as a cable that is laid under water.

Sometimes it is necessary to use the cable at which the metal components are completely absent. How, in this case to provide reliable protection against rodents? There are fiber-optic cables with the so-called "non-metallic armor." This implies either an outer layer of highly durable insulating material such as polyamide half millimeter thick or thin layer of polypropylene [6].

Good protection against rodents and can provide a dense layer of glass fibers (not to be confused with the threads Kevlar), which also serve as load-bearing elements. However, when bending the cable tube with optical fibers can be out of a layer of longitudinally stretched glass fibers that jeopardizes the protection fiber. This can be avoided if the glass fibers are twisted into a helix or twisted together - thus increases the degree of protection.

All these methods of protection against rodents are based on the design features of fiber optic cable, which help enhance its mechanical strength. There is another way, which is based on the addition of special chemical components of the outer shell (we rarely possible to meet this type of cable due to its high cost). The construction of optical fiber communication channels requires significant investment, however, from the design stage, it is necessary to minimize factors that may reduce the reliability of the transmission line. At the same protection from rodents is part of the task of ensuring the stable operation of the fiber optic link. This is true with the instillation of the cable in the ground, and laid in the sewers and tunnels underground.

Of course, it is possible to manufacture an optical fiber cable, which would provide all the listed kinds of protection against rodents. However, the cable must have other qualities, such as fire safety, light weight or no metal components. Cost also plays a role. Therefore, the cable often carried one or two ways, which would provide more protection from rodents.

To increase the allowable tensile fiber optic cable in it's design necessarily introduce power elements. Acceptable tensile 1000-2000 N (Newton) can be achieved by using glass fibers or Kevlar. Typically, this indicator is quite enough for general purpose cable. The yarns may form a dense layer, and may intermingle [2]. It is believed that the Kevlar provide greater allowable tensile strength. However, glass fibers also protect against rodents and are a barrier to the propagation of combustion.

High permissible tensile strength in specific cable types in which this value should be set to tens kN is achieved by using steel rods. In these fiber optic cables are not located in the most thermoplastics, and gel-filled steel tubes.

There is another function that can perform Kevlar and glass fibers in the cables. This so-called "memory effect". The main component of the outer sheath of the optical fiber cable is polyethylene, which is supplied in pellet production. After the heat treatment produces a homogeneous mass, and from which extends in the form of a tube cable sheath.

Over time, the polyethylene shrinks [2]. It is compressed in an effort to take its original shape due to its molecular structure. As a result, longitudinal displacement of the outer sheath of the cable relatively freely placed smooth tubes in which the fibers are arranged. Thus the outer shell is compressed, freeing the ends of the cable portions thermoplastic tubes which can damage optical fibers inside the coupling or box cutting. This shrinkage can be prevented if a twisted outer sheath Kevlar mounted on a special mounting sleeve. This phenomenon should be considered when the cable is laid freely kilometer stretch, for example, into the ground.

Now let's talk about the mechanical properties of fiber-optic cable. These characteristics indicate that as a fiber-optic cable responsive to mechanical influences: tensile / compression, bending and torsion. As a result, changes in ambient temperature occurs naturally increase or decrease in length. Therefore, these characteristics of the group also includes the temperature range in which it is possible to store, maintain and mount the cable.

The following table provides a list of the main mechanical properties, which can be found in the technical specification of fiber optic cable, and identifies the relevant sections of standards, which describe techniques for measuring them.

Therefore, when a tensile force is applied to the shell, the optical fiber is first straightened and only then begins to elongate itself. By some criteria tensile fiber by an amount up to 0.5% is also valid, and then the tensile strength of the cable in the same figure can be considered for 2 kN.

Sometimes two values indicate the tensile strength: short-term and long-term. Speaking about this characterization of fiber-optic cable, it is important to note that we are not talking about the physical cable break or even the fiber.

Regarding characteristics such as compressive stress, consumers sometimes wrong, which may be caused by lack of knowledge, improper and its definition by vendors of optical fiber cables. Often confused with this characteristic ultimate tensile strength. In fact characterizes the permissible compressive stress effect which can squeeze the cable in transverse direction under the condition that the amount of attenuation in the fiber remains within the normal range. Since the size of the test media is 100 mm as the unit constrictive forces often applied pressure value measured in kN 100 mm.

Shock load characterizes the security cable from the blows. For example, the collision load is equal to 2 Nm means that during a free fall onto the cable 2 kg weight from a height of 100 mm of the optical fiber parameters are not changed. This test is performed at least three times.

Maximum bending cable is another important parameter that characterizes the maximum allowable radius of curvature of laying cable. It must be taken into account when it comes to the construction of fiber optic cable, for example, in pipes or conduits. The minimum bend radius is often in the range of 15-20 on the outer diameter of the cable. If we ignore this parameter may be damaged fibers in the cable.

Torsion determines the ability of the cable to protect the fiber torsion shell around its axis. For cable with metal armor allowable twist angle is less than for cable without armor.

Thermal cycle parameters determine the stability of the attenuation coefficient of fiber cable when operating under different temperature conditions. Changes in the ambient temperature leads primarily torsion tension or compression of the cable sheath and which, as already mentioned, influence on the characteristics of the fiber.

It should be noted that in the documentation accompanying the optical cable specified minimum and maximum operating temperature. According to the method of this parameter, the relative change in attenuation in the fiber in this temperature range does not exceed a few tenths of dB / km. Sometimes in the characteristics of the cable, except for the indicator to indicate more and temperature ranges for storage, installation and operation.

Moisture protection is an important parameter for optical fiber cable, especially if it is intended for outdoor use. Laboratory test piece of cable is placed in water at a depth of about one meter. Optical fibers must not come into contact with water during one or several days.

Conclusion

Result of the above analysis of the impact of external factors by the author identified the need for further investigation of the influence of these factors on the transmission parameters of fiber optic cables, such as attenuation of signals during propagation through the optical fiber polarization parameters, etc.

References

1. Ovchinnikov I.A., Semenov P.A. Investigation of the effect of external factors on the structural elements of optical cables. Science and technology: M 2009. Овчинникова И.А. Определение надежности оптических кабелей. Наука и техника: М, 2007. – P. 8–9.
2. U.S. Raikar, Anandkumar S. Lalasangi, Vijay K. Kulkarni, I.I. Pattanashetti. Temperature dependence of bending loss in single mode communication fiber: Effect of fiber buffer coating. Optics Communications 273 (2007) – P. 402–406.
3. O.V. Kolesnikov. Features of lightning effects on the optical cable lines and measures for their protection in relation to the Far North of the European part of Russia. Thesis for the degree of PhD.: M. 2006.
4. Tran Nhat Minh. Research and development of methods for determining the probabilistic and time parameters of optical fiber guide systems when exposed to vibration loads. Thesis for the degree of PhD.: M. 2001.
5. O.G. Ivanov, Popov B.V. Popov V.B. Protection of optical cables in the protective plastic tube from damage by rodents. Journal of Communication, number 7, 2010. –P. 22-23.
6. Ass EE, Filippov Yu Popov L.E., Botchev A.S., Solovyov G.E., Osipov V.A. Electrothermal degradation FOC in areas with electric traction alternator. Automation, Communications and Informatics, № 10. 2006. – P. 20– 24.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.107

Дубовик Н.Н.¹, Лавров А.В.², Ногин О.А.¹, Туманов В.М.¹¹Магистр, ²кандидат технических наук, доцент,

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НАВИГАЦИИ И ТРАССИРОВКИ МАРШРУТОВ
С ЛИНЕЙНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ****Аннотация**

Данная статья посвящена исследованиям проблем, связанных с навигацией внутри различных помещений, имеющих сложную архитектуру. В первой части проведен сравнительный анализ существующих систем, методов и технологий определения местоположения, рассмотрены их основные характеристики, достоинства и недостатки. Во второй части статьи рассмотрены проблемы построения навигационной системы, графической визуализации и поиска оптимальных маршрутов. Предложены оптимальные решения по графическому представлению карт зданий, рассмотрены различные программные технологии и алгоритмы построения навигационных маршрутов. В заключении приведены преимущества выбранного решения для построения навигации, даны рекомендации по применению.

Ключевые слова: навигация, здания со сложной архитектурой, трассировка, ориентация, геометрия, трехмерная графика, алгоритмы, математическое обеспечение.

Dubovik N.N.¹, Lavrov A.V.², Nogin O.A.¹, Tumanov V.M.¹¹Master, ²PhD in Engineering, Associate Professor,

BMSTU, Department "Design and technology of electronic equipment"

**ANALYSIS OF METHODS OF SPATIAL NAVIGATION AND TRACE OF ROUTE WITH LINEAR
CONSTRAINTS****Abstract**

This article is devoted to research issues related to navigation within the various rooms, which have a complex structure. The first part is a comparative analysis of existing systems, methods and technologies of positioning, considered their main characteristics, strengths and weaknesses. The second part of the article deals with the problems of building a navigation system, graphical visualization and optimal route search. Provided optimum solutions for the graphic representation of maps of buildings, considered various software technologies and algorithms for the construction of navigation routes in custody are the advantages of the chosen solution for the construction of the navigation recommendations for use.

Keywords: navigation, a building with a complex structure, tracing, orientation, geometry, three-dimensional graphics, algorithms, software.

ВВЕДЕНИЕ

Решению проблем гео- и локальной навигации посвящено большое количество работ, обзор которых приведен в [1], однако проблемы локальной навигации - навигации внутри различных зданий и помещений остается актуальной. Следует отметить и значительную заинтересованность в сервисных услугах, предоставляемых на основе местоположения клиента и его предпочтений. Здания с каждым днем становятся все более объемными, а их структура усложняется, в них вносятся планировочные изменения, которые не всегда оперативно учитываются. В сооружениях такого типа уверенно могут ориентироваться лишь постоянные посетители. Очевидно, что в такой ситуации на освоение в незнакомом месте тратится огромное количество времени. Таким образом, возникает потребность в сервисе, который поможет любому его пользователю максимально просто и без траты лишнего времени добраться до нужного ему места в здании. Такие системы, как: GPS, Galileo, ГЛОНАСС, iBeacon, WPS и др., обеспечивающие работу таких сервисов, как Google Maps, NAVIMIND, 2GIS и др., ориентированы на решение задач геонавигации и проблемы локальной навигации не решают. Стоит так же отметить, что решения проблемы локальной навигации часто являются актуальными не только внутри, но и вне зданий – в условиях плотной застройки часто неэффективны даже системы, предназначенные специально для навигации на открытой местности.

Так как здания становятся все более громоздкими, классические методы навигации сильно теряют в эффективности. Решение в виде настенных планов уже не являются наглядными, особенно если размеры здания весьма велики. Зачастую конфигурация этажей разнится, что вносит еще больше путаницы в попытку сориентироваться и определить свое местоположение в здании. Вариант использования указателей так же крайне неэффективен, так как они используются лишь для обозначения самых важных помещений. Если же попытаться установить в здании указатели для всех помещений, то посетитель окажется просто переполнен количеством информации, в которой ему будет необходимо разобраться.

Решением этой проблемы может являться автоматическая система, реализующая следующий функционал и обладающая такими свойствами:

- единое ядро для мобильного и веб-приложения;
- использование 2D и 3D – карт;
- построение наиболее простых и понятных маршрутов;
- упрощение взаимодействия клиентов (посетителей) и зданий;
- возможность пользовательского развития, когда пользователи имеют возможность вносить (после модерации) оперативные изменения в планы помещений;
- предоставление актуальной информации, такой как график работы, контактная информация и т.п.

Задачи прокладки эффективных маршрутов внутри зданий можно отнести к классическим задачам трассировки с линейными и пространственными ограничениями, которые хорошо проработаны и эффективно применяются в радиоэлектронике [2-9].

1 СИСТЕМЫ ГЕОЛОКАЦИИ И ИХ ПАРАМЕТРЫ

В данный момент существуют несколько технологий, предназначенных для определения местоположения устройства. Системы, базирующиеся на этих технологиях, могут работать как внутри, так и вне зданий. Для детального анализа таких систем сведем их основные характеристики в таблицу 1.1 [1].

Таблица 1.1 – Системы определения местоположения

Название	Краткое описание	Достоинства	Недостатки
GPS - Global Positioning System	GPS – американская спутниковая система навигации, определяющая местоположение.	Широкое распространение, стабильная работа на большинстве устройств.	Точность позиционирования составляет 2 – 4 метра, в помещениях сигнал со спутника часто теряется.
Galileo	Galileo - спутниковая система навигации, создаваемая Евросоюзом и Европейским космическим агентством. Ввод в эксплуатацию – 2016 год.	Совместимость с системой GPS Точность определения позиции 0.5-1 метр.	Низкая совместимость с современными навигационными приборами. Гражданское применение – не основная задача системы.
ГЛОНАСС - Глобальная навигационная спутниковая система	ГЛОНАСС – Российская спутниковая система навигации. Вторая глобальная система навигации (после GPS), работающая в данный момент.	Высокая точность в северном полушарии, хорошо дополняет GPS в работе.	Точность определения координат не стабильна, в среднем 3-6 метров. В помещениях сигнал часто теряется.
iBeacon	iBeacon – сервис компании Apple, основан на навигации относительно Bluetooth – маячков.	Работает на устройствах под управлением IOS и Android. Обладает высокой (1-1.5 м) точностью.	Требуется очень плотное расположение маячков, сигнал плохо проходит через препятствия
WPS	WPS – технология определения местоположения с помощью Wi-Fi роутеров. Положение определяется по силе сигнала от роутера.	Высокая точность определения местоположения. В местах с плотной Wi-Fi сетью не требует дополнительного оборудования.	Технология совместима только с Android – устройствами.

Однако местоположение устройства в виде координат необходимо обработать и привести к удобному виду. Для эффективной обработки таких данных о местоположении и построения маршрутов предназначены различные навигационные сервисы. Подобные сервисы привязывают данные о местоположении к специально обработанным картам местности или зданий, на которых затем строятся маршруты. Для повышения удобства такие сервисы часто выпускаются так же и в виде приложений для смартфонов, в которых пользователь может по своему усмотрению редактировать необходимые ему карты. Ключевым свойством подобных сервисов является корректировка данных о картах, которая позволяет быстро и своевременно вносить изменения, что в свою очередь обеспечивает постоянную актуальность информации.

В таблице 1.2 проанализируем различные представленные сейчас на рынке навигационные сервисы.

Таблица 1.2 – Навигационные сервисы

Название	Краткое описание	Достоинства	Недостатки
Google Maps	Google Maps –сервис, распространяемый компанией Google, представляющий собой графическую и спутниковую карты, а так же карту сети автодорог.	Большое количество карт различных городов, легкая встраиваемость в приложения.	Отсутствуют карты зданий. Местоположение определяется только по GPS.
NAVIMIN D	NAVIMIND – навигационный сервис, предназначенный для навигации в торговых центрах	Наличие большого количества схем зданий. Система работает как на терминале, так и в мобильном приложении.	Имеется только приложение для IOS. Отсутствует автоматическое определение местоположения.
2GIS	2GIS – Российский картографический сервис, предоставляющий карты, справочники и информационное сопровождение.	Большое количество информации. Имеются приложения для всех платформ и устройств.	Отсутствуют карты зданий, местоположение определяется по GPS/ГЛОНАСС.

Из приведенных выше таблиц видно, что на данный момент на рынке навигационных сервисов нет системы, которая бы автоматически определяла местоположение устройства и эффективно прокладывала между двумя произвольными объектами внутри здания. Таким образом необходимость разработки навигационной системы, реализующей подобный функционал является крайне актуальной. В связи с этим возникает проблема выбора средств визуализации карт зданий и методов построения оптимального маршрута.

2 ИНС – ИНФОРМАЦИОННО – НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА

2.1 Преимущества ИНС

В качестве примера для анализа принципов реализации indoor - систем рассмотрим информационно-навигационную систему (ИНС), которую авторский коллектив реализует на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана. Что из себя представляет ИНС?

Во-первых, это модульная система, состоящая из нескольких подсистем, которая позволяет пользоваться всем арсеналом функций навигации на максимальном количестве устройств: терминал, планшет, смартфон, web и т.д. (см. рис. 1). Это достигается благодаря выбранным технологиям, которые позволяют получить не только удобный интерфейс взаимодействия с пользователем, но и эффективную систему, обеспечивающую высокочкасную навигацию по выбранному объекту, в данном случае по МГТУ им. Н.Э. Баумана, некоторые из зданий которого датируются 19 веком и имеют сложные архитектурные решения.

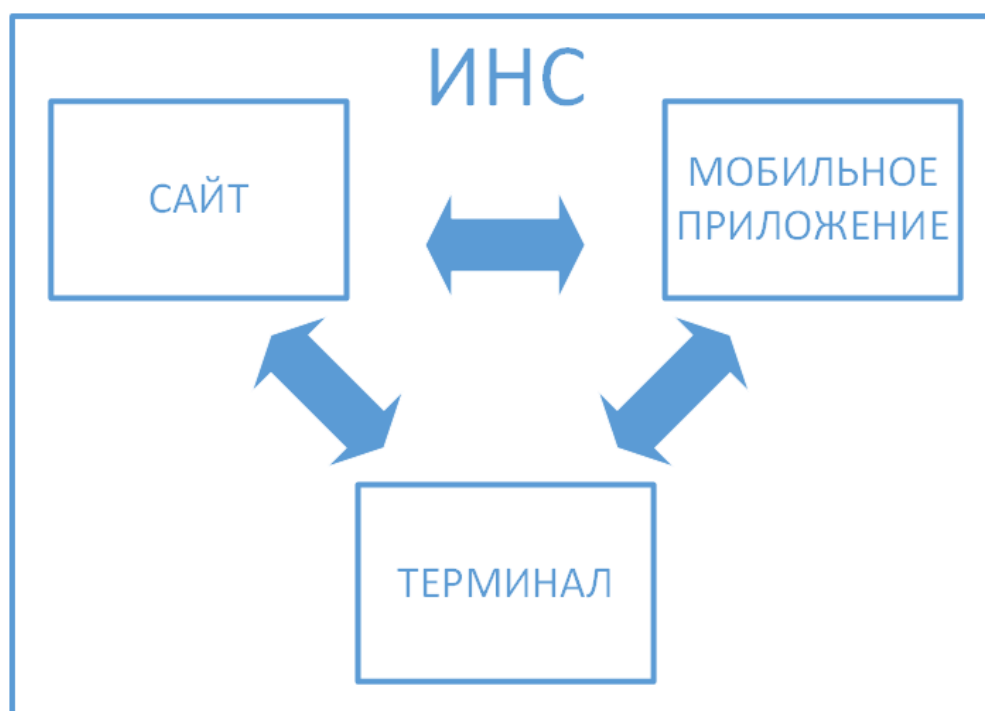


Рис. 1 – Работа единой системы на разных устройствах

Во-вторых, в системе помимо 2D карт используются и 3D-карты, так как только они могут удовлетворить требованию качественной и понятной прокладки маршрута. Зачастую в зданиях со сложной архитектурой 2D – карты не помогают, а наоборот вносят путаницу.

Рассмотрим эту проблему на примере ставшей нарицательной проблемой поиска аудитории 501Ю ГУК МГТУ им.Н.Э.Баумана: Ее расположение на 2D карте МГТУ им. Н.Э. Баумана показано на рис. 2:

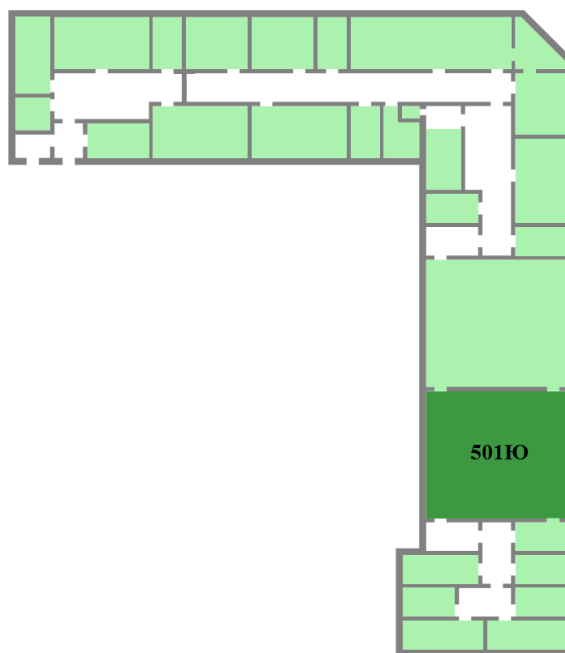


Рис. 2 – 2D карта 5 этажа южного крыла – аудитория 501-Ю

Проход к этой аудитории напрямую через центральную часть здания невозможен, так как все переходы закрыты. Попасть в аудиторию 501 Ю можно только поднявшись снизу и только по одной - единственной лестнице (рис. 3):

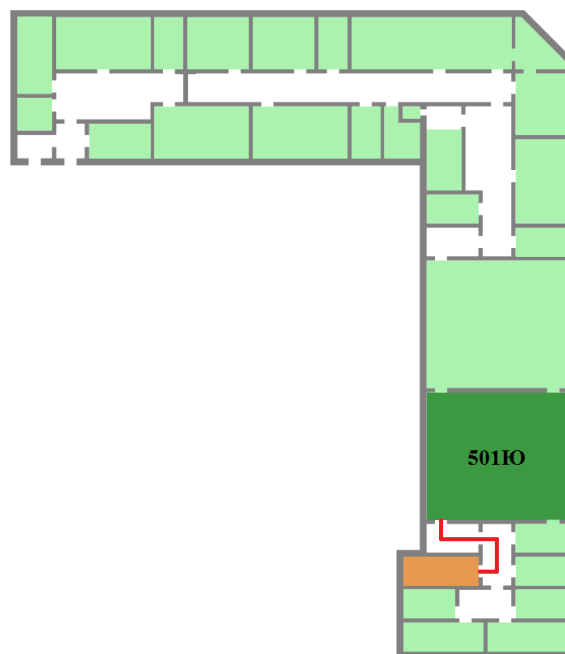


Рис. 3 – 2D карта 5 этажа южного крыла – путь к аудитории 501-Ю

Таким образом, студенты сталкиваются с другой проблемой: как найти эту самую лестницу? Попасть на нее так же довольно сложно: гарантированный проход есть только на 3 этаже. 3D карты с легкостью решают эту проблему, наглядно показывая весь путь до необходимой аудитории, как это показано на рис. 4.

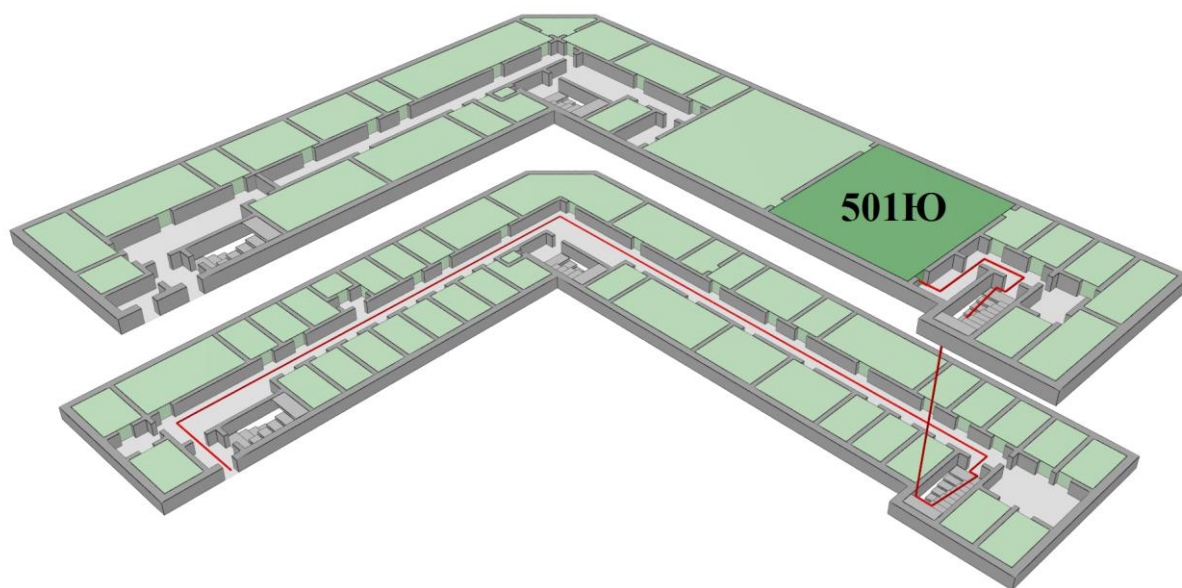


Рис. 4 – 3D путь до аудитории 501-Ю

Построенный 3D путь наглядно показывает кратчайший (а часто и единственный) маршрут, по которому можно быстрее всего дойти до необходимой аудитории, аналогичные проблемы свойственны большинству зданий старой постройки, а также современным торговым комплексам.

2.2 Архитектура и виды обеспечений ИНС

Для обеспечения работоспособности сервиса на максимальном количестве устройств используются следующие Web-технологии: HTML5, CSS3, Javascript. Но это лишь скелет программной составляющей. Для реализации необходимых функций используется огромное количество фреймворков и библиотек для Javascript. Так же для требуемой визуализации используется графическая библиотека WebGL [11].

WebGL (Web-based Graphics Library) — программная библиотека для JavaScript, позволяющая создавать интерактивную 3D-графику, функционирующую в широком спектре совместимых с ней веб-браузеров. За счёт использования низкоуровневых средств поддержки OpenGL, часть кода на WebGL выполняется непосредственно на видеокартах. WebGL — это контекст элемента canvas HTML, который обеспечивает API 3D графику без использования плагинов.

Библиотека построена на основе OpenGL ES 2.0 и обеспечивает API для 3D-графики, использует HTML5-элемент canvas, также оперирует с DOM. Автоматическое управление памятью предоставляется языком JavaScript.

На сегодняшний день имеются эффективные реализации WebGL для большинства десктопных и мобильных браузеров: Mozilla Firefox, Google Chrome, Safari, Opera, IE11. В состав рабочей группы разработавший стандарт, входят: Khronos Group, Apple Safari, Google Chrome, Mozilla Firefox и Opera, а также специалисты AMD и Nvidia.

WebGL [11] реализует императивный подход, то есть программный код должен точно описывать алгоритм преобразования данных для построения сцены. Несмотря на сложность, такой подход предоставляет гораздо больше возможностей для редактирования и обработки 3D – сцены.

Ориентация на WebGL обусловлена следующими преимуществами:

- кроссплатформенность — WebGL может использоваться практически для всех мобильных и десктопных браузеров;
- открытость платформы, доступность и бесплатность.

В таблице 2.2.1 приведен сравнительный анализ алгоритмов поиска кратчайшего маршрута, которые могут использоваться для работы навигационных графов системы.

Таблица 2.2.1 – Сравнение алгоритмов построения оптимального пути

Алгоритм	Сложность	Назначение	Особенности
Беллмана-Форда [12]	$O(n*m)$	Нахождение кратчайшего расстояния от одной из вершин графа до всех остальных	Допускает рёбра с отрицательным весом
Дейкстры [13]	$O(m + n*\log(n))$	Аналогично алгоритму Беллмана-Форда	Работа только с ребрами, имеющими положительный вес
A* (ASTAR) [14]	$O(m)$	Нахождение маршрута с наименьшей стоимостью пути	Сравнение различных путей по эвристической функции
Ли [15]	$O(n+m)$	Находит путь между двумя вершинами графа, с минимальным количеством промежуточных вершин (ребер)	Применяется при трассировке электрических соединений на кристаллах микросхем и на печатных платах.
Джонсона [16]	$O(n^2\log(n) + n*m)$	Нахождение кратчайшего пути между всеми парами вершин взвешенного ориентированного графа.	Совместное использование алгоритмов Дейкстры и Беллмана-Форда
Флойда-Уоршелла [17]	$O(n^3)$	Нахождение кратчайшего пути между всеми вершинами взвешенного ориентированного графа	

В рассматриваемой системе используется алгоритм A*(ASTAR) [14].

Во время исследований скорости работы алгоритма Дейкстры в 1964 году Н. Нильсен предложил улучшить уже имеющийся алгоритм путем дополнительного использования эвристики. Новый алгоритм был назван A1. В течении следующих трех лет коллега Нильсена Б. Рафаэль занимался улучшением и оптимизацией алгоритма A1, но значительного улучшения характеристик ему достичь не удалось. Тем не менее, следующая итерация алгоритма получила название A2. Годом спустя П. Э. Харт смог достичь оптимальности алгоритма благодаря дополнительным изменениям в эвристической части алгоритма. Так же он смог доказать, что в определенных условиях его версия алгоритма A2 была наиболее эффективной среди алгоритмов поиска маршрута в графе. Эта версия алгоритма была названа A*, где звездочкой были обозначены все прочие итерации алгоритма [14].

Алгоритм A* используется для нахождения кратчайшего пути между двумя любыми вершинами графа, поочередно просматривая все возможные пути в графе, пока не находит наиболее короткий. От других алгоритмов A* отличается тем, что при сравнении учитывается весь пройденный до вершины путь (функция $g(x)$ отвечает именно за это). Алгоритм поэтапно просматривает все смежные вершины, двигаясь в сторону пути с наименьшим весом (функция $f(x)$, определяющая общий вес пути). На каждом шаге алгоритм так же обрабатывает все оставшиеся пути до еще не пройденных вершин, помещая их в очередь по приоритету. Этот приоритет определяется общей функцией $f(x) = g(x) + h(x)$, где $h(x)$ – эвристическая составляющая пути. Алгоритм продолжает циклично просматривать все пути в очереди до тех пор, пока не найдет путь с наименьшим значением функции $f(x)$. Этот путь и является искомым кратчайшим путем между двумя вершинами графа.

Последовательность шагов используемого алгоритма показана на рисунке 3.

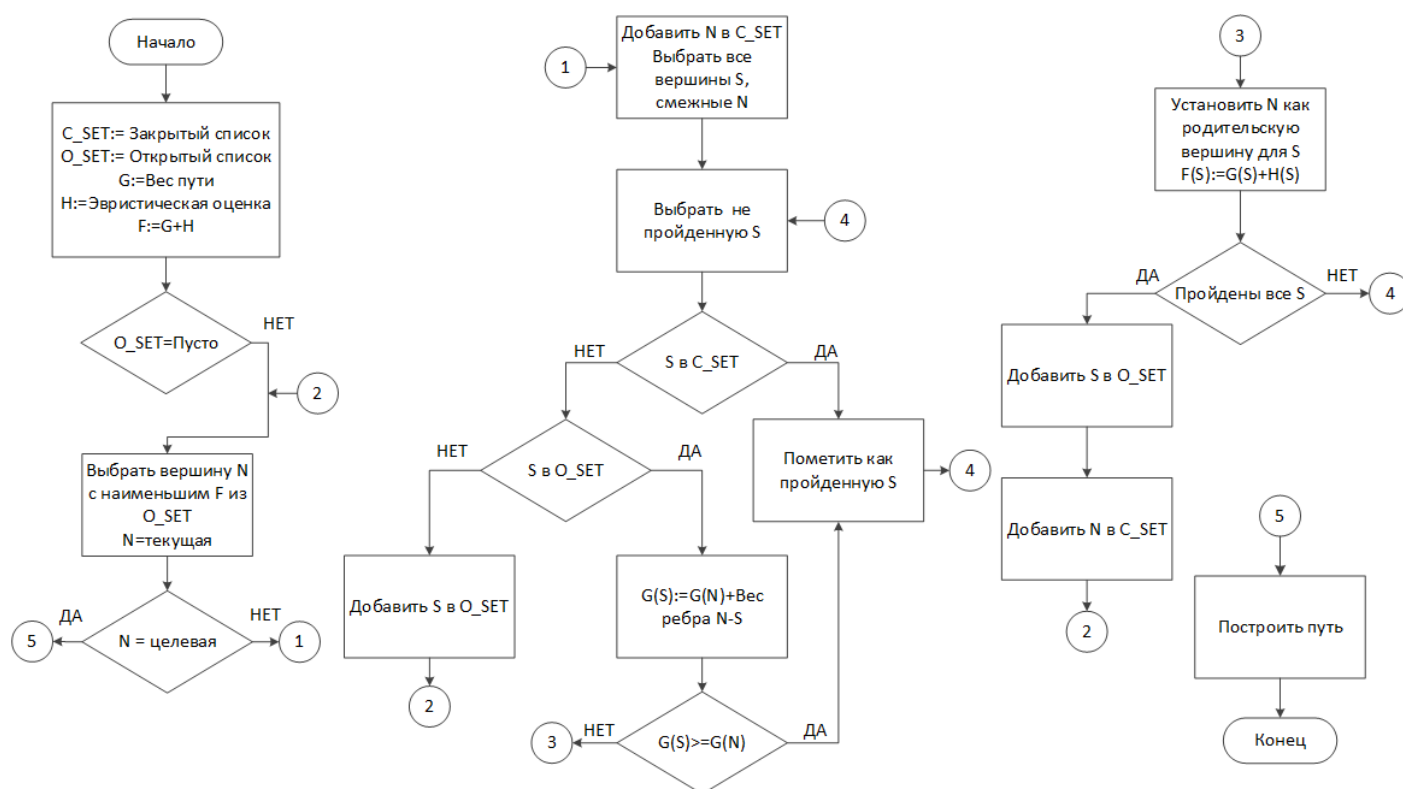


Рис. 3 – Основные шаги алгоритма А*

Из множественных решений выбирается решение с наименьшей стоимостью. Чем меньше эвристическая функция $h(x)$, тем больше приоритет. Таким образом, итоговым маршрутом является не первый попавшийся, а самый эффективный.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная информационно-навигационная система решает множество важных задач, связанных с проблемами навигации в зданиях со сложной архитектурой, объединяя наиболее существенные возможности (функции) в единой системе.

ИНС обладает сразу несколькими преимуществами:

- информативность;
- кроссплатформенность;
- навигация с использованием как 2D -, так и 3D - карт

Система дает возможность получить любую интересующую пользователя информацию об объекте или структуре, режимах работы или проводимых мероприятиях.

Программная реализация системы и используемые решения позволяют системе быстро и эффективно работать на широком спектре платформ и устройств.

В свою очередь использование интерактивных 2D – и 3D – карт помогает легко сориентироваться в зданиях любой сложности.

Разработанная система является универсальным и удобным инструментом, способным быстро и эффективно решить любую задачу, связанную с предоставлением информации касательно здания, в котором применяется ИНС.

Литература

1. Шепель В. И., Ергалиев Д. С., Тулегулов А. Д. Сравнительный анализ глобальных навигационных спутниковых систем // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». Том 1. 2012.
2. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.В. Конструкторско-технологические расчеты электронной аппаратуры: Учебное пособие. – М. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
3. Андреев К.А., Власов А.И., Камышная Э.Н., Тиняков Ю.Н., Лавров А.В. Автоматизированная пространственная оптимизация компоновки блока управления датчика давления по тепловому критерию // Инженерный журнал: наука и инновации. - 2013. № 6 (18). - С. 51.
4. Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.В. Формальное представление электрических принципиальных схем для решения задач автоматизированного проектирования электронной аппаратуры: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 44, [4] с.
5. Применение методов искусственного интеллекта в САПР технологических процессов производства электронной аппаратуры: Учебное пособие / Григорьев В.П., Камышная Э.Н., Нестеров Ю.И., Никитин С.А. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 48 с.
6. Е.М. Парфенов, Э.Н. Камышная, В.П. Усачов. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. Пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.
7. Алексеев В.Г., Камышная Э.Н., Усачев В.П. Автоматизированная компоновка схем ЭВА и РЭА по конструктивным модулям первого уровня: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. – 40 с.

8. Н. Л. Дембицкий, А. В. Назаров. Модели и методы в задачах автоматизированного конструирования радиотехнических устройств - Москва, Изд-во МАИ. 2011. 203 с. Сер. Научная библиотека.
9. Назаров А.В. Оптимизация расстановки элементов печатных модулей методом компактного размещения // Интеграл. 2014. № 4. С. 12-14.
10. Власов А.И., Лыткин С.Л., Яковлев В.Л. Краткое практическое руководство разработчика по языку PL/SQL - Москва, Сер. Библиотечка журнала "Информационные технологии". Том 2. 2000.
11. WebGL [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebGL> (дата обращения: 10.11.2015).
12. Bellman–Ford algorithm [Электронный ресурс] URL: <https://goo.gl/rsxPd3>
13. Dijkstra's algorithm [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm (дата обращения: 10.11.2015).
14. A* search algorithm [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm (дата обращения: 10.11.2015).
15. Lee algorithm [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lee_algorithm (дата обращения: 10.11.2015).
16. Johnson's algorithm [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s_algorithm (дата обращения: 10.11.2015).
17. Floyd–Warshall algorithm [Электронный ресурс] URL: <https://goo.gl/elqccH> (дата обращения: 10.11.2015).
18. Дубовик Н. Н., Ногин О. А., Туманов В. М., Лагута А. Е. Исследование проблем 3D навигации в условиях пространственных ограничений // 17-ая международная конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы». Том 2. 2015. [Электронный ресурс] URL: http://iu4.ru/konf/2015_ts/03_tom02.pdf (дата обращения: 10.11.2015).
19. Дубовик Н. Н., Ногин О. А., Туманов В. М. Информационно-навигационная система «ИНС» // Международный инвестиционный форум «WEB – Ready 2015». [Электронный ресурс] URL: [https:// web-ready.ru/files/ins_1.doc](https://web-ready.ru/files/ins_1.doc) (дата обращения: 10.11.2015).

References

1. Shepel' V. I., Ergaliev D. S., Tulegulov A. D. Sravnitel'nyj analiz global'nyh navigacionnyh sputnikovyyh sistem // Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». Tom 1. 2012.
2. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.V. Konstruktorsko-tehnologicheskie raschety jelektronnoj apparatury: Uchebnoe posobie. – M. Izd-vo MGTU im. N. Je. Bauman, 2014.
3. Andreev K.A., Vlasov A.I., Kamyshnaja Je.N., Tinjakov Ju.N., Lavrov A.V. Avtomatizirovannaja prostranstvennaja optimizacija komponovki bloka upravlenija datchika davlenija po teplovomu kriteriju // Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii. - 2013. № 6 (18). - S. 51.
4. Kamyshnaja Je.N., Markelov V.V., Solov'ev V.V. Formal'noe predstavlenie jelektricheskikh principial'nyh shem dlja reshenija zadach avtomatizirovannogo proektirovanija jelektronnoj apparatury: Uchebnoe posobie. – M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Bauman, 2011. – 44, [4] s.
5. Primenenie metodov iskusstvennogo intellekta v SAPR tehnologicheskikh processov proizvodstva jelektronnoj apparatury: Uchebnoe posobie / Grigor'ev V.P., Kamyshnaja Je.N., Nesterov Ju.I., Nikitin S.A. - M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Bauman, 1998. 48 s.
6. E.M. Parfenov, Je.N. Kamyshnaja, V.P. Usachov. Proektirovanie konstrukcij radiojelektronnoj apparatury: Ucheb. Posobie dlja vuzov. - M.: Radio i svjaz', 1989. – 272 s.
7. Alekseev V.G., Kamyshnaja Je.N., Usachev V.P. Avtomatizirovannaja komponovka shem JeVA i RJeA po konstruktivnym moduljam pervogo urovnja: Metodicheskie ukazaniya po kursovomu i diplomnomu proektirovaniju. – M.: Izd-vo MVTU im. N.Je. Bauman, 1988. – 40 s.
8. N. L. Dembickij, A. V. Nazarov. Modeli i metody v zadachah avtomatizirovannogo konstruirovaniya radiotekhnicheskikh ustrojstv - Moskva, Izd-vo MAI. 2011. 203 s. Ser. Nauchnaja biblioteka.
9. Nazarov A.V. Optimizacija rasstanovki jelementov pechatnyh modulej metodom kompaktного razmeshhenija // Integral. 2014. № 4. S. 12-14.
10. Vlasov A.I., Lytkin S.L., Jakovlev V.L. Kраткое prakticheskoe rukovodstvo razrabotchika po jazyku PL/SQL - Moskva, Ser. Bibliotekha zhurnala "Informacionnye tehnologii". Tom 2. 2000.
11. WebGL [Jelektronnyj resurs] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebGL> (data obrashhenija: 10.11.2015).
12. Bellman–Ford algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: <https://goo.gl/rsxPd3>
13. Dijkstra's algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm (data obrashhenija: 10.11.2015).
14. A* search algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm (data obrashhenija: 10.11.2015).
15. Lee algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lee_algorithm (data obrashhenija: 10.11.2015).
16. Johnson's algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s_algorithm (data obrashhenija: 10.11.2015).
17. Floyd–Warshall algorithm [Jelektronnyj resurs] URL: <https://goo.gl/elqccH> (data obrashhenija: 10.11.2015).
18. Dubovik N. N., Nogin O. A., Tumanov V. M., Laguta A. E. Issledovanie problem 3D navigacii v uslovijah prostranstvennyh ogranichenij // 17-aja mezhdunarodnaja konferencija «Naukoemkie tehnologii i intellektual'nye sistemy». Tom 2. 2015. [Jelektronnyj resurs] URL: http://iu4.ru/konf/2015_ts/03_tom02.pdf (data obrashhenija: 10.11.2015).
19. Dubovik N. N., Nogin O. A., Tumanov V. M. Informacionno-navigacionnaja sistema «INS» // Mezhdunarodnyj investicionnyj forum «WEB – Ready 2015». [Jelektronnyj resurs] URL: [https:// web-ready.ru/files/ins_1.doc](https://web-ready.ru/files/ins_1.doc) (data obrashhenija: 10.11.2015).

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.125

Запарнюк М.Н.¹, Сергеева А.А.²¹Магистрант, ²магистрант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДОВ
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ***Аннотация*

В статье рассмотрены методы нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов в высокотемпературных технологиях, предложен термодинамический метод нормирования, дана оценка действующего производства извести.

Ключевые слова: нормирование, топливно-энергетические ресурсы, эффективность.

Zaparnyuk M. N.¹, Sergeeva A. A.²¹Master, ²master, Nosov Magnitogorsk State Technical University**EFFECTIVE METHODS OF CONSUMPTION RATIONING FUEL AND ENERGY RESOURCES***Abstract*

The article describes the methods of rationing of fuel and energy resources in high technology, thermodynamic method proposed regulation, an assessment of existing production of lime.

Keywords: rationing of fuel and energy resources, efficiency.

Одним из важнейших показателей эффективной работы предприятий черной металлургии является энергосбережение. Энергосбережения можно достигнуть за счет рационального использования топливно-энергетических ресурсов, для этого необходимо вводить нормы расходов топливно-энергетических ресурсов. Основная задача нормирования потребления энергоресурсов заключается в формировании базы данных для анализа и контроля производственных процессов в части экономически обоснованного и наиболее эффективного использования ТЭР.

Проведенный анализ требований указа № 889, Федерального закона от 23 ноября 2009г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и подзаконных актов предусматривает разработку или актуализацию системы нормативно-методических документов, большинство которых в настоящее время отсутствуют или безнадежно устарели[1].

В настоящее время существует 3 метода нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов. Основным методом разработки норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии является расчетно-аналитический метод. Кроме того, применяются опытный и расчетно-статистический методы.

Расчетно-аналитический (нормативный) метод предусматривает определение норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии расчетным путем по статьям расхода на основе прогрессивных показателей использования этих ресурсов в производстве. Недостатки метода: сложность определения режимов работы; недостаточность нормативных данных; различия в работе идентичных объектов.

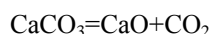
Опытный метод разработки норм заключается в определении удельных затрат топлива, тепловой и электрической энергии по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента). Он применяется для составления индивидуальных норм, при этом оборудование должно быть технически исправным, отлаженным, а технологический процесс должен осуществляться в режимах, предусмотренных технологическими регламентами или инструкциями.

Расчетно-статистический метод основан на анализе статистических данных о фактическом потреблении за предыдущие несколько лет. Метод применим при наличии систем учета и невозможности использования первых двух методов. Результат не берется за основу и применяется при отсутствии возможности использования первых двух. Недостатки: результаты расчета подвержены влиянию неисправности систем учета энергоресурсов и технологического оборудования. Кроме того, метод скрывает нерациональное использование энергоресурсов на объектах.

Таким образом, нормирование расходов ТЭР основывается на снижении расходов каждого вида энергоресурсов, как правило, на 5% от базового года.

Однако, существует методика определения возможного уровня снижения энергетических затрат на процесс – термодинамический анализ исследуемой технологии и определение резерва энергосбережения нормируемого процесса.

В качестве примера, рассмотрим производство извести. В печах, обычно шахтных или вращающихся, известняк (CaCO_3) нагревается до температуры 850 °С. При обжиге известняка образуются углекислый газ(CO_2) и негашеная известь(CaO).



В результате разложения известняка на тонну негашеной извести выделяется до 0,75 тонны диоксида углерода (CO_2), в зависимости от состава известняка и степени обжига [2]. Затраты тепловой энергии в действующем производстве составляют около 6000 МДж/т кальциевой негашеной извести и обожженного доломита.

В то же время, в термодинамически идеальных условиях, на разложение кальциевого известняка необходимо всего лишь 1790 МДж/т исходного сырья.

На рис.1 представлен график резерва энергосбережения для описываемого процесса.



Рис. 1 – График резерва энергосбережения для производства извести, где: 1- затраты тепловой энергии в действующем производстве извести, 2 – затраты тепловой энергии на производство одной тонны извести в термодинамически идеальных условиях.

Из графика видно, что для процесса производства извести технологически необходимо затрачивать в 3 раза меньше энергии, чем потребляется в настоящее время в действующем производстве.

В результате, термодинамический анализ совместно с определением резерва энергосбережения указывают энергоэффективный вектор нормирования ТЭР. Использование данной методики нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов для определения возможного уровня снижения энергетических затрат на процесс, позволит значительно сократить потери теплоты в действующем производстве.

Литература

1. Вегман Е.Ф. Краткий справочник доменщика М.: Metallurgiya, 1981. - 240 с.
2. Г.В. Никифоров, В. К. Олейников, Б.И. Заславец Энергосбережение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве – 2008, №2 – с. 12-17

References

1. Vegman E.F. Kratkij spravochnik domenshhika M.: Metallurgija, 1981. - 240 s.
2. G.V. Nikiforov, V. K. Olejnikov, B.I. Zaslavec Jenergoberezhenie i upravlenie jenergopotrebleniem v metallurgicheskom proizvodstve – 2008, №2 – s. 12-17

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.34

Карастелев Н.А.¹, Шариков Ю.В.²

¹Аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», ²доктор технических наук, профессор, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПИРИТ-АРСЕНОПИРИТ СОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА

Аннотация

В статье рассмотрена математическая модель автоклавного окислительного процесса применительно к переработке сульфидного золотосодержащего концентрата. Проведена параметрическая идентификация неизвестных параметров модели на основе поставленных кинетических опытов. Получены результаты моделирования, а также оценка адекватности предложенной математической модели.

Ключевые слова: пирит, арсенопирит, упорное золото, автоклавный окислительный процесс, математическое моделирование.

Karastelev N.A.¹, Sharikov I.V.²

¹Postgraduate Student, National Mineral Resources University (University of Mines), ²PhD in Engineering, Professor, National Mineral Resources University (Mining University)

MATHEMATICAL MODELING OF THE PRESSURE OXIDATION OF SULPHIDE CONCENTRATES

Abstract

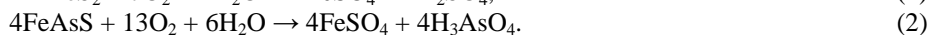
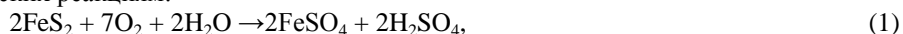
The article considers the mathematical model of autoclave oxidation process as applied to treatment of gold-bearing sulphide concentrates. The parametric identification of unknown model parameters was performed by using the set of kinetic experiments. The results of modeling and assessment of adequacy of mathematical model were presented.

Keywords: pyrite, arsenopyrite, refractory gold, pressure oxidation process, mathematical simulation.

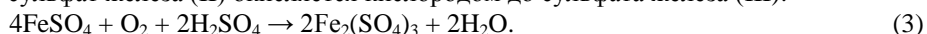
1. ВСТУПЛЕНИЕ

Автоклавный окислительный процесс, как способ разрушения и растворения содержащихся в материале пирита (FeS_2) и арсенопирита (FeAsS) с целью вскрытия поверхности ассоциированных с данными минералами частиц тонкодисперсного золота, получил широкое признание и распространение в золотодобывающей

промышленности. В основу процесса положено окисление содержащихся в концентрате сульфидных минералов под действием кислорода в аппаратах способных поддерживать высокие температуры (220–230 °С) и давление (3,5–3,7 МПа), согласно следующим химическим реакциям:



Образующийся по реакциям (1-2) сульфат железа (II) окисляется кислородом до сульфата железа (III):



Автоклавное окисление сульфидов происходит в процессе взаимодействия твердой, жидкой и газообразной фаз: диспергированный в жидкой фазе кислород за счет массообменных процессов вступает в реакцию с твердыми частицами сульфидов. Скорость протекания различных стадий окислительного процесса характерна для различных по составу концентратов, а также условий в которых протекает окисление: температура процесса, парциальное давление кислорода, крупность материала, время пребывания материала и т. д. С целью оценки влияния данных факторов на основной показатель окислительного процесса – степень разложения сульфидных материалов, как правило, исследуется кинетика автоклавного окисления конкретного концентрата. Полученные в ходе проведенных экспериментов результаты обобщаются с помощью адекватной математической модели процесса, необходимой как для оптимизации, так и для масштабирования результатов на реальный промышленный процесс. С этой целью проведён ряд кинетических опытов, анализ и разработка математического описания автоклавного процесса, а также моделирование и оценка адекватности полученной модели.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика проведения кинетического эксперимента. Автоклавное окисление пирит-арсенопирит содержащего материала проводили в титановом автоклаве фирмы Buchi Glass Uster (Швейцария) объемом 1,1 дм³ (рабочий объем 0,680 дм³), снабженном системой автоматического поддержания температуры в реакторе и турбинной мешалкой диаметром 60 мм с регулируемым числом оборотов. Кислород подается непосредственно под мешалку по заглубленной титановой трубке.

Из навески концентрата готовили пульпу с заданным отношением Ж:Т и переносили её в автоклав. Автоклав герметизировали и продували кислородом, затем начинался разогрев автоклава до рабочей температуры при включенной мешалке. По достижению рабочей в автоклав подавали кислород, задавали рабочее число оборотов мешалки и фиксировали начало автоклавного опыта. В течении опыта непрерывно поддерживали заданную температуру процесса с точностью $\pm 1^\circ$, компенсируя излишки выделяющегося тепла охлаждением через заведенный в автоклав змеевик. Заданное парциальное давление кислорода автоматически поддерживалось регулятором давления фирмы Bronkhorst (Голландия), а мгновенный расход кислорода непрерывно фиксировался установленным на кислородной линии расходомером с интервалом менее одной секунды. Получаемые в реальном времени мгновенный и суммарный расход кислорода позволяют судить о скорости и степени завершенности процесса окисления. При прекращении расхода кислорода в автоклав подача кислорода прекращалась, автоклав охлаждался с последующим сбросом давления до атмосферного и выгрузкой окисленной пульпы.

Исследуемый материал и проведенная серия опытов. С целью проведения параметрической идентификации предложенной модели автоклавного окисления проведена серия кинетических опытов, приведенная в таблице 2. В качестве исследуемого материала использован золотосодержащий концентрат (содержание золота порядка 23,8 г/т), упорность которого обусловлена присутствием пирита (порядка 36% по массе) и арсенопирита (порядка 20% по массе). Химический и минералогический состав исследуемого материала приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический и минералогический состав исследуемого пирит-арсенопирит содержащего концентрата

	Fe	S _{общ}	As	Всего
FeS ₂	16,90	19,41		36,31
FeAsS	6,85	3,93	9,19	19,97
Fe ₂ O ₃	1,95			2,78
Итого	25,70	23,34	9,19	59,07

В ходе проведения серии экспериментов варьировали температуру процесса и парциальное давление кислорода, приняв за базовые значения данных параметров 225°С и 7,3 бара соответственно. Общий расход потребляемого в каждом из опытов кислорода, продолжительность опыта, а также итоговое извлечение золота из окисленного материала приведены в таблице 2. Рассматривая результаты можно с уверенностью сказать, что снижение окислительных условий сказывается в первую очередь на продолжительности опыта. Поскольку опыт проводился до полного поглощения количества кислорода, необходимого для окисления содержащихся в материале пирита и арсенопирита, то полученное путем последующего цианирования окисленного материала извлечение золота не сильно различается. Оценить динамику окисления возможно по полученным кривым поглощения кислорода, приведенным на рисунке 1.

Таблица 2 – Серия проведённых опытов по исследованию кинетики автоклавного окислительного процесса

№ опыта	Навеска г	Ж/Т	Т °С	P _{O2} бар	n мин ⁻¹	V _{O2} л	τ мин
1	100,0	6,3	190	7,2	800	32,3	60
2	100,0	6,3	210	7,2	800	34,4	40
3	100,0	6,3	225	7,3	800	35,8	31
4	100,0	6,3	230	7,3	800	36,1	30
5	100,0	6,3	225	4,5	800	35,5	37
6	100,0	6,3	225	7,3	800	36,4	31

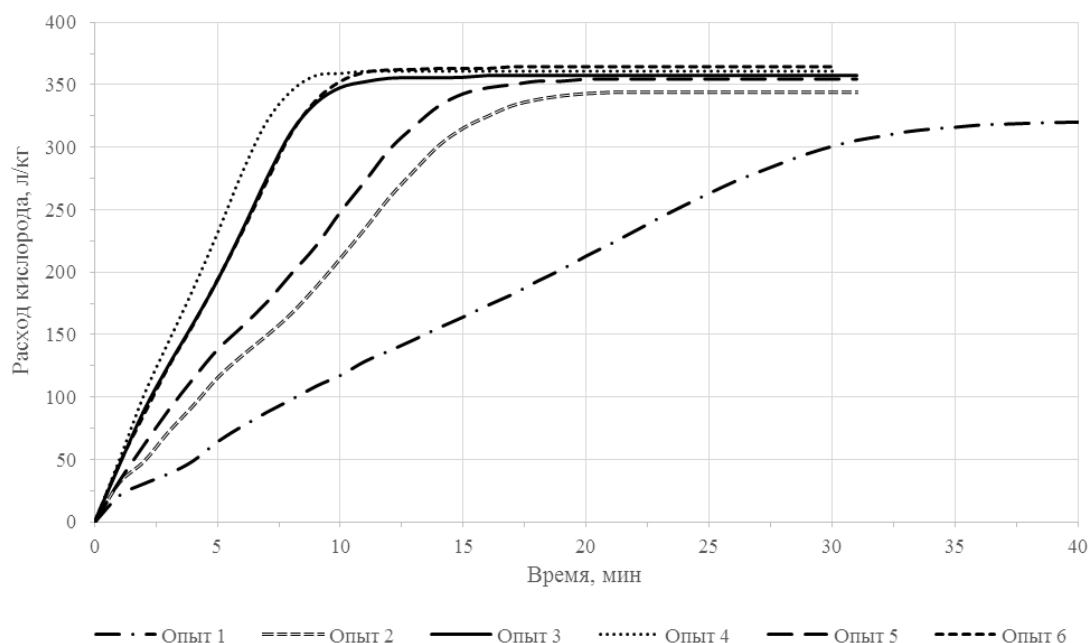


Рис. 1 – Кривые расхода кислорода полученные в ходе проведения кинетических опытов

3. МОДЕЛЬ АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Математическое описание процесса растворения FeS и FeAs. В основу математической модели автоклавного окисления положены идеи изложенные авторами и реализованные ранее в общеизвестной модели сжимающегося ядра (Shrinking Core Model, Yagi и Kunii 1995, 1961) [1]. Рассматривая количество окисляемого материала (пирита или арсенопирита) как совокупность однородных сферических частиц уменьшающегося по мере окисления радиуса (а значит и поверхности на которой проходит окисление) выделим основные стадии протекания процесса: 1) растворение газообразного кислорода и его диффузия к поверхности окисляемого материала; 2) участие кислорода в окислении, протекающим на поверхности материала, согласно реакциям (1) и (2); 3) окисление ионов Fe²⁺ до ионов Fe³⁺ в жидкой фазе под действием кислорода, согласно реакции (3).

За лимитирующую стадию процесса окисления примем стадию химической реакции, протекающей на поверхности окисляемого материала, с тем допущением, что процесс протекает в относительно идеальных гидродинамических условиях и скорость диспергации и растворения кислорода сравнительно выше скорости окисления. Концентрация насыщения кислорода в объеме растворителя (моль O₂ на кг раствора) постоянна и определяется как зависимость от парциального давления кислорода и температуры процесса, согласно предложенной Tromans модели [2]:

$$N_{O_2} = p_{O_2}^* \cdot \exp \left(\frac{0,046 \cdot T^2 + 203,35 \cdot T \cdot \log(T / 298) - (299,378 + 0,092 \cdot T)(T - 298) - 20591}{8,3144 \cdot T} \right) \quad (4)$$

Принимая постоянство «концентрации пирита/арсенопирита» на поверхности твердых частиц свойством рассматриваемого материала определим степень растворения окисляемого материала через процесс постепенного сокращения как объема каждой частицы, так и реакционно активной поверхности материала:

$$\frac{dx_{FeS_2}}{dt} = - \frac{1}{S_{f0(FeS_2)}} \frac{dS_{f(FeS_2)}}{dt} \quad (5)$$

$$\frac{dx_{FeAsS}}{dt} = - \frac{1}{S_{f0(FeAsS)}} \frac{dS_{f(FeAsS)}}{dt} \quad (6)$$

где $S_{f0(FeS_2)}$ – исходная площадь поверхности окисляемого материала, м²; $S_{f(FeS_2)}$ – текущая площадь поверхности частицы, м²; x_{FeS_2} – степень конверсии материала.

Поскольку лимитирующая стадия процесса – скорость поверхностной реакции окисления, то скорость поглощения кислорода определяется главным образом скоростью протекания реакции окисления на поверхности частиц пирита и арсенопирита (моль FeS₂/FeAsS в минуту):

$$-\frac{dN_{O_2(FeS_2/FeAsS)}}{dt} = -\frac{dN_{FeS_2/FeAsS}}{dt} \quad (7)$$

Скорость поглощения кислорода зависит от концентрации растворенного в жидкой фазе кислорода, реакционно площади и константы скорости поверхностной химической реакции:

$$-\frac{dN_{O_2}}{dt} = S_f k_s N_{O_2}^n, \text{ где } k_s = k_0 e^{-RT/E} \quad (8)$$

где S_f – площадь реакционной поверхности, м²; k_s – константа скорости поверхностной реакции, 1/м²мин; N_{O_2} – количество растворенного в жидкой фазе кислорода, моль.

Скорость окисления пирита выразим через скорость сокращения реакционно активной поверхности окисляемого материала:

$$-\frac{dN_{FeS_2}}{dt} = n\rho_{FeS_2} \frac{dV_{p(FeS_2)}}{dt} = \frac{\rho_{FeS_2} R_{p(FeS_2)}}{3} \frac{dS_{f(FeS_2)}}{dt} \quad (9)$$

где n – условное число сферических частиц пирита данного радиуса (определяется степенью измельчения исходного материала); ρ_{FeS_2} – молярная плотность пирита, моль/м³; $V_{p(FeS_2)}$ – объем частицы пирита, м³; $R_{p(FeS_2)}$ – средний радиус сферической частицы, м; $S_{f(FeS_2)}$ – суммарная реакционная площадь поверхности частицы, м². Используя полученные выражения (8) и (9) выразим скорость изменения суммарной поверхности пирита:

$$\frac{dS_{f(FeS_2)}}{dt} = \frac{3}{n\rho_{FeS_2} R_{p(FeS_2)}} S_{f(FeS_2)} k_s N_{O_2}^{n_1}, \text{ где } k_s = k_1 e^{-RT/E_1} \quad (10)$$

И аналогично для арсенопирита:

$$\frac{dS_{f(FeAsS)}}{dt} = \frac{3}{n\rho_{FeAsS} R_{p(FeAsS)}} S_{f(FeAsS)} k_s N_{O_2}^{n_2}, \text{ где } k_s = k_2 e^{-RT/E_2} \quad (11)$$

Скорость протекания в жидкой фазе гомогенной реакции окисления ионов Fe²⁺ до ионов Fe³⁺ определим, как:

$$\frac{dN_{Fe^{3+}}}{dt} = k N_{Fe^{2+}}^2 N_{O_2}^{n_3}, \text{ где } k = k_3 e^{-RT/E_3} \quad (12)$$

Таким образом, общее количество израсходованного согласно реакциям (1), (2), (3) кислорода определяется как:

$$\frac{dN_{\Sigma O_2}}{dt} = 3,5 \frac{dx_{FeS_2}}{dt} N_{FeS_2} + 3,25 \frac{dx_{FeAsS}}{dt} N_{FeAsS} + 0,25 \frac{dN_{Fe^{3+}}}{dt} \quad (13)$$

Параметрическая идентификация и моделирование. С целью определения неизвестных параметров модели: констант скорости реакции (k_1, k_2, k_3); энергии активации (E_1, E_2, E_3); порядка реакции по заданным компонентам (n_1, n_2, n_3) (согласно приведенным ранее уравнениям (10), (11), (12)) проведена параметрическая идентификация посредством реализованных в пакете прикладных программ MATLAB вычислительных алгоритмов. В качестве критерия рассогласования в процессе решения задачи идентификации использована сумма квадратов отклонений, адекватность модели оценивали по значению R² и величине среднеквадратичной ошибки (RMSE).

Результаты параметрической идентификации приведены в таблице 3, а результат моделирования в сравнении с исходными экспериментальными данными приведен на рисунке 2. О достаточной адекватности математической модели можно судить по значениям коэффициентов детерминации (R²), не превышающих значения в 0,93 и максимального значения стандартной ошибки, равного 0,125.

Таблица 3 – Результаты параметрической идентификации

Параметр	Ед. изм.	Значение
k_1	б.р.	$2,0887 \cdot 10^{13}$
k_2	б.р.	$1,3881 \cdot 10^{18}$
k_3	б.р.	$1,9202 \cdot 10^5$
E_1	кДж	53,86
E_2	кДж	100,02
E_3	кДж	75,12
n_1	б.р.	0,34
n_2	б.р.	0,48
n_3	б.р.	0,86

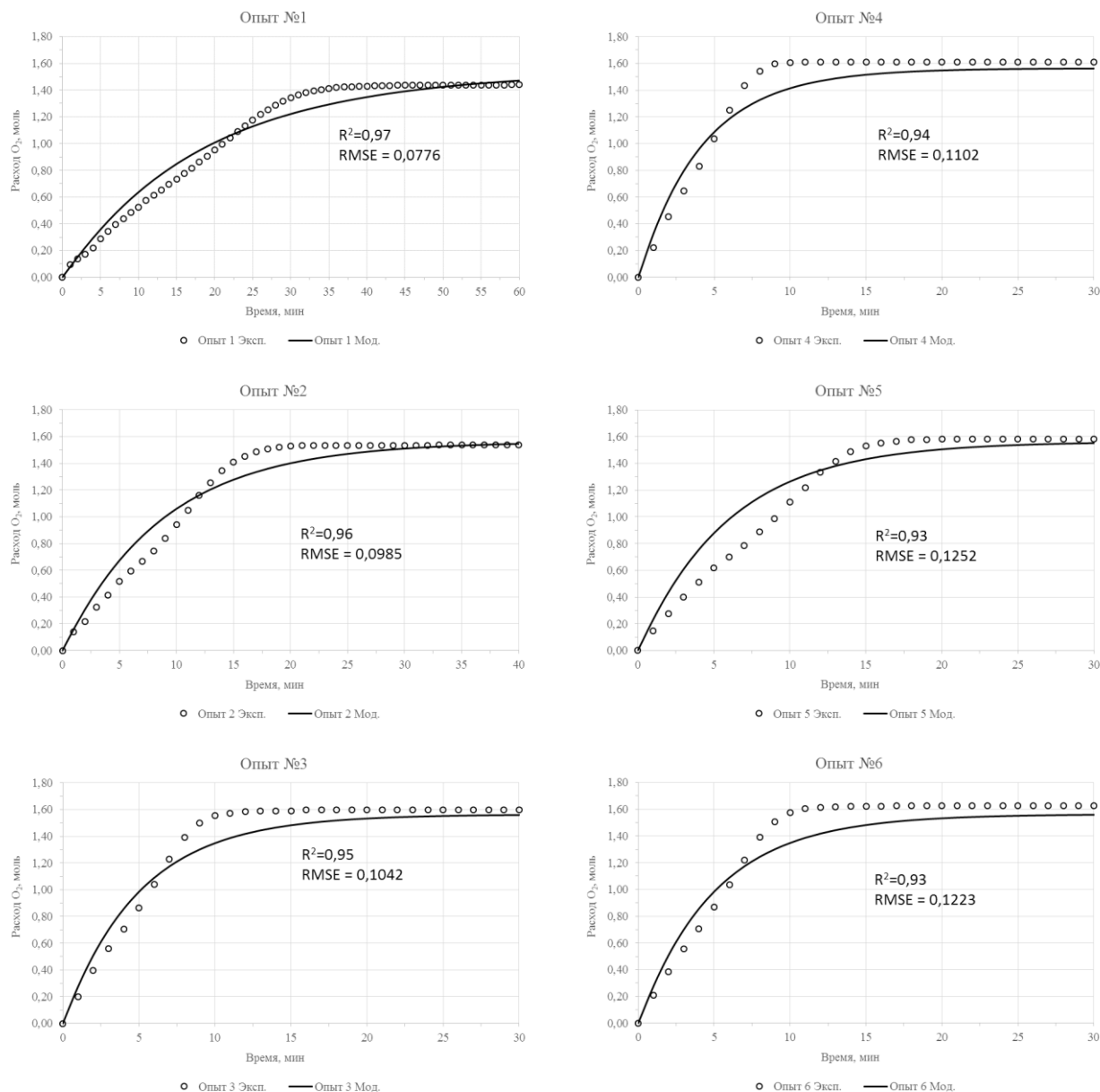


Рис. 2 – Экспериментальные данные и их аппроксимация предложенной моделью

4. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенная математическая модель автоклавного окисления сульфидных концентратов основана на описании процесса сокращения реакционно способной площади данных минералов с учетом средней крупности материала и химической активности реакционной поверхности пирита и арсенопирита.

2. Для проведения параметрической идентификации модели использованы результаты кинетических опытов окисления концентрата с содержанием FeS_2 16,9% и $FeAsS$ 6,9% при различных температурах и давлении. Адекватность модели оценивалась показателем R^2 , значение которого в худшем случае было не менее 0,93.

3. В перспективе на основе полученного математического описания периодического автоклавного окислительного процесса возможно рассчитать процесса непрерывного автоклавного окисления, что полезно на стадии проектирования автоклавного участка процесса переработки золотосодержащих концентратов.

Благодарности: Работа выполнена на материальной базе ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия», Санкт-Петербург, Ленинский проспект 151, тел. 600-77-45, e-mail: src@gidrometall.ru

Литература

1. Levenspiel O. Chemical reaction engineering, 3rd Edition [Текст] / O. Levenspiel. - New York: Wiley, 1999. -566 p.
2. Tromans D. Oxygen solubility modeling in inorganic solutions: concentration, temperature and pressure effect // Hydrometallurgy. 1998. Vol. 50. P. 279.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.188

Коломникова Я.П.¹, Литвинова Е.В.², Анохина С.И.³, Текутьева Ю.А.⁴

¹Кандидат технических наук, доцент; ²магистрант, ³студент, ⁴студент
Воронежский государственный университет инженерных технологий

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ

КОМПОНЕНТОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ СДОБНОГО ТЕСТА И ГОТОВЫХ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация

В статье рассмотрено применение нетрадиционного растительного сырья в технологии сдобных булочных изделий. Установлено положительное влияние вносимых компонентов на микроструктуру сдобного теста и готовых булочных изделий.

Ключевые слова: жмых зародышей пшеницы, жмых семян тыквы, масло зародышей пшеницы, микроструктура мякиша.

Kolomnikova J.P.¹, Litvinova E.V.², Anohina S.I.³, Tekut'eva Ju.A.⁴

¹PhD in Engineering, associate professor, ²master, ³student, ⁴student,
Voronezh State University of Engineering Technology

INFLUENCE OF PLANT FUNCTIONAL

COMPONENTS ON THE MICROSTRUCTURE AND IS PREPARING PASTRY BAKERY PRODUCTS

Abstract

The article deals with the use of unconventional materials plant in technology buns bakery products. The positive effect of insertion of components on the microstructure of pastry and finished bakery products.

Keywords: wheat germ oil cake, oil cake pumpkin seeds, wheat germ oil, microstructure crumb.

Мучные изделия в пищевом рационе россиян занимают ведущее место, и в перспективе они останутся главными пищевыми продуктами. На сегодняшний день определены основные подходы по созданию новых хлебо-булочных изделий, обогащенных физиологически функциональными пищевыми ингредиентами. В связи с этим ассортимент хлебобулочных изделий развивается в направлении использования в рецептурах природных компонентов.

Жмых зародышей пшеницы является источником полноценного белка и биологически активных веществ, отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот, ненасыщенных ω -3, ω -6 жирных кислот, витаминов Е, D, В₁, В₂, В₆, РР, пантотеновой и фолиевой кислот, каротиноидов, а также богат макро-и микронутриентами, среди которых следует выделить такие, как фосфор, кальций, калий, магний, селен, цинк [1].

В состав жмыха из семян тыквы входят эфирные масла, фитостерины, смолистые вещества, органические кислоты, витамины С и В, каротиноиды, углевод мелен.

В составе масла зародышей пшеницы присутствуют: все незаменимые, не синтезируемые организмом человека аминокислоты (триптофан, метионин, лейцин, валин, изолейцин), полиненасыщенные жирные кислоты (ω -3, ω -6 и ω -9 кислоты), жиро- и водорастворимые витамины (Е, А, D, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉), а также около 20 различных макро-и микроэлементов (среди которых – калий, кальций, фосфор, марганец, железо, цинк, селен, медь, сера, йод) [2].

Скорлупа яиц содержит 11,5 % сырого протеина, 0,35 % кальция и 1 % фосфора. Поэтому обогащение мучных изделий минеральными соединениями путем использования минерального обогатителя из яичной скорлупы актуально.

После исследования технологических аспектов применения функциональных растительных компонентов, было изучено их влияние на качество мякиша готового изделия. При реализации поставленной задачи за контрольную взята рецептура сдобной булочки из пшеничной муки. Новое изделие разрабатывали на основе описанной технологии, при этом учитывали свойства вносимых добавок с целью корректировки технологических параметров.

Наиболее рациональной дозировкой жмыхов можно считать 20 % (10 % жмыха зародышей пшеницы и 10 % жмыха семян тыквы) от массы муки в тесте. При повышении дозировки наблюдается ухудшение органолептических свойств изделия. Маргарин в классической рецептуре заменили маслом зародышей пшеницы. Сахар-песок заменили на натуральный мед. Мед содержит в себе множество минеральных веществ, среди которых: железо, калий, кальций, магний, марганец, натрий; витамины: В₁, В₂, В₃, РР, ниацин, пантотеновая кислота. Для сбалансированного содержания основных минеральных веществ, таких как Са, Р, Mg в рецептуру вводится 6 г яичной скорлупы.

В целях изучения влияния жмыхов зародышей пшеницы и семян тыквы, масла зародышей пшеницы, натурального меда и яичной скорлупы на изменение основных компонентов теста - крахмала и белка, исследовали структурные характеристики полуфабриката и хлеба методом электронной сканирующей микроскопии. Для сравнения изучали тесто из муки пшеничной высшего сорта (контроль) и тесто с добавлением жмыхов и масла (опыт). В опытной пробе отмечено более равномерное распределение пор по объему структуры. Также можно четко различить пленку из мелких белковых глобул, которая обволакивает крупные зерна крахмала, имеющие круглую или овальную форму, что способствует прочной связи между белковой матрицей и зёрнами крахмала и придает системе устойчивость.

Для изучения влияния вносимых компонентов на качество мякиша готового изделия также использовали метод электронной сканирующей микроскопии. Было установлено, что пористость мякиша опытной пробы наиболее развита по сравнению с контрольной. Поры в опытной пробе более тоньше, чем в контрольной. Изделия с развитой пористостью и тонкими стенками пор сохраняют свою свежесть дольше.

На основании полученных результатов было установлено, что внесение жмыхов, масла зародышей пшеницы, натурального меда и яичной скорлупы способствует образованию пор, равномерно распределенных по всему объему теста, причем расположение их более компактное. Такая микроструктура свидетельствует о возможном замедлении процесса ретроградации крахмала мякиша хлеба при хранении, т. е. о снижении его черствения.

Литература

1. Коломникова Я.П., Дерканосова А.А., Мануковская М.В., Литвинова Е.В. Влияние нетрадиционного растительного сырья на биотехнологические свойства и структуру сдобного теста // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 3 (65). С.145-148.

2. Тertychnaya T.N., Fonina N.N. Оптимизация рецептуры сдобного печенья с применением перспективных растительных обогатителей // Хлебопродукты – 2014. – № 9.

References

1. Kolomnikova Ja.P., Derkanosova A.A., Manukovskaja M.V., Litvinova E.V. Vlijanie netradicionnogo rastitel'nogo syr'ja na bioteknologicheskie svojstva i strukturu sдобного теста // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. 2015. № 3 (65). S.145-148.

2. Tertychnaja T.N., Fonina N.N. Optimizacija receptury sдобного печen'ja s primeneniem perspektivnyh rastitel'nyh obogatitelej // Hleboprodukty – 2014. – № 9.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.126

Кушнир А.В.¹, Белоусов А.В.², Виноградов А.А.³, Рошубкин П.В.⁴

¹Магистрант, ²кандидат технических наук, профессор, ³кандидат технических наук, профессор, ⁴старший преподаватель, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМ ETAP REAL TIME И PSI CONTROL ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ И УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация

В статье затрагиваются важные аспекты развития автоматизированной системы диспетчерского управления на базе платформ ETAP real time и PSI control с использованием высокоэффективных решений моделирования и управления режимами электроэнергетических систем.

Ключевые слова: автоматизация, диспетчеризация, моделирование, управление.

Kushnir A.V.¹, Belousov A.V.², Vinogradov A.A.³, Roschubkin P.V.⁴

¹Master student, ²PhD in Engineering, professor, ³PhD in Engineering, professor, ⁴senior lecturer, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

THE USE OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR DISPATCHING PLATFORMS ETAP REAL TIME AND PSI CONTROL FOR MODELING AND MANAGEMENT REGIMES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

Abstract

The article touches on important aspects of the development of the automated system of dispatch control platforms ETAP real time and PSI control using high-efficiency solutions modeling and control modes of electropower systems.

Keywords: automation, dispatching, modeling, management.

Современное развитие автоматизированных систем управления (АСУ) ориентировано на создание новых функционально расширенных вспомогательных систем и многомодальных пользовательских интерфейсов, обеспечивающих эффективное выполнение задач моделирования и управления технологическими процессами [1]. Повышение научно-технического уровня и эффективности АСУ создало предпосылки для разработки систем более высокого класса – многоуровневых интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ).

ИАСУ включает АСУП – организационно-управленческую сторону производственной деятельности; АСУТП – технико-технологическую сторону производственной деятельности и САПР – конструкторско-технологическую сторону производственной деятельности. Эти элементы взаимосвязаны и образуют единый контур организационно-экономического управления.

На сегодняшний день известно немало компаний, разрабатывающих для предприятий энергетики «умные» системы управления крупными системами энергоснабжения. Среди них наиболее широкую известность получили программные комплексы ETAP real time и PSI control.

Программное обеспечение ETAP – разработка американской компании, обеспечивающая решение большинства задач электроэнергетики [2].

ПО ETAP real time предлагает полностью интегрированное новейшее решение благодаря системе управления мощностью, энергией, интеллектуальному сбросу нагрузки и функции автоматизации подстанций. Используя систему управления энергией, можно получить максимально полную картину о технологическом процессе.

ETAP Smart Grid - инструменты для планирования и надежной работы сети.

Программное обеспечение для управления мощностью энергосистем ETAP real time оптимизирует весь технологический процесс, уменьшает потери и увеличивает прибыль.

ETAP Power Management System - это пакет энергорегулирующих инструментов, предлагающих полностью интегрированные решения. Через постоянный мониторинг, симуляцию и оптимизацию имеющихся электрических, промышленных систем и систем управления, программное обеспечение может улучшить качество технологического процесса, уменьшить потери и увеличить прибыль.

Использование ETAP Power Management System позволяет клиенту расширить традиционную систему сбора данных до интеллигентного решения для операторов, диспетчеров, инженеров и ответственных служащих.

Его модульные приложения могут быть приспособлены для решения задач любой компании, для любых сетей - от маленьких до огромных.

На основе комплекса ETAP real time успешно функционируют системы мониторинга и управления энергосистемами различного масштаба:

- городские (Сиэтл, Дубай);
- промышленные (нефтеперерабатывающий завод ARAMCO Ras Tanura, предприятия The Cogeneration Public Company Ltd., Thai Cogeneration Company Ltd., MTP Cogeneration Company Ltd., Pertamina UPV).

Программный комплекс PSIcontrol – это разработка российско-немецкой компании, созданная с целью максимального повышения эффективности эксплуатации сетевой инфраструктуры и надежности энергоснабжения.

Среди разработчиков систем диспетчерского управления PSIcontrol отличается инновационными решениями в области моделирования, управления эксплуатацией сетей и проведения расчетов. Системы PSI управляют самыми сложными электросетевыми структурами в Европе, поддерживая надежную работу транснациональных энергетических мостов, а также широкое использование возобновляемых источников энергии и эксплуатацию «умных» сетей. Независимый разработчик программного обеспечения PSI с 1969 г. входит в число ведущих компаний в сфере технологий управления процессами и информационных систем, обеспечивает успешную работу ведущих энергетических компаний Европы и мира [3].

Решение PSIcontrol базируется на трех основных компонентах [4]:

1. Центральная система управления (ЦУС);
2. SCADA – система для сбора, передачи и управления данными;
3. Smart Telecontrol Unit (STU) – система сбора, хранения и передачи данных измерений.

Все компоненты идеально объединены и интегрированы в общую систему, но также могут применяться как самостоятельные решения.

Центральная система управления (ЦУС) обеспечивает отображение процессов и оценку всего оборудования, мониторинг сети.

Внедрение всех регулирующих методов оптимизации происходит через систему SCADA.

SCADA – системы для сбора, передачи и управления данными создана с учетом многолетнего опыта PSI с высококачественными системами управления, обеспечивает надежную передачу данных, техническое управление и контроль оборудования. Данная система обеспечивает надежный сбор и передачу данных от производителей и потребителей, а также является системой мониторинга и управления в режиме реального времени. Детальное моделирование объектов обеспечивает визуализацию и управление генерирующими единицами, накопителями энергии и (крупными) нагрузками/потребителями.

Разработка модели осуществляется в подсистеме Подготовки данных, функция которой позволяет производить весь спектр действий, необходимых для создания и изменения модели объектов управления. Процесс подготовки данных осуществляется в несколько этапов:

- создание графической модели;
- привязка элементов графической модели к процессу;
- подготовка шлюзов телемеханики.

Графический конструктор системы располагает значительным набором элементов, необходимых для создания исходной модели, а так же типовых решений для создания присоединений ячеек.

Неотъемлемой частью подготовки модели данных является привязка к технологическому процессу ее элементов, которая отображает иерархическую структуру соподчиненности объектов.

Шлюз телемеханики – обязательный атрибут системы приема/передачи телеинформации. Наряду с отображением, хранением и архивированием технологической информации система SCADA помогает управлять практически любым количеством подключенных «умных» устройств, так называемых *Smart Telecontrol Units (STU)*. На них передаются параметры управления и стандартные параметры центральной системы в режиме реального времени. *Smart Telecontrol Unit (STU)* – это «умное» устройство для подключения и контроля оборудования. На STU собираются, хранятся и передаются в систему управления данные измерений и отчеты различных производителей и потребителей.

Для отображения созданной модели данных в каталоге оперативного управления модель должна быть предварительно обработана в информационно-вычислительной (ИБ) системе, представленной набором серверов:

- сервер рабочих групп (wps);
- сервер интерфейсов (ifs);
- сервер баз данных (dbs).

Статическая модель данных после ее подготовки изначально находится в пассивном режиме, для отображения ее в режиме ОУ, необходимо перевести ее в активный режим управления с помощью следующих операций:

- генерации модели данных;
- переноса модели данных с сервера Базы данных на сервер Рабочей группы;
- переключения модели данных в режим Он-лайн.

По завершению проделанных операций, схема появляется в каталоге ПС режима ОУ.

АСДТУ на базе платформ ETAP real time и PSIconrol использует все преимущества развития передовых промышленных трендов. Разработка программного комплекса на основе данных программно-аппаратных комплексов рассчитана на высокую эффективность и надежность, а глубокая взаимная интеграция систем и расчетно-аналитических модулей обеспечивают высокое быстродействие алгоритмов решения расчетно-аналитических задач и использования оперативных расчетов в режиме реального времени.

Литература

1. Мусаев А. А., Шерстюк Ю. М. Автоматизация диспетчеризации производственных процессов промышленных предприятий. СПб., 2000, 17 с.
2. EtapPoweringSuccess (методические указания), 21 с.
3. Кушнир А.В., Виноградов А.А. Диспетчеризация и автоматизация системы электроснабжения на базе PSI. Международный Научный Институт «Education» Ежемесячный научный журнал №5/2014, Новосибирск, 65 с.
4. PSI Energy Brochure 2012, 23 с.

References

1. A. Musaev, Sherstyuk Y. M. Dispatching Automation of production processes of industrial enterprises. Spb., 2000, 17 s.
2. EtapPoweringSuccess (guidelines), 21 s.
3. Kuschnir A.V., Vinogradov A.A. Dispatching and automation of power supply system on the basis of PSI. International Scientific Institute "Education" Monthly scientific journal № 5/2014, Novosibirsk, 65 s.
4. PSI Energy Brochure 2012, 23 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.109

Ларин В.П.¹, Новиков А.Е.², Смирнов В.А.²

¹Доктор технических наук, профессор, ²аспирант,

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Аннотация

В статье изложены результаты анализа необходимой информационной поддержки процессов проектирования и функционирования системы контроля предприятия при изготовлении высоконадежных изделий. Рассмотрены цели и задачи информационной поддержки процессов контроля в условиях единой информационной среды предприятия и управления PDM-системой. Предложены мероприятия по эффективной организации информационной поддержки PDM-системой процессов, выполняемых системой контроля.

Ключевые слова: информационная поддержка, производственный контроль, система контроля, высоконадежные изделия, управление PDM-системой.

Larin V.P.¹, Novikov A.E.², Smirnov V.A.²

¹PhD in Engineering, Professor, ²postgraduate student,

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

CREATION OF INFORMATION SUPPORT FOR SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL

Abstract

The article describes the results of the analysis of the necessary information support planning processes and the functioning of the control systems of the enterprise in the manufacture of highly reliable products. The objectives and tasks of the information support for monitoring in a single information environment of the enterprise and the management of PDM-system are examined. Arrangements for the efficient organization of information support of PDM-system processes that are running are proposed.

Keywords: information support, production control, control system, highly reliable products, management of PDM system.

Введение. Процессы технологической подготовки, управления производством и процессы изготовления изделий на современном предприятии сопровождаются сквозной непрерывной информационной поддержкой. Эта информационная поддержка осуществляется в едином информационном пространстве – интегрированной информационной среде (ИИС) предприятия.

Существующие проблемы, связанные с необходимостью достижения мирового уровня качества отечественных изделий в процессе импортозамещения, обеспечения бездефектности производства изделий, относящихся к категории критичных по последствиям отказов, в значительной степени могут быть решены путем совершенствования методов проектирования и организации системы контроля предприятия.

Для эффективного функционирования системы контроля современного предприятия, рационального решения проблемных ситуаций и выработки обоснованных и единственно верных решений в процессах технического контроля, необходимо соответствующее информационное обеспечение реализации процессов и принятия решений по результатам контроля о состоянии элементов изделия и изделия в целом, на всех этапах изготовления. Повышение конструктивной и функциональной интеграции и интеллектуализация сложной, в том числе бортовой аппаратуры, чрезвычайно осложнили процессы контроля и диагностирования, выполняемые на всех этапах изготовления изделий, а ряд техногенных событий, заставляя внимательно проанализировать всю цепочку проектирования и изготовления, включая теоретические основы проектирования технологии контроля высоконадежной аппаратуры.

Цель публикации. В данной статье изложены результаты исследований по эффективной информационной поддержке процессов контроля на предприятии, осуществляющем выпуск сложной высоконадежной аппаратуры.

Установлено, что при выполнении адаптации PDM-системы к процессам и изделиям конкретного предприятия необходимо обеспечить более эффективное и оперативное управление процессами контроля. Особое внимание должно быть уделено информационной поддержке проектов и выполняемых процессов контроля, как основному средству полного исключения принятия ошибочных решений по результатам контроля с максимальным устранением человеческого фактора из этого процесса и создания единого информационного обеспечения системы контроля предприятия.

Рассмотрим основные условия эффективного информационного обеспечения заключительной объективной и достоверной оценки технического состояния изделия на стадии производства.

Цели и задачи информационной поддержки процессов контроля. При проектировании системы контроля предприятия существует извечная проблема: как обеспечить качество изделий с минимальными затратами на контроль. Многолетней практикой доказано, что только гибкое, оперативное реагирование системы контроля на возникающие возмущения в характеристиках качества технологических систем является рациональным вариантом затрат на контроль. Гибкость, оперативность реагирования системы контроля зависят от двух главных факторов: наличия глубокого причинно-следственного исследования реализуемых технологических процессов и эффективной информационной поддержки процессов контроля.

Под информационной поддержкой процессов контроля при производстве сложной высоконадежной аппаратуры понимается обеспечение системы контроля, реализующей эти процессы, необходимой информацией, средствами поиска, получения, хранения, накопления, передачи и обработки информации. Укрупненная структура информационной поддержки системы контроля на предприятии, представлена на рис. 1. На рис. 1 обозначено: СК – система контроля; СИС – система информационной поддержки; ЦХД – центральное хранилище данных; ИКТД – интегрированные конструкторско-технологические документы; БД – база данных; ИИС – интегрированная информационная среда.

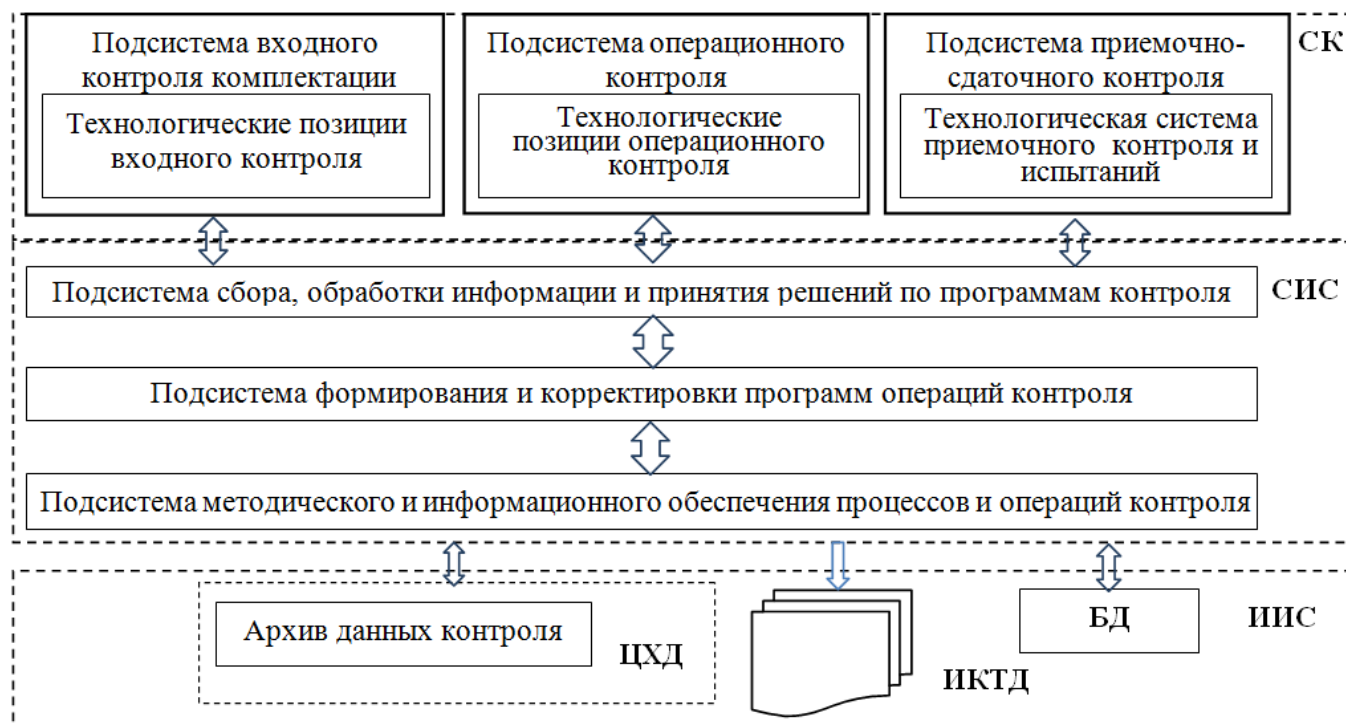


Рис. 1 – Укрупненная информационная структура системы контроля, управляемая PDM

Существующие в настоящее время порядок и принципы проектирования процессов и операций контроля в привязке к соответствующим технологическим процессам изготовления и сборки, создают определенные сложности в системе автоматизированного технологического проектирования, электронного документооборота и оперативного управления несоответствиями в производственном процессе. При изготовлении сложных высоконадежных изделий в условиях, обеспечиваемых PDM-системой, требуется иная организация информационной поддержки системы контроля и централизованный принцип сбора и анализа данных о результатах контроля. В интегрированной информационной среде предприятия необходимо образовать специализированный класс информационных объектов (ИО) «Контроль», структура которого представлена на рис. 2.

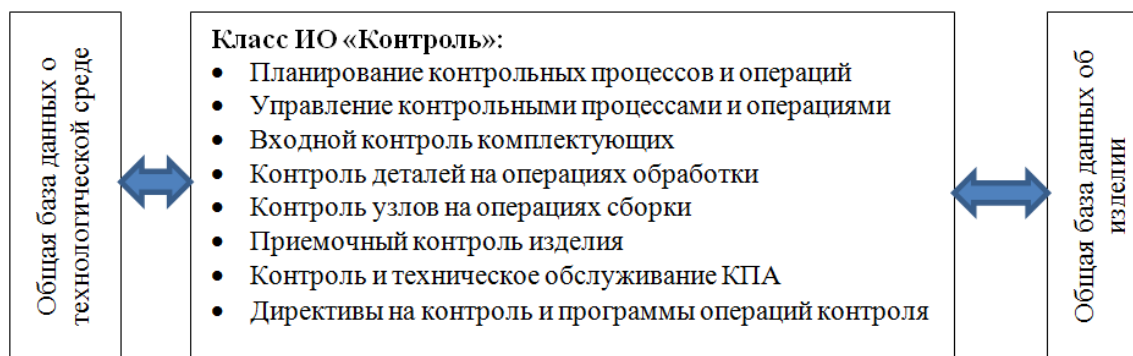


Рис. 2 – Структура специализированного класса информационных объектов «Контроль»

Подобная централизация позволит оперативно управлять процессами контроля, своевременно корректируя программы операций в зависимости от результатов всех контрольных операций. Фактически проект системы контроля остается открытым и выполняется постоянное обновление проекта по результатам его реализации.

Для создания такого принципа управления требуется перестроение организации информационной поддержки при проектировании процессов контроля и контрольно-проверочной аппаратуры (КПА), а также при непосредственном выполнении контрольных операций и проведении анализа результатов контроля и принятии решений. В качестве основы такой организации предлагается структура информационной поддержки процессов контроля в PDM-системе, приведенная на рис. 3.

Итак, целью информационной поддержки проектирования и функционирования системы контроля, управляемой средствами PDM, является создание условий бездефектного производства и организация оперативного управления возмущениями и несоответствиями с максимальным исключением человеческого фактора из процесса принятия решений. В соответствии с этой целью, необходимо определить требования к составу и назначению информационной поддержки при решении задач проектирования системы контроля и управления данными при выполнении процессов контроля.

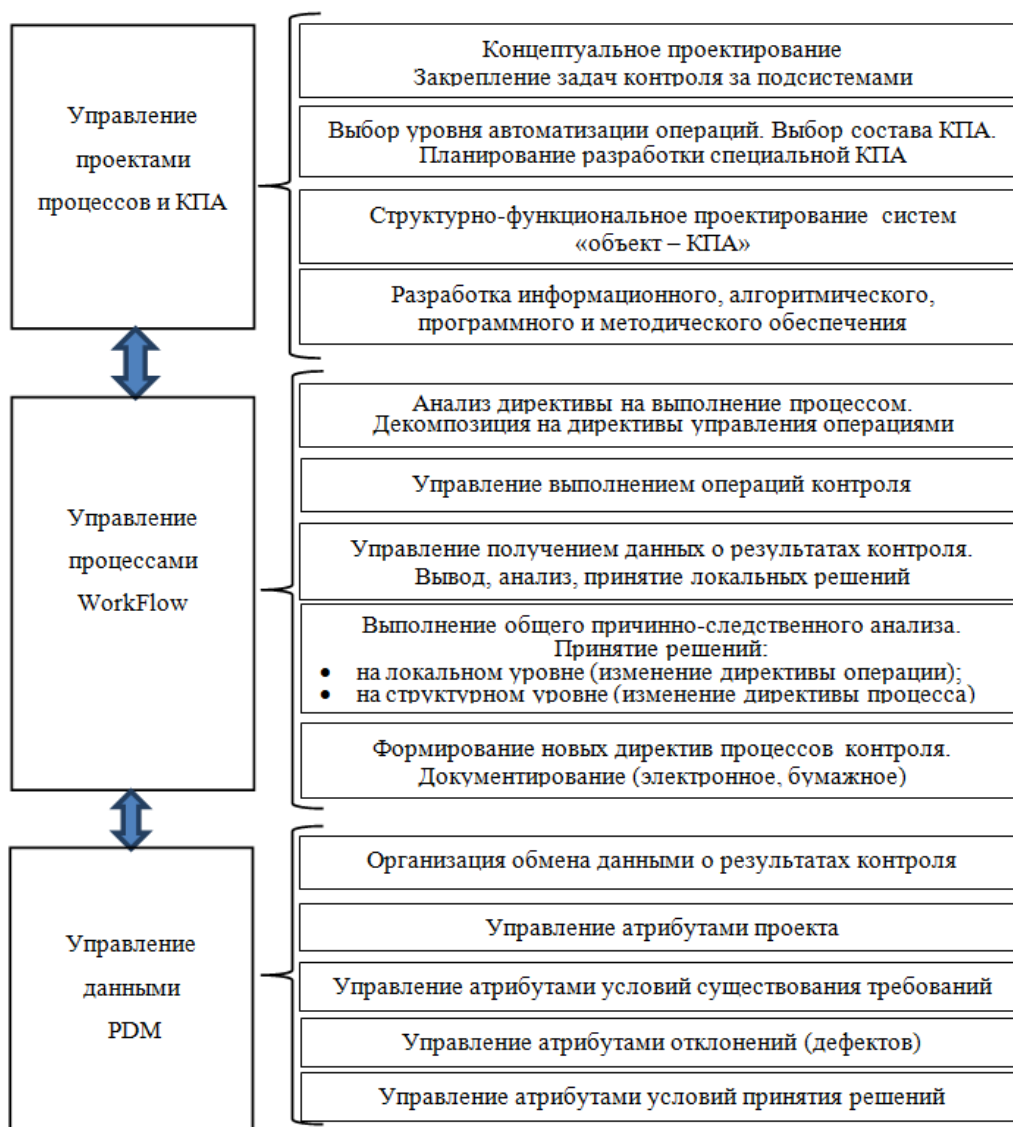


Рис. 3 – Структура организации информационной поддержки процессов контроля в PDM-системе

Информационная поддержка проектирования системы контроля. Планирование и управление проектами предполагается осуществлять на основе программной среды PDM и инструмента планирования проектов MS Project. Так как проектирование процессов и операций контроля сопровождается выбором или проектированием определенного ресурсного обеспечения (КПА), то необходимо также планирование и управление ресурсами, т.е. требуется инструмент управления информацией. Эффективным средством управления одновременно выполняемыми проектами и управления данными является методология Workflow, реализуемая в PDM.

При проектировании процессов контроля значительная доля задач решается на основе опыта и предпочтений разработчика. Особенно такой волюнтаризм имеет место при отсутствии предыстории результатов контроля на технологических операциях. В этом случае допущенные ошибочные решения сказываются в виде пропущенных дефектов объектов контроля, вероятность обнаружения которых на последующих контрольных операциях не является гарантированной.

Проектирование процессов контроля укрупненно заключается в решении трех типовых задач:

- распределение операций контроля (контрольных позиций) по всему маршруту изготовления изделия (от заготовительных операций до операций общей сборки);
- проектирование каждой операции контроля;
- методическое и программно-алгоритмическое проектирование процесса принятия решения по результатам контроля.

Вторая задача, как правило, заключается в определении уровня ответственности операции и выборе уровня автоматизации. Это и определяет содержательную часть операции, которая будет заключаться или в методическом обеспечении, или в решении более сложных инженерных задач алгоритмического, аппаратного и программного типа. Для ответственных операций выбор метода и средств контроля в каждом конкретном случае зависит от требуемой достоверности результатов и характеризуется вероятностью выявления дефектов. На вероятность выявления дефектов влияют чувствительность метода, а также условия проведения процедуры контроля. Определение вероятности выявления дефектов является достаточно сложной задачей, которая еще более усложняется, если для повышения достоверности определения дефектов приходится комбинировать методы контроля.

Первая и третья задачи как раз и содержат основную часть риска по размеру возможного ущерба при принятии ошибочного решения. Именно здесь велика доля человеческого фактора и решение этих задач требуют автоматизации на основе методов искусственного интеллекта. На проектные решения оказывают влияние множество факторов, оценка значимости которых требует экспертного анализа. К основным факторам, определяющим выбор места контрольных операций в маршруте изготовления, количества операций, вида и ответственности каждого контрольного мероприятия, относятся:

- ответственность (критичность) изготавливаемого изделия;
- уровень критичности объекта контроля (детали, компонента, узла) в составе изделия;
- уровень отработанности технологий (освоенность материалов, операций, оборудования);
- жесткость размерных и функциональных параметров изделия;
- уровень ожидаемой дефектности на операциях;
- степень изученности связей дефектов со свойствами и параметрами критичных объектов контроля;
- степень изученности связей дефектов с источниками происхождения.

Итак, определены задачи, для решения которых необходима информационная поддержка, обеспечивающая автоматизацию поиска и выполнения решения. Это задачи: определение вероятности выявления дефекта при выбранном методе и заданном уровне достоверности; размещение операций контроля в технологическом маршруте изготовления изделия при заданной степени ответственности выполняемых технологических операций и ограничениях на затраты по реализации контрольных мероприятий; разработка методических составляющих операции контроля (кратность, измеримость, точность); принятие решений по результатам контроля в условиях неполноты и неопределенности информации.

Все сформулированные задачи относятся к классу многокритериальных задач выбора оптимального варианта на основе имеющихся альтернатив и их формализованный вид можно выразить тройкой объектов:

$FS = \langle G, R, X \rangle$, где G – характеристики цели многокритериального выбора (задача), R – множество критериев, X – множество альтернатив.

В системном представлении каждая альтернатива это элемент системы контроля нижнего уровня: «операция-объект-средство». Альтернативные варианты для входного контроля могут быть составлены на основе стандартизованных классификационных признаков (по объему контроля, по воздействиям, по применяемым средствам, по кратности и др.). Часть альтернатив сразу могут быть признаны как неприемлемые для комплектующих высоконадежных изделий (например, выборочный контроль).

Аналогично должны быть рассмотрены альтернативные варианты проектирования подсистемы операционного контроля. Каждая альтернатива, введенная по определенному признаку, рассматривается как элемент системы контроля с атрибутами $\langle x_{j1}, x_{j2}, x_{j3} \rangle$ (\langle способ контроля, объект, средство контроля \rangle).

Допустимая альтернатива (в общем случае – множество допустимых альтернатив X) формируется из множества альтернатив A , объединяемых в различные комбинации в зависимости от условий существования задачи и имеющихся ограничений. Эта процедура записывается следующим образом:

$$X \subseteq A,$$

$$X = \left\{ \begin{array}{l} x = (x_1, \dots, x_n) : (\forall i \in \overline{1, n}) p_i \leq x_i \leq q_i, \\ (\forall l \in \overline{1, L}) c_l \leq f_l(x) \leq d_l, \\ (\forall j \in \overline{1, m}) q_j(x) \geq r_j \end{array} \right\},$$

где $p_i \leq x_i \leq q_i$, $i = \overline{1, n}$ - параметрические требования и ограничения (точностные, минимального размера дефекта, уровень стимулирующего сигнала и др.);

$c_l \leq f_l(x) \leq d_l$, $l = \overline{1, L}$ - функциональные условия (функции назначения операции, способ контактирования с объектом и др.);

$q_j(x) \geq r_j$, $j = \overline{1, m}$ - критериальные ограничения (критичность объекта контроля, минимизация расхода ресурса объекта, автоматизация принятия решения и др.).

Критериями в задаче выбора решения будут характеристики или свойства рассматриваемых альтернатив. Качество решения x оценивается m скалярными критериями $R_1, \dots, R_j, \dots, R_m$, оценки решения на их основе образуют вектор эффективности $r = (r_1, \dots, r_j, \dots, r_m)$. Функциональное отображение $F : X \rightarrow R$ представляет связь вектора эффективности с альтернативой x и для рассматриваемых задач с наличием неопределенности, задается эвристически (на основе экспертных оценок и суждений).

Оптимальное решение x^* находится из множества допустимых альтернатив X :

$$x^* = \underset{x \in X}{\operatorname{opt}}[r(x)], \text{ где } \operatorname{opt} - \text{оператор оптимизации вектора } r = F(x).$$

В каждой из рассматриваемых задач проектирования процессов контроля выбор принципа оптимальности производится на основе анализа условий и требований решаемой задачи и предпочтений проектировщика G , ограничиваемых степенью полноты формализации функциональных условий и критериальных ограничений при автоматизированном решении задачи.

Информационная поддержка принятия решений по результатам контроля. Принятие решений по результатам контроля выполняется при проведении всех рассматриваемых процессов контроля: входном, операционном и приемочном. Как показывает практика, на операциях входного и операционного контроля при наличии хорошей изученности видов дефектов и определяющих их признаков, проблем с принятием решений обычно не возникает. Приемочный же контроль сложных высоконадежных изделий характеризуется наличием неопределенностей в результатах проведенных проверок, которые плохо идентифицируются для установления принадлежности объекта к классифицированным событиям или состояниям [2]. Объясняется это наличием сложных сочетаний вероятностей проявления отказов из-за большого числа факторов, потенциально являющихся источниками дефектов, а также сложностями полной имитации процесса функционирования при контроле изделия на стендовом оборудовании КПА. Результат проверки объекта контроля на выполнение действий в различных режимах функционирования может содержать неопределенности, недостаточно полную информацию для достоверной оценки технического состояния объекта лицом, принимающим решение.

В этом случае необходимо использование наряду с классическими подходами новых интеллектуальных методов, позволяющих эффективно и качественно осуществлять процесс контроля параметров изделия с учетом неполноты и неопределенности полученной при контроле информации. Интеллектуальные методы основываются на определенной базе знаний, построенной с использованием различных моделей представления знаний, таких как продукционная модель, семантические сети, базы, основанные на прецедентах.

Принятие решений при наличии неопределенности в результате контроля выполняет интеллектуальная система поддержки принятия решений. В основу построения такой системы, включаемой в структуру системы приемочного контроля, положен комбинированный метод поиска неисправностей [2], основанный на модифицированных методах теории искусственного интеллекта с использованием байесовских сетей доверия и правдоподобных рассуждений по прецедентам.

Закключение. Специфика технологического проектирования и функционирования системы контроля в производственном процессе изготовления сложных высоконадежных изделий требует особого подхода к информационной поддержке. Так как современное производство таких изделий построено на использовании интегрированной информационной среды и PDM-систем, необходима следующая организация информационной поддержки процессов контроля:

- создание в PDM-системе функционального контура «Управление проектом, процессами и документами контроля изделия»;
- образование и ведение класса ИО «Контроль», обеспечивающих информационную поддержку проектирования и выполнения процессов контроля в составе ИО единой информационной среды предприятия;
- образование в центральном хранилище данных специализированного архива данных контроля;
- осуществление автоматизированной процедуры многокритериального решения при выборе оптимального варианта технологического проектирования процесса контроля в функциональном контуре PDM-системы;
- введение в электронный документооборот интегрированного конструкторско-технологического документа с указанием данных для контроля непосредственно на конструкторском чертеже. Такой документ совместно с картой контроля позволит эффективно выполнять автоматизированные процедуры разработки алгоритмов и программ контроля, построения сетевых моделей поиска неисправностей и причин их возникновения.

Литература

1. Ларин В.П., Шелест Д.К. Формирование информационного обеспечения надежности бортовой аппаратуры на стадии проектирования // Информационно-управляющие системы. - 2012. - № 4(59). - С.93-97.
2. Ларин В.П., Смирнов В.А. Интеллектуализация технологии приемочного контроля сложных технических объектов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: IX междунар. науч.-практич. конф. «Электронные средства и системы управления», окт. 2013. – вып. 1(31). – 2014. – С. 191-196.

References

1. Larin V.P., Shelest D.K. Formirovanie informacionnogo obespecheniya nadezhnosti bortovoj apparatury na stadia projektirovaniya // Informacionno-upravljajushie sistemy. -2012. - №. 4 (59). -S. 93-97.
2. Larin V.P., Smirnov V.A. Intellectualizacija tehnologii prijomchnogo controlja slozhnyh technicheskikh objectov//Doklady Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta system upravlenija i radioelektroniki: IX Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. "Electronnye sredstva i systemy upravlenija", okt. 2013-ISS. vyp.1 (31). -2014. -S. 191-196.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.158

Лебедик Е.А.¹, Шариков Ю.В.², Железнов В.В.³¹Аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»; ²профессор, доктор технических наук, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»;³инженер-технолог, ООО «Научно-инженерный центр «Креон»

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

В этой статье, рассмотрена значимость оборотной воды на промышленных металлургических предприятиях. Описаны методы прогнозирования свойств воды по индексам Ланжелье, Ризнара, Ларсона-Скольда. Определены основные возникающие проблемы – накипь, биообрастания и коррозия. Предложена технологическая схема коррекционной обработки воды системы оборотного водоснабжения.

Ключевые слова: автоматизация, реагент, контроль, оборотное водоснабжение, коррекционная обработка, качество.

Lebedik E.A.¹, Sharikov Y.V.², Zheleznov V.V.³¹Postgraduate student, National Mineral Resources University (Mining University); ²professor, PhD in Engineering, National Mineral Resources University (Mining University);³processing engineer, Ltd Research and Engineering Center "Creon"

QUALITY CONTROL OF CIRCULATING WATER OF WATERHEAT EXCHANGE EQUIPMENT

Abstract

In this paper, we have considered the importance of recycled water in industrial steel mills. Methods have been described for predicting the properties of water in the indices Langelier, Riznar, Larson-Skold. The main problems that arise are scale, biofouling and corrosion. It is proposed a flowsheet of water correction of circulating water supply.

Keywords: automation, reagent, control, water recycling supply, correctional treatment, quality.

Water plays a huge role and is widely used in most industries, including metallurgical. Industrial enterprises of metallurgy are subject to strict control to protect the environment, water consumption, quantity and quality of wastewater discharged.

A large volume of water from industrial smelting facilities after use for industrial purposes is not soiled at all or very slightly contaminated and heated. In case of insufficient power of a natural source of supply or a large cost of required amount of water is necessary or economically viable the discharged water by an enterprise to cool and apply again for use on the same site [1].

The consumption by industrial enterprises of the cooling water is very high (65-80% of water consumption in the industry). In this regard a water recycling system plays a major role in water supply companies [2].

As a result of the evaporation of the water in coolers the concentration of mineral salts dissolved in the circulating water recycling systems increases. At certain concentrations of salt dissolved in water temporary hardness (mainly calcium carbonate CaCO₃) may precipitate out of it in heat exchangers which dramatically reduces the heat transfer coefficient of heat exchange equipment and degrades its performance indicators. To prevent loss of hardness is made constant purging water recycling system, i.e. a removal of part of the circulating water [1].

The balance of water must be drawn for circulating of water supply systems, taking into account the losses must be reset and the addition of water to the system to compensate for the loss of it [5].

In addition to hardness salts in the tubes of heat exchangers can be deposited oxygen corrosion, mechanical suspension and biological organisms contained in the water, which also drastically reduces the coefficient of heat transfer tubes. In view of this water treatment is important in cooling aimed to prevent scaling, biofouling, corrosion of devices and pipes and to ensure optimal conditions for the operation of [7]. The main types of water quality problems are interrelated and are presented in Figure 1.

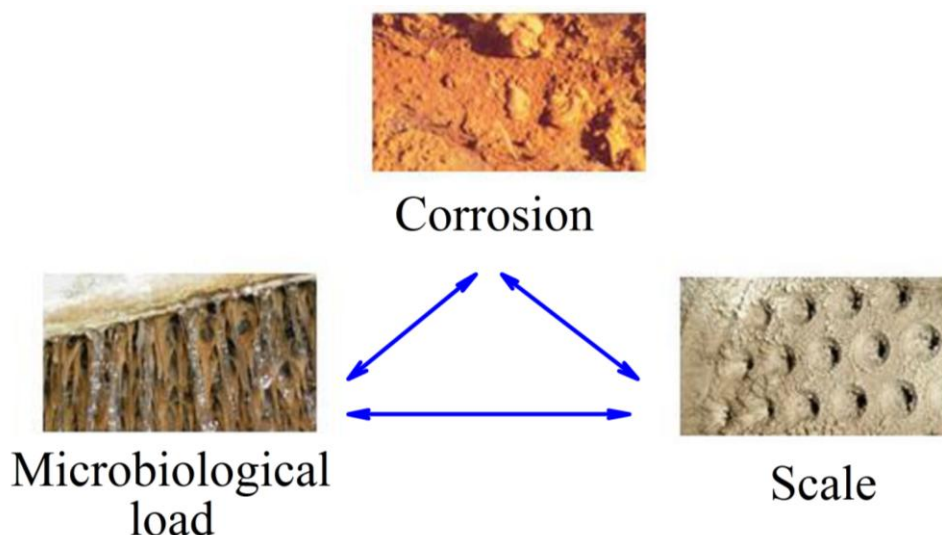


Fig. 1 – Principal types of water quality problem and interrelation between them.

To fight corrosion in closed systems is recommended chromate to be added into distilled or demineralized water [7].

To control fouling circulating water treatment with chlorine, bromine and biocidal agents are used [1].

The purification of entering water into the system from mechanical impurities is generally carried out by grids, sometimes via sinkers, mechanical or sand filters.

The need for cooling water treatment to combat scale occurs mainly for circulation systems. To do this these methods are used: acidification, recarbonation, phosphate treatment [7].

Maintaining the quality of water in circulating systems takes into account evaporation as an important factor in optimal operation of metallurgical production. Deterioration of water quality leads to the "inferiority" of the equipment reducing the efficiency and productivity of steel production. In the long run it leads to deterioration in the quality of the product and economic losses.

Accurate knowledge of the requirements to water requirements, providing systems industrial water supply with optimal water consumption, to evaluate possible areas and promising areas of application of the method of water treatment for certain types of natural and waste waters, reaching for production purposes, to choose the optimal flow diagram of decontamination [2].

Today there are different methods to control the quality of recycled water. The stability of the composition of water is one of the main indicators of its quality [6]. The most well-known and well-designed method of assessing corrosion corrosive-scale properties of water is the method of Langelier.

This method of qualitative evaluation of the properties of water was developed by chemist Langelier in the 30 years of the twentieth century. According to chemical analysis it is calculated Langelier Index (IL), whose magnitude is to evaluate the ability of water to cause the corrosion of steel, or a tendency to scale formation.

Langelier index is proposed to consider the (digital indicator) properties of water such as:

$$IL_{ng} = pH_0 - pH_s \quad (1)$$

pH_0 – hydrogen ion exponent measured with a pH meter;

pH_s – hydrogen ion exponent in terms of saturation of water with calcium carbonate.

If, $IL_{ng} < 0$, i.e. it has negative value, such water causes corrosion of steel. If $IL_{ng} = 0$, this water is neutral, stable. It does not cause corrosion or scaling. If $IL_{ng} > 0$, i.e. is a positive magnitude, this water tends to cause scale formation on the surface of pipes, heat exchangers and equipment. The sign and magnitude of IL characterizes corrosive-scale properties of water.

The next method of assessing corrosive scale properties of water is stability index by Riznara (ISR). As well as the Langelier Index, ISR is based on accounting solute concentration. Riznar offers to determine the relationship between the solubility of calcium carbonate scale formation. Riznara index is calculated by the equation:

$$ISR = 2 \times (pH_s) - pH_0 \quad (2)$$

Findings from the evaluation of ISR according to the equation (2):

- $ISR < 6$ water tends to form deposits. This tendency increases with decreasing values of ISR;
- $ISR > 7$ - calcium carbonate is deposited, but the surface of the steel from corrosion not protect;
- $ISR > 8$ - with increasing intensity increases in proportion to the ISR corrosion [3].

Index Larson-Skold (ILS) characterizes the corrosion ability of water with respect to the low-carbon steel and stainless steel designs.

$$ILS = (CCl^- + CSO_4^{2-}) / (CHCO_3^{2-} + CCO_3^{2-}) \quad (3)$$

ILS establishes a causal relationship between the usual corrosion rates and a sharp increase in its speed. ILS is interpreted as follows:

- $ILS < 0.8$ - chlorides and sulfates have no effect on the natural formation of a protective film;

- $0.8 < ILS < 1.2$ - chlorides and sulfates are difficult formation of a protective film. There is a higher, in comparison with the normal rate of corrosion of steel;

- $ILS > 1.2$ - high speed pitting with increasing index values [4].

In order to achieve the stability of the water and the required quality control system is used. Under the control of the quality of recycled water means the automation of the processes of the correctional process and purge the SOC, solves the problem of maintaining the optimal operation of heat exchange equipment of metallurgical production. The control system solves the main problems of the SOC - scale, corrosion, scale and fouling [8].

The company Nalco which is part of the corporation Ecolab has got great achievement in the field of automatic control system of water quality.

Its technology 3D TRASAR cooling water includes a unique monitoring in real-time pollution with patented active substances, patented resistance to stress chemical composition and information services, working 24/7 to detect, identify and ensure effective control of scale and corrosion and microbiological control of cooling systems [8].

It is actual the creation of automated control system, based on a new technological solution - creating a system of controlling the supply of stabilization reagents and purge the system of water recycling on the basis of the developed method for the trouble-free operation of heat exchange equipment.

In view of the major water quality problems in heat exchangers proposed flowsheet correction water treatment circulating water supply in Figure 2.

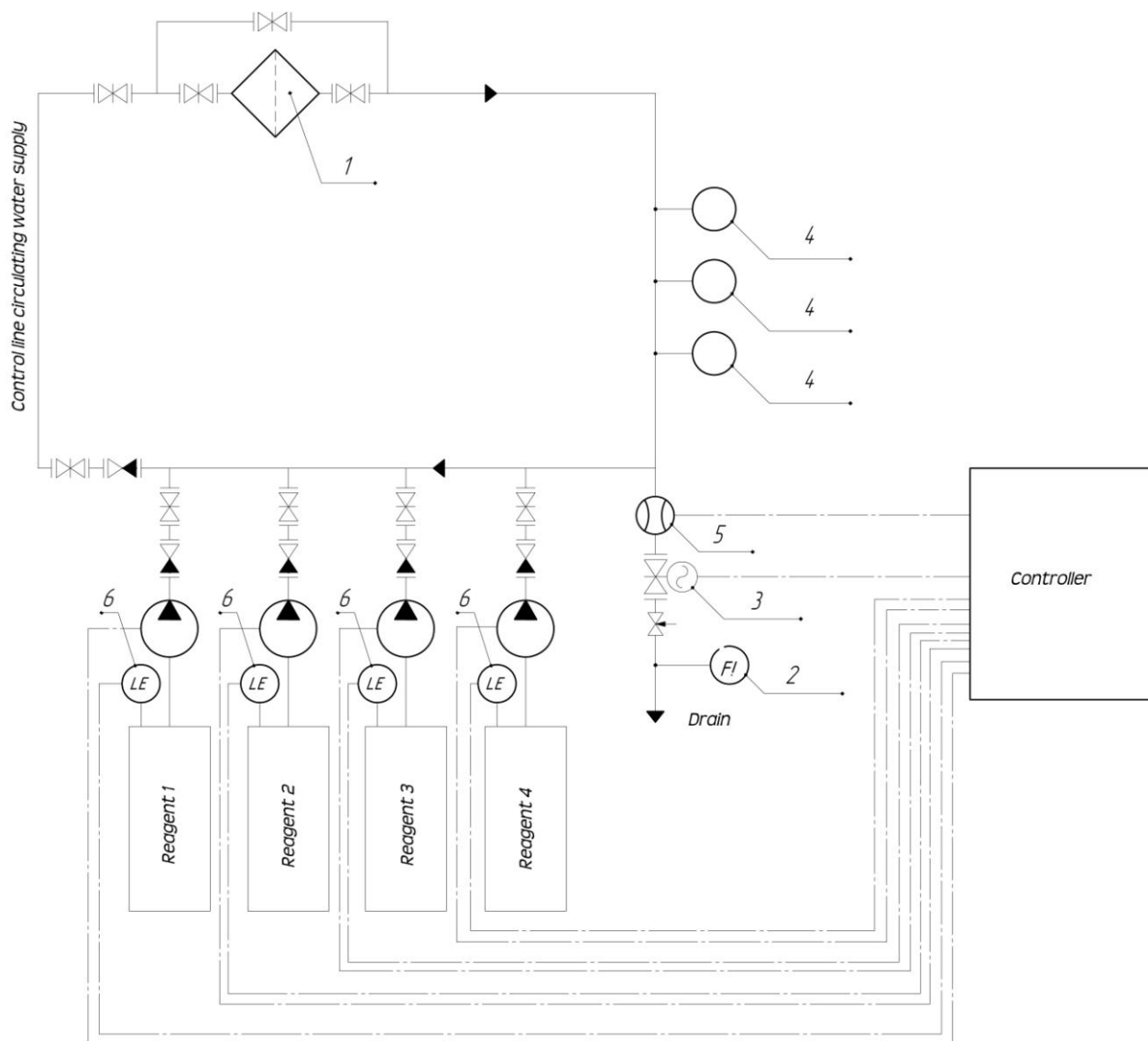


Fig. 2 – A flowsheet of water correction of circulating water supply.

The circulation loop of circulating water cooling system provides lateral mechanical cleaning of the bypass line from mechanical impurities and suspended solids. After passing through the purification step is a stream through conduit with sensors mounted thereon. In the pipeline input points of the reactants are set up. Reagent dosing unit includes 4 plastic tank level sensors, metering pumps. Dosing monitoring and visualization reagent level in the tank is carried out by a programmable controller.

According to the main bypass line back purging system is provided, the flow purge valve is adjusted manually on the device according to a visual inspection. Opening/closing of the solenoid valve (SV) located on the line purge is carried out by command of the controller. The program recorded two independent control algorithms SV, as well as the desired range of values of indicators, supported by the system in working circuit.

The pulse flowmeter transmits a certain number of pulses depending on the volume passed through the purge water.

The program controlling the growth of microorganisms in circulating water controls the operation of two pumps, metering primary and preventive biocide. This program consists of two parts:

- program main biocide dosing is carried out on the value of the concentration, transmitted through the transmitter signal from the sensor to the controller;
- program preventive biocide dosing is carried out by the controller's built-in programmable timer. The program data are entered, namely: the necessary dose of the month and time of day to run the operation.

The proposed scheme - the purpose of the control in the operation of automation systems corrective treatment of circulating water supply to ensure reliable operation at the circulating water supply integrated equipment and, consequently, of the industrial enterprise.

Development of technical solutions for the control of water quality parameters, through the use of new techniques will significantly reduce the number of required reagents and water for scavenging. The proposed system solves the problem of maintaining the optimal operation of heat exchange equipment in which provides reliable and durable operation.

References

1. Abramov N.N. Water supply. Textbook for high schools. Ed. 2, revised, recast and corrected. M. Stroyizdat, 1974. - 480 p.
2. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorov J.M. Water supply. Design of the systems and structures: 2nd Edition, revised and corrected. Publisher. - M.: Publishing house DIA, 2003. - 288 p.
3. Allowance for design automation and control systems of water supply (to the SNIP 2.04.02-84)
4. Prysyzhnyuk V.A. Water analysis: objectives, methods, forecasting properties. «SOK» №№ 6-7 / 2005. Journal of Plumbing, Heating, Air Conditioning.
5. SNIP 2.04.02-84. Water supply. External networks and facilities. - M.: Stroyizdat. 1986. - 120 p.
6. Sukhotin A.M., Bogachev A.F., Palmsky V.G. and others. The corrosion resistance of the equipment of chemical plants. Corrosion under the influence of heat transfer fluids, refrigerants and working fluids: Right. Ed. // Ed. A.M. Sukhotina, V.M. Berenblit. - L.: Chemistry, 1988 - 360 p.; with illustrations.
7. Frog B.N., Levchenko A.P. Water: Training. manual for schools. - Moscow: Moscow State University Press, 1996. - 680, 178, ill.
8. Technology 3D TRASAR® cooling water: [electronic resource] // NALCO, 2013. URL: <http://ru-eu.nalco.com/eu/services/3d-trasar-cooling-water.htm> (Date of treatment 09.15.2014)

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.140

Ловцова Л.Г.

Кандидат технических наук, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова ВОЗМОЖНОСТИ СУБМИЛЛИМЕТРОВОЙ СОНОГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация

В статье рассмотрено – возможности создания искусственной шероховатости с элементами рельефа субмиллиметровых размеров на поверхности металлических пластин-матриц с перспективами технических решений повышения эффективности технологических кипятильников и испарителей.

Ключевые слова: соногальванопластика, теплообмен, субмиллиметровые размеры, кипение и испарение жидкостей.

Lovtsova L.G.

¹PhD in Engineering, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov

FEATURES OF SUBMILLIMETRIC SONOGALVANOPLASTIKA TO CREATE HIGH HEAT EXCHANGE SURFACE

Abstract

The article considers the possibility of creating an artificial roughness elements of the relief on the surface of sub-millimeter sizes of metal plates matrices with the prospects of technical solutions to increase the efficiency of technological boilers and evaporators

Keywords : sonogalvanoplastika, heat transfer, sub-millimeter sizes, boiling and evaporating liquids.

С помощью соногальванопластики (стимулированного ультразвуком электрохимического осаждения металлов) можно создавать искусственную шероховатость с элементами рельефа субмиллиметровых размеров на поверхности металлических пластин-матриц. Поскольку субмиллиметровые размеры выступов отвечают толщине слоя Прандтля в жидкостях, то субмиллиметровая соногальванопластика может быть использована для создания высокоэффективных теплообменных поверхностей.

Кипячение и испарение жидкостей широко используется во всех отраслях народного хозяйства, поэтому интенсификация этих процессов представляет большой практический интерес.

Одним из возможных технических решений является при этом создание на металлических поверхностях нагревательных элементов искусственной шероховатости, которая при субмиллиметровых размерах выступов нарушает целостность пограничного динамического слоя в натекающем потоке жидкости и вызывает ее локальные завихрения с усилением теплообмена. Показано, что решающим фактором влияния на теплообмен является отношение высоты выступов h к расстоянию между ними S (h/S), а также параметры искусственной шероховатости, тогда как форма и размеры поперечного сечения выступов играют второстепенную роль [1].

Вместе с тем, влияние искусственной шероховатости на теплообмен в режимах свободной естественной конвекции и пузырькового кипения, насколько нам известно, ранее не изучалось.

Нами был рассмотрен процесс кипения воды нагревателем, на поверхности которого создана искусственная шероховатость в виде большого количества цилиндрических столбиков субмиллиметровых размеров [2]. В одном из вариантов этого метода на поверхность нагревательного элемента наносится медный подслои и цинковое покрытие с толщиной порядка $h=0,1 - 1$ мм, в котором через защитный слой лака выполняются цилиндрические отверстия диаметром $2r_0=0,3-0,5$ мм, таким образом, что они образуют правильную пространственную решетку, элементарная ячейка которой представляет собой квадрат из четырех отверстий, расположенных на расстоянии S друг от друга. Затем производится ультразвуковое электроосаждение меди в каналы отверстий и, после снятия защитного лака, селективное растворение цинка в крепкой щелочи. При этом на поверхности образуются элементы шероховатости в виде цилиндрических «столбиков» на медном подслое и в финишной обработке вся поверхность покрывается никелем или серебром с помощью химического никелирования или серебрения.

Проведено математическое моделирование нагрева воды в рамках теплообмена естественной свободной конвекции и развитого пузырькового кипения [3].

Показано, что в общий средний теплообмен естественной конвекции \bar{N} при $h/S=0$ (гладкая поверхность) равен $2640 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. С ростом величины h/S происходит увеличение \bar{N} по некоторому параболическому закону [4].

Рассмотрение в режиме пузырькового кипения показало, что при больших искусственных шероховатостях $h/s=2$ и пороговой интенсивности теплового потока, мы имеем наиболее облегченное выделение пузырьков пара на элементах шероховатости поверхности нагревателя, обеспечивающих эффективную толщину жидкостных прослоек, в которых идет передача тепла посредством теплопроводности, до $4,2 \cdot 10^{-6}$ м. Напротив, при критической интенсивности и всех шероховатостях наблюдается затрудненность теплообмена, при увеличении эффективной толщины жидкостной прослойки до $17,1 \cdot 10^{-6}$ м, что можно связать с блокировкой углублений поверхности крупными паровыми пузырьками.

При малых шероховатостях $h/s=0-0,5$ происходит закономерное снижение коэффициента теплообмена с интенсивностью тепловыделения вплоть до достижения эффективной толщины жидкостной прослойки диффузии тепла $62,2 \cdot 10^{-6}$ м, характерной для гладкой поверхности.

Показано, что коэффициент ускорения кипения K_y определяется влиянием шероховатости поверхности выделения тепла на процесс естественной конвекции. Коэффициенты ускорения увеличиваются с h и при $h=2$ мм могут достигать величин $K_y=40-60$ для $h/S=2$. Реальные коэффициенты ускорения должны быть несколько ниже из-за неадиабатичности кипения.

Таким образом, создание субмиллиметровой шероховатости тепловыделяющей поверхности представляется весьма перспективным техническим решением повышения эффективности технологических кипятильников и испарителей.

Литература

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.:1977. – 343 с.
2. Фоменко Л.А., Ловцова Л.Г. Теплообмен при нагреве поверхности с искусственной субмиллиметровой шероховатостью // Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования. 2010. №2. С. 109-112.
3. Ловцова Л.Г. Катодное осаждение меди и выделение водорода в узких формообразующих углублениях и отверстиях в условиях ультразвуковой кавитации для технологии субмиллиметровой гальванопластики и водородной энергетики: дис. канд. тех. наук. – Саратов, 2011. – С. 62.
4. Ловцова Л.Г., Фоменко Л.А. //Искусственная субмиллиметровая шероховатость для интенсификации теплообменных процессов // в сборнике: Вавиловские чтения-2009. Саратов, 2009. С. 276-277.

References

1. Mikheev M.A., Mikheev I.M. Fundamentals of heat transfer. M.: 1977. - 343 p.
2. Fomenko L.A., Lovtsova L.G. Heat transfer by heating the surface with submillimeter artificial surface roughness // X-ray, and neutron synchronous study. 2010. №2. Pp 109-112.
3. Lovtsova L.G. Cathode copper deposition and hydrogen evolution in shaping the narrow recesses and holes in the conditions of ultrasonic cavitation technology submillimeter electroforming and hydrogen energy: dis. cand. those. Sciences. - Saratov, 2011. - S. 62.
4. Lovtsova L.G., Fomenko L.A. // Artificial submillimeter roughness for the intensification of heat exchange processes // In the collection Vavilov Reading 2009. Saratov, 2009. pp 276-277.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.082

Люттов А. Г.¹, Ильин А. Н.², Филонина Е. А.³

¹Доктор технических наук, профессор; ²кандидат технических наук, доцент; ³аспирант,
Уфимский государственный авиационный технический университет

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИСКРОВЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

Аннотация

Объектом исследования являются искровые свечи зажигания двигателей. В качестве элемента свечи, определяющего ее основные эксплуатационные параметры, рассмотрен резистивный герметик. Выявлены параметры свечей зажигания, влияющие на качество розжига и запуска. Рассматриваются вопросы разработки системы поддержки принятия решений по обеспечению качества для жизненного цикла свечей зажигания.

Ключевые слова: искровые свечи зажигания, резистивный герметик, управление качеством, жизненный цикл продукции.

Lutov A.G.¹, Ilin A.N.², Filonina E.A.³

¹PhD in Engineering, professor; ²PhD in Engineering, associate professor; ³postgraduate student,
Ufa State Aviation Technical University

QUALITY MANAGEMENT AND DECISION MAKING FOR SPARK PLUGS MANUFACTURING

Abstract

The engine spark plugs are investigated. The resistive sealant is considered to be the element of the plug which determines its base operating parameters. Spark plugs parameters, affecting the ignition and starting quality, are identified. The decision support system of ensuring the spark plugs manufacture quality development questions are discussed in the article.

Keywords: spark plugs, the resistive sealant, quality management, product life cycle.

Meeting the requirements of internal combustion engines emissions environmental friendliness ensuring plays an important role today. It is known that the correct adjustment of the engine allows to reduce the amount of CO and CH emissions. It is related to ignition systems operating modes. Spark plugs are among the important elements of internal combustion engines, rotary engines and piston engines ignition systems. They are intended to ignite the combustion mixture in the cylinders by using the spark discharge. Starting properties, reliability, power, fuel economy and exhaust gases toxicity of the engine essentially depend of design excellence, manufacturing quality and proper selection of the spark plugs. Therefore the problems of spark plug manufacturing stability and the effective use of its power are actual.

However, despite of increased attention to the environmental friendliness, the tendency of spark plugs quality requirements reduction at different stages of production is observed presently. Conventional spark plug production technological schemes do not consider the current tendency of production quality improving. The prolonged technological cycle, large manual labor share and high cost of final product feature spark plugs production in Russia today. Technological wastes related to defects are high. These factors taken together sharply reduce the spark plugs manufactured in Russia competitiveness. Thus, there is a need for the new design and technological solutions development and introduction, which are focused on the high level of automation of spark plugs manufacturing and control processes.

In Russia the federal Technical Regulation law makes the following quality demands in relation to spark plugs manufacturing:

1. heat rating number (it determines the heat range of spark);
2. noise immunity, operability and compatibility with electrical devices (due to the embedded resistive sealant);
3. tightness of spark plug on the case and through the central electrode electrical circuit (also due to the resistive sealant);
4. reliable coating of metal components;
5. required operating life of spark plug [1].

The majority of these tasks requires solutions during the design phase. The most difficult problem of quality assurance is the required spark plug resistive properties and its tightness compliance. These factors are determined by manufacturing technology of the spark plug, its design and manufacturing process stability.

The analysis of Russian Federation normative documents shows that for today there is significant remission of requirements in relation to spark plugs at different stages of the life cycle [2]. The electrical resistance should be checked at all stages of spark plug testing, because its instability is observed during the manufacturing process. Accordingly, identifying the causes of electrical resistance instability is the urgent task for spark plug quality management and for passing subsequent certification procedures.

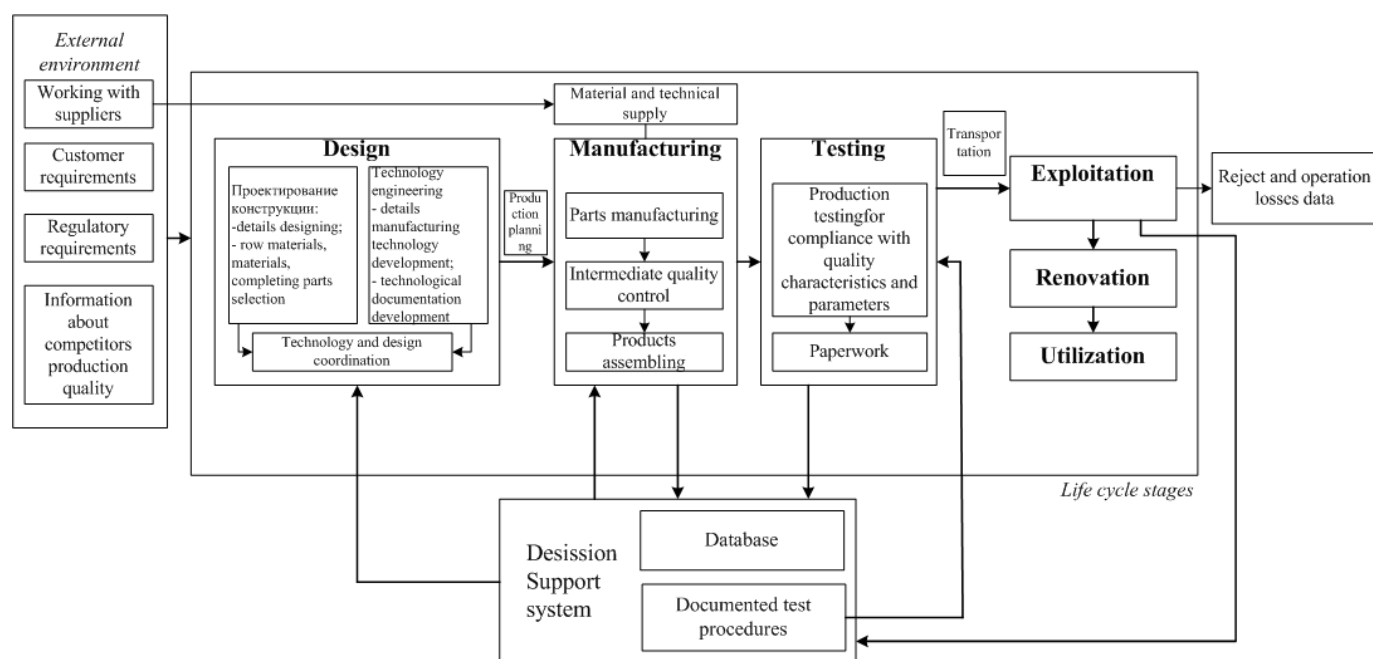


Fig. 1 – Spark plugs life cycle stages support system structure.

The electrical resistance of sealant as cermet element is traditionally considered to be determined by a set of its components. There is no well-ordered data about correlation between these components concentration and electrical resistance value for today. In the present study [3] we assume that spark plug electrical resistance obeys the Ohm's law, because the spark plug is electrical circuit element in the ignition system. However, this assumption requires its confirmation or disproof.

Moreover, there is temperature influence on the spark plug resistive properties during the manufacturing process. The temperature factor occurs during engine operation also. Thus, tasks of the quality management and decision making system (fig. 1) for the spark plug manufacturing is following: to consider factors influencing the spark plug electrical resistance stability:

- a) constructional factors;
- b) technological factors;

The resistive sealant electrical resistance can vary over a wide range according to components percentage content in mixture, the supplied raw material level of enrichment and other factors.

References

1. Automobile items. Spark plugs. Technical requirements and methods of testing, (in Russian), Federal standard R 53842-2010, Moscow, Standatrinform, 2010.
2. Federal law «On technical regulation», (in Russian), Federal law, Moscow, Kremlin, 2002.
3. A. N. Ilin, E. A. Filonina, «The control system of resistive sealant production process design», in Proc. 4th Conference on High technology in engineering and aviation engine construction, 2012, vol. 2, pp. 335-340.



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.2015.42.214

Макарчук И.А.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В ИТ-КОМПАНИИ С ПОМОЩЬЮ CRM-СИСТЕМЫ

Аннотация

Автоматизация информационных систем стала важной составляющей в развитии компаний. В докладе приведен пример автоматизации процесса управления отношениями с клиентом, рассмотрен анализ бизнес-процессов продаж. Особое внимание уделено методу анализа иерархии для выбора CRM-системы для ИТ-компаний малого бизнеса.

Ключевые слова: бизнес-процесс, автоматизация, системы управления отношениями с заказчиком, метод анализа иерархии

Makarchuk I.A.

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
**AUTOMATING THE PROCESS OF CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT IN IT-COMPANY
WITH THE HELP OF CRM-SYSTEM**

Abstract

Automation of information systems has become an important component in the development of companies. The report is an example of automating the process of customer relationship management, reviewed the analysis of business processes of sales. Particular attention is given to the analytic hierarchy process to select the CRM-system for IT small businesses.

Keywords: automation, business process, customer relationship management, method of analysis of hierarchies.

На сегодняшний день большинство компаний в большей или меньшей степени сталкивались с понятиями «автоматизация», «информационные системы» и «внедрение». Современный мир, сильная конкуренция ставят жесткие условия в производственной среде, и каждая компания хорошо знает, для успешного функционирования деятельности компании необходима автоматизированная система управления ресурсами, при помощи которой компания сможет работать эффективно, оперативно и организованно. Внедрение информационной системы – это большой и сложный шаг в развитии компании, подразумевающий вклад капитала, времени и терпения. Для успешного внедрения информационной системы, ещё на стадии планирования, необходим качественный подход к задачам. В связи с этим, целью моего исследования станет разработка требований к информационной системе для малого и среднего бизнеса и выбор системы.

Примером объекта автоматизации выбрана ИТ-компания малого бизнеса, которая занимается разработкой мобильных приложений для бизнеса. Учитывая пожелания компании, предполагается выбрать CRM-систему на основе метода анализа иерархии для отдела продаж.

В соответствии со словарем APICS DICTIONARY термин «CRM-система» (Customer Relationship Management, Управление отношениями с клиентами) – информационная система, позволяющие формализовать и автоматизировать различные аспекты взаимодействия с клиентами подразделений маркетинга, продаж и сервисного сопровождения на основе автоматических/автоматизированных процессов и единого «информационного пространства» организации [1].

При внедрении системы следует использовать ГОСТ «Автоматизированные системы. Стадии создания», согласно которому выделяют следующие основные стадии создания и этапы разработки автоматизированной системы:

1. Формирование требований;
2. Разработка концепции;
3. Техническое задание;
4. Эскизный проект;
5. Технический проект;
6. Рабочая документация;
7. Ввод в действие;
8. Сопровождение.

В рамках данного исследования будут раскрыты только первые 3 стадии, которые включают следующие этапы:

1. изучение процесса «продажи» компании и описание прикладного процесса в нотации BPMN;
2. изучение классов CRM-систем;
3. формирование требований к средству автоматизации процесса «продажи»: функциональные требования, требования к данным, видам документов, ролям пользователей;
4. Выбор CRM-системы для компании.

В ходе выполнения данной работы, на основе изученной информации по компании, была получена модель бизнес-процессов взаимоотношений с клиентами. Полученная модель построена в нотации BPMN и имеет пять основных функций:

1. Создание заявки;
2. Обработка заявки;
3. Составление требований;
4. Подписание договора;
5. Передача продукта клиенту.

В результате исследования была выбрана система Битрикс24.CRM. Основные процессы, которые автоматизирует Битрикс24.CRM **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**:

1. Управление задачами и проектами;
2. Контроль сроков;
3. Учет времени по задачам;
4. История всех изменений с возможностью восстановления;
5. Управление сделками;
6. Работа со счетами;
7. Аналитические отчеты;
8. Интеграция с телефонией;
9. Автоматизация бизнес-процессов.

Представленный выше функционал Битрикс24 соответствует требованиям, компании. Предпочтение в выборе Битрикс24 для автоматизации бизнес- процессов отдела продаж в IT-компании малого бизнеса по сравнению с другими CRM-системами было подтверждено с использованием многокритериального метода анализа иерархии (МАИ) Т. Саати [3]. Для выполнения МАИ использовался программный продукт системы поддержки принятия решений СППР Выбор [3]. В качестве альтернатив МАИ использовались CRM-системы:

1. Битрикс24.CRM (URL: <https://www.bitrix24.ru/>, дата доступа 10.10.2015);
2. Amo CRM (URL: <http://lp.amocrm.ru/>, дата доступа 09.11.2015);
3. Sugar CRM (URL: <https://www.sugarcrm.com/>, дата доступа 15.10.2015);
1. Zoho CRM (URL: <https://www.zoho.com/crm/>, дата доступа 20.09.2015);
4. Sales Force (URL: http://www.salesforce.com/, дата доступа 19.09.2015);
2. Nimble CRM (URL: <http://www.nimble.com/>, дата доступа 19.11.2015).

При выполнении МАИ при построении матрицы парных сравнений критериев и альтернатив рассчитывались показатели: собственное значение матрицы; индекс согласованности и отношение согласованности матриц. Необходимо отметить, что для всех матриц, отношения согласованности (ОС матрицы) было менее 10%, что позволяет сделать вывод о надежности полученного результата – предпочтение в выборе Битрикс24.CRM для автоматизации бизнес-процессов отдела продаж в компании малого бизнеса составило 36% по сравнению с предложенными альтернативами.

Литература

1. APICS Dictionary, 14th edition – 2014. (URL: <http://www.apics.org/sites/apics-supply-chain-council/research-and-publications/publications/apics-dictionary>, дата доступа 19.11.2015)
2. ГОСТ РФ 24.601-86. Автоматизированные системы. Стадии создания
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий/ Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе. – М.: Изд-во «Радио и связь». – 1993. – 273с.
4. Макачук И.А. Построение ERP-систем на базе облачных вычислений для компаний малого и среднего бизнеса // Research Journal of International Studies: Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №4–1 (35). – С. 85–86.

References

1. APICS Dictionary, 14th edition – 2014. (URL: <http://www.apics.org/sites/apics-supply-chain-council/research-and-publications/publications/apics-dictionary>, data dostupa 19.11.2015)
2. GOST RF 24.601-86. Avtomatizirovannye sistemy. Stadii sozdanija
3. Saati T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij/ Perevod s anglijskogo R. G. Vachnadze. – M.: Izd-vo «Radio i svjaz'». – 1993. – 273s.
4. Makarchuk I.A. Postroenie ERP-sistem na baze oblachnyh vychislenij dlja kompanij malogo i srednego biznesa // Research Journal of International Studies: Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – №4–1 (35). – S. 85–86.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.073

Марченкова С.Г.¹, Грицко С.Л.²^{1,2}Кандидат технических наук, доцент, Сибирский федеральный университет**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ****Аннотация**

В работе предложена математическая модель энергопотребления процесса дезодорации растительных масел с целью повышения энергетической эффективности установок периодического действия.

Ключевые слова: дезодорация, энергопотребление, растительные масла, математическая модель

Marchenkova S.G.¹, Gritsko S.L.²^{1,2}PhD in Engineering, Associate professor, Siberian Federal University**MATHEMATICAL MODELLING OF PERIODIC PROCESS OF DEODORIZATION OF VEGETABLE OILS****Abstract**

In the work the mathematical model of energy consumption of process of deodorization of vegetable oils for the purpose of increase of power efficiency of installations of periodic action is offered.

Keywords: deodorization, energy consumption, vegetable oils, mathematical model.

С физической точки зрения дезодорация растительных масел относится к тепломассообменному процессу и является одним из методов дистилляции (перегонки). Дистилляция представляет собой разделение смеси взаиморастворимых компонентов за счет испарения и конденсации паров, обогащенных легколетучим компонентом. При дистилляции или простой перегонке молекулы, покидающие поверхность испарения, движутся в одном и том же направлении до момента достижения поверхности конденсации. Разделение компонентов зависит от многих факторов и, в первую очередь, от физико-химических свойств смеси, геометрических характеристик аппаратов и условий их работы. Дезодорацию можно условно разделить на три стадии:

- 1) диффузию молекул летучего компонента из глубинных слоев жира к поверхности;
- 2) испарение молекул летучего вещества;
- 3) удаление их с поверхности испарения.

Если скорость испарения летучих веществ, превышает скорость их диффузии внутри жира, концентрация в поверхностном слое стремится к нулю что ухудшает дистилляцию. Поэтому при дезодорации необходимо применять дополнительные побудители: температуру, вакуум и присадку пара. [1].

Повышение температуры дистилляции ускоряет испарение летучих веществ. Вакуум увеличивает скорость удаления молекул летучего вещества с поверхности испарения. При прохождении пузырьков пара (газа) через слой жира они насыщаются паром отгоняемого компонента. Отношение (1) в состоянии равновесия с раствором данной концентрации при той же температуре (состояния насыщения), носит название коэффициента насыщения.

$$f = \frac{P}{P_s}, \quad (1)$$

где P - действительное парциальное давление паров компонента; P_s парциальное давление паров компонента.

Величина f характеризует степень использования пара в данных условиях дистилляции. При $f = 1$ насыщение полное, и дальнейший контакт пара с маслом бесполезен. Схема потоков периодического процесса представлена на рис 1.

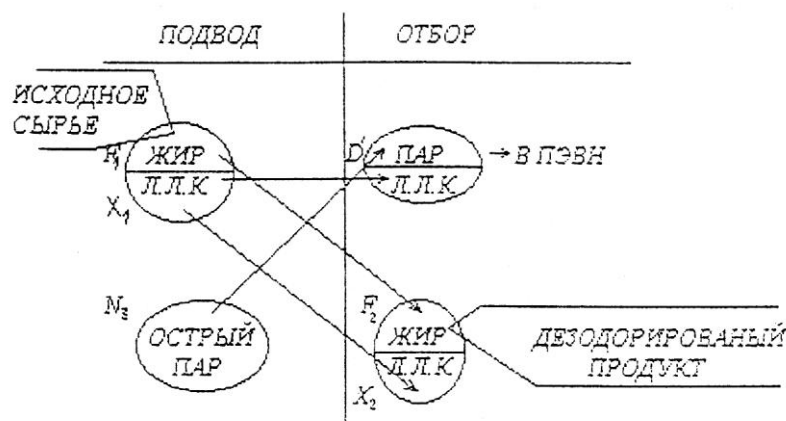


Рис. 1 – Схема периодического процесса.

F_1, F_2 - количество начальной и конечной смеси; N_2 - подвод пара, моль; D' - отбор дистиллята, моль; X_1 - начальная концентрация легколетучего компонента, %; X_2 - конечная концентрация легколетучего компонента.

Моделирование процесса дезодорации представляет следующие допущения относительно условий процесса:

- 1) отсутствие конденсации пара в колонне;
 - 2) коэффициенты температур- и массоотдачи постоянны;
 - 3) температура жидкой фазы постоянна;
 - 4) формы пузырька пара не меняются на протяжении подъема сквозь слой жидкости.
- Запишем уравнение общего материального баланса периодического процесса дезодорации:

$$F_1 + N_z = D' + F_2 \quad (2)$$

где F_1, F_2 - начальное и конечное количество смеси, кмоль; N_z - подвод острого пара, кмоль. D' - отбор отбор дистилята, кмоль.

Запишем уравнение баланса по легколетучему компоненту:

$$F_1 X_1 = (D' - N_z) + F_2 X_2 \quad (3)$$

где X_1, X_2 - концентрации легколетучего компонента в начальной и конечной смеси.

Поскольку концентрация легколетучего компонента меняется с течением времени, выведем уравнение зависимости количества острого пара от X_1 и X_2 .

Запишем уравнение равновесия:

$$\frac{dN_z}{dN_a} = \frac{P - p_a}{p_a} \quad (4)$$

где N_a, N_z - соответственно количество легколетучего компонента и пара, кмоль.

Уравнение для жидкой фазы:

$$\frac{N_a}{F_1} = \frac{X}{1-X} \quad (5)$$

где F_1 — количество жира, кмоль; X - мольная доля летучего компонента в жидкой фазе.

Дифференцируя (5) получаем зависимость между изменением состава раствора и изменением числа молей легколетучего компонента:

$$dN_a = F_1 \frac{dX}{(1-X)^2} \quad (6)$$

Подставляем полученное значение в (4) получаем:

$$dN = F_1 \frac{P - p_a}{p_a} \cdot \frac{dX}{(1-X)^2} \quad (7)$$

где P – общее давление в системе, Па; p_a – парциальное давление легколетучего компонента, Па.

Откуда находим необходимое количество молей водяного пара для изменения концентрации легколетучего компонента в смеси с X_1 до X_2 .

$$N = F_1 \frac{P}{p_a} \int_{X_1}^{X_2} \frac{dX}{(1-X)^2} - F_1 \int_{X_1}^{X_2} \frac{dX}{(1-X)^2} \quad (8)$$

Согласно принятым допущениям можно считать, что система подчиняется закону Рауля и $p_a = P_a \cdot X$. Подставим это выражение в уравнение (8). После вычисления интегралов получаем:

$$N_z = F_1 \left(\frac{P}{p_a} \ln \frac{X_1(1-X_2)}{X_2(1-X_1)} - \frac{P - P_a}{P_a} \left(\frac{1}{1-X_2} - \frac{1}{1-X_1} \right) \right) \quad (9)$$

Так как имеет место неполное насыщение уходящих паров легколетучим компонентом вводим коэффициент насыщения паровой фазы отгоняемым компонентом f :

$$N_z = F_1 \left(\frac{P}{f P_a} \lg \frac{X_1(1-X_2)}{X_2(1-X_1)} - \frac{P - P_a f}{f P_a} \left(\frac{1}{1-X_2} - \frac{1}{1-X_1} \right) \right) \quad (10)$$

Критериальное уравнение для коэффициента насыщения:

$$f = c_1 e^{(n_1 \ln Fr + n_2 \ln S)}$$

где Fr — критерий Фруда; S — критерий состава; c_1, n_1, n_2 - коэффициенты уравнения

Дополнительные формулы:

где $B = 10505$, $C = 23,14$; T - температура процесса, К

$$S = \frac{M_a P_a X_1'}{M_w (P - P_a X_1')}$$

$$\text{где } X_1' = \frac{X_1 \cdot M_m}{(1-X_1) \cdot M_a + X_1 \cdot M_m}$$

M_a, M_w, M_m - молярные массы компонента, воды, жира.

$$Fr = \frac{W^2 l}{g}$$

W - скорость водяного пара, м/с;

l - характерный геометрический размер, м.

$$P_a = e^{\left(\frac{-P}{T} + C\right)}$$

Таким образом, математическая модель периодического процесса дезодорации имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 N_2 = D' F_2 \\ F_1 X_1 = (D' - N_z) + D_2 X_2 \\ N_z = F_1 \left(\frac{P}{f P_a} \ln \frac{X_1 (1 - X_2)}{X_2 (1 - X_1)} - \frac{P - P_a \cdot f}{f \cdot P_a} \cdot \left(\frac{1}{1 - X_2} - \frac{1}{1 - X_1} \right) \right) \\ F = c_1 e^{(n_1 \ln Fr + n_2 \ln S)} \end{array} \right. \quad (11)$$

Выводы:

1. Для уменьшения количества острого пара, а значит и снижения энергозатрат необходимо увеличивать температуру процесса и уменьшать остаточное давление в аппарате, что согласуется с графиками зависимости q от P и T (по опытным данным) [2].

2. Для увеличения коэффициента насыщения нужно увеличивать давление и уменьшать температуру.

Литература

1. Арутюнян Н.С. Технология переработки жиров. / Н.С. Арутюнян - М.: Агропромиздат, 1985. — 368 с.
2. Енютина С.Г., Коновалов М.Л. Влияние различных факторов на энергопотребление дезодорационных установок / С.Г. Енютина, М.Л. Коновалов // Пищевая технология. Известия ВУЗов. — 1997.-№ 2-3. — С. 70-72.

References

1. Arutyunyan N. S. Tekhnologiya of processing zhиров. / N. S. Arutyunyan - M.: Agropromizdat, 1985. — 368 pages.
2. Enyutina S.G., Konovalov M. L. Influence of various factors on energy consumption of deodorizing installations / S.G. Enyutina, M. L. Konovalov // Food technology. News of higher education institutions. — 1997.-№ 2-3. — Page 70-72.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.149

Медведев П.В.¹, Федотов В.А.², Бочкарева И.А.³

¹Доктор технических наук, ²ORCID: 0000-0002-3692-9722, Кандидат технических наук,

³преподаватель кафедры машин и аппаратов химических и пищевых производств,

Оренбургский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОЗЕРНОСТИ ЗЕРНА НА ЕГО МАКАРОННЫЕ СВОЙСТВА

Аннотация

В статье описаны результаты исследования влияния показателя твердозерности пшеницы на формирование качества макаронных изделий из этого зерна. Обнаружены зависимости технологических свойств макаронных изделий, позволившие разработать математические модели, обеспечивающие возможность контроля, коррекции и стабилизации свойств продуктов макаронного производства.

Ключевые слова: зерно, пшеница, твердозерность, варочные свойства, макароны, контроль качества.

Medvedev P.V.¹, Fedotov V.A.², Bochkareva I.A.³

¹PhD in Engineering, ²ORCID: 0000-0002-3692-9722, PhD in Engineering,

³lector of department of machines and devices for chemistry and food industries, Orenburg State University

THE EFFECT OF HARDNESS GRAIN PASTA OF ITS PROPERTIES

Abstract

The article describes the research results influence of wheat technological properties of the pasta quality. We have detected dependence of the technological pasta properties, which allowed us to develop a mathematical model that provides the ability to control, correction and stabilization properties of the pasta products.

Keyword: grain, wheat, hardness, cooking properties, pasta, quality control.

Действующая система критериев технологических свойств пшеницы должна обеспечивать высокое качество на всех этапах производства и переработки зерна. Однако, многолетний анализ показывает, что признаки качества зерна, контролируемые на протяжении всего жизненного цикла пшеницы, не отвечают современным требованиям.

Недоверие к показателям качества, стандартизированным ГОСТ - натуре, стекловидности, числу падения, количеству и качеству клейковины связано с большой ролью в их формировании факторов внешней среды. Отсюда следует необходимость в дополнении стандартизированных показателей анализами структурно-механических, физико-химических, технологических свойств зерна и прочих [2].

Актуальными для пищевой промышленности являются исследования, направленные на разработку систем мониторинга потребительских свойств продуктов переработки зерна и готовых изделий, в частности, макаронных изделий.

Показатели варочных свойств макаронных изделий оценивали по ГОСТ после варки 50 или 100 г макарон в 10-кратном количестве воды. После варки готовые изделия освобождали от воды, перенесли их на сито, сохранность и склеиваемость изделий определяли с помощью внешнего осмотра (таблица 1).

Одним из показателей качества готовых изделий являются потери белка в результате варки. Снижение содержания белка в макаронных после варки варьирует в интервале от 0,2 до 1,5 %. Качественная мука характеризуется меньшими потерями белка в макаронах при варке.

Уменьшение содержания сырой клейковины в муке до 28 % в большой мере способствует увеличению потерь сухих веществ при варке, степени слипаемости и снижению прочности готовых изделий в результате сильного ослабления структуры изделия. При невысоком содержании клейковины, она не обеспечивает прочности соединения клейковинной решетки, поскольку набухшие и клейстеризовавшиеся зерна крахмала ее разрывают.

Таблица 1 – Основные показатели качества готовых макаронных изделий

Сорт пшеницы	Физико-химические свойства					Варочные свойства			
	Влажность, %	Кислотность, гр. Т	Содержание клейковины, %	Содержание каротиноидов, мг/кг	Твердозерность, кг/мм ²	Гидратационная способность (по коэффициенту увеличения массы)	Сухие вещества, перешедшие в воду при варке, %	Потери белка при варке, %	Прочность сухих изделий на срез, Н
Харьковская 3	11,8	2,3	31,0	4,10	18,2	2,20	5,5	0,2	7,8
Оренбургская 10	12,5	2,6	28,5	3,08	21,6	1,94	6,2	0,5	7,2
Оренбургская 21	12,0	2,3	27,2	3,10	20,5	1,96	6,7	0,5	7,4
Безенчукская Янтарь	12,2	2,5	30,5	2,58	19,2	1,89	5,9	0,9	6,5
Безенчукская 200	11,9	2,4	26,2	2,98	18,2	1,85	7,1	0,6	6,9
Степь 3	12,5	2,4	32,5	2,78	20,7	2,12	5,7	0,8	7,1
Юго-Восточная 3	12,2	2,6	18,7	3,15	14,9	1,74	8,2	1,5	4,3
Учитель	12,0	2,6	19,5	3,87	15,7	1,68	8,5	1,2	4,9
Варяг	11,2	3,0	15,9	4,55	14,2	1,51	9,1	1,1	5,2
Оренбургская 13	11,8	2,7	15,4	4,22	15,8	1,49	9,5	1,4	6,0
Проход	11,7	2,5	20,2	3,65	12,7	1,53	7,9	1,3	4,8
Л 503	12,9	3,0	17,5	2,47	14,2	1,44	10,1	0,8	5,4
Саратовская 42	11,7	3,0	16,7	2,34	13,9	1,52	9,1	1,1	5,2

Увеличение содержания сырой клейковины выше 40 % увеличивают время варки макарон и делают готовые изделия резинообразными. Однако такая мука встречается довольно редко, и, несмотря на свою высокую белковую ценность, в чистом виде для макаронного производства не используется.

Отсюда можно заключить, что оптимальной концентрацией клейковины в муке от 32 % до 40 %. В то же время, муку с более низким содержанием клейковины (от 24 до 28 %) также можно использовать для производства макаронных изделий приемлемого качества при соблюдении правильных технологических режимов.

Коэффициент увеличения массы готовых макаронных изделий варьирует в диапазоне от 1,44 до 2,20; сухие вещества, перешедшие в воду при варке изменяются в диапазоне от 5,5 до 10,1 %; потери белка при варке составляют в интервале от 0,2 до 1,4 %; прочность сухих изделий на срез изменяется в интервале от 4,3 до 7,8 Н.

Потери белка макаронными изделиями при варке оценивали, измеряя разницу в его содержании в образцах до и после отваривания. Данный показатель является характерным признаком качества макаронных изделий. Следует добиваться снижения потерь белка.

Высокотвердозерные образцы зерна характеризуются меньшими потерями белка при варке не превышающих от 0,3 до 0,5 %, в то время как для низкотвердозерных образцов потери составляют от 0,6 до 0,8 % (таблицы 2, 3). Установлены взаимосвязи показателя твердозерности с макаронными свойствами зерна: развариваемостью макарон (оценивали гидратационную способность по коэффициенту увеличения массы после варки), потерей белка и сухих веществ при варке, временем варки и прочностью изделий на срез.

Существенные связи качества макаронных изделий установлены с содержанием клейковины, ее качеством, твердозерностью зерна (таблицы 4, 5) для различных влажностно-температурных режимов замеса теста.

Таблица 2 – Корреляционная матрица взаимосвязи показателей качества зерна и основных технологических характеристик макаронных изделий

	Влажность зерна, %	Кислотность, гр. Т	Содержание клейковины, %	Качество клейковины, ед. прибора ИДК	Содержание каротиноидов, мг/кг	Твердозерность, кг/мм ²
Гидратационная способность макарон	0,23	0,11	0,39*	-0,71*	-0,11	0,67*
Сухие вещества, перешедшие в воду при варке, %	0,14	0,04	-0,84*	0,82*	0,21	-0,58*
Потери белка при варке, %	-0,06	-0,10	-0,71*	0,45*	0,07	-0,69*
Степень слипаемости	0,27	0,14	-0,87*	0,51*	0,32	-0,34
Время варки до готовности, мин	0,14	0,12	0,85*	0,31	0,21	-0,57*
Прочность сухих изделий на срез, Н	-0,31	-0,14	0,64*	-0,53*	-0,17	0,82*

Значком (*) отмечены существенные корреляции при уровне значимости 0,05

На основе анализа графиков изменения технологических свойств макарон в зависимости от отдельных показателей качества пшеницы, установлено, что: линейный характер имеют связи – количества и качества клейковины с прочностью макарон, количеством сухих веществ (СВ), перешедшими в воду при варке, временем варки до готовности; твердозерностью с СВ, перешедшими в воду при варке и временем варки.

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа качества готовых изделий от показателя твердозерности X , кг/мм²

Тип уравнения	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Критерий Фишера	
				табл	расч
K_r – Коэффициент увеличения массы макарон при варке					
линейный	$K_r = 0,153 \cdot X + 0,082$	0,805	0,648	4,2	182
полином	$K_r = 0,068 \cdot X^2 + 0,938$	0,892	0,795	4,2	98,1
логарифмич	$K_r = 0,088 \cdot Ln(X) + 0,229$	0,214	0,046	4,2	2,5
экспоненц	$K_r = 0,408 \cdot e^{0,008 \cdot X}$	0,147	0,022	4,2	1,5
CB - Сухие вещества, перешедшие в воду при варке, %					
линейный	$CB = -0,501 \cdot X + 0,297$	0,896	0,803	4,2	128
полином	$CB = -0,018 \cdot X^2 + 3,060$	0,874	0,764	4,2	52,7
логарифмич	$CB = -0,134 \cdot Ln(X) + 0,089$	0,124	0,015	4,2	2,3
экспоненц	$CB = 0,337 \cdot e^{0,018 \cdot X}$	0,102	0,010	4,2	0,1
Т - Время варки до готовности, мин					
линейный	$T = 1,035 \cdot X_3 - 8,066$	0,877	0,769	4,2	125
полином	$T = 0,037 \cdot X_3^2 - 1,076^*$	0,875	0,766	4,2	42,5
логарифмич	$T = 0,105 \cdot Ln(X) + 0,145$	0,014	0,001	4,2	21,4
экспоненц	$T = 0,247 \cdot e^{0,058 \cdot X}$	0,247	0,061	4,2	14,2
Р - Прочность сухих изделий на срез, Н					
линейный	$P = -0,401 \cdot X_3 + 1,365$	0,732	0,536	4,2	68,7
полином	$P = -0,010 \cdot X_3^2 + 4,074$	0,765	0,585	4,2	30,2
логарифмич	$P = -0,124 \cdot Ln(X) + 0,247$	0,137	0,019	4,2	10,2
экспоненц	$T = 0,254 \cdot e^{0,024 \cdot X}$	0,129	0,017	4,2	2,7

Нелинейный вид имеют графики для которых значимость связи - полиномиальный тип связи выше линейного: количества и качества клейковины с развариваемостью макарон; твердозерностью с развариваемостью макарон, их прочностью на срез (для коэффициента увеличения макарон при варке - у биквадратного уравнения $R^2 = 0,795$, у линейного уравнения $R^2 = 0,648$; для прочности сухих изделий на срез - у биквадратного уравнения $R^2 = 0,679$, у линейного уравнения $R^2 = 0,642$). Графические изображения экспериментальных данных подтверждают найденные зависимости (рис. 1).

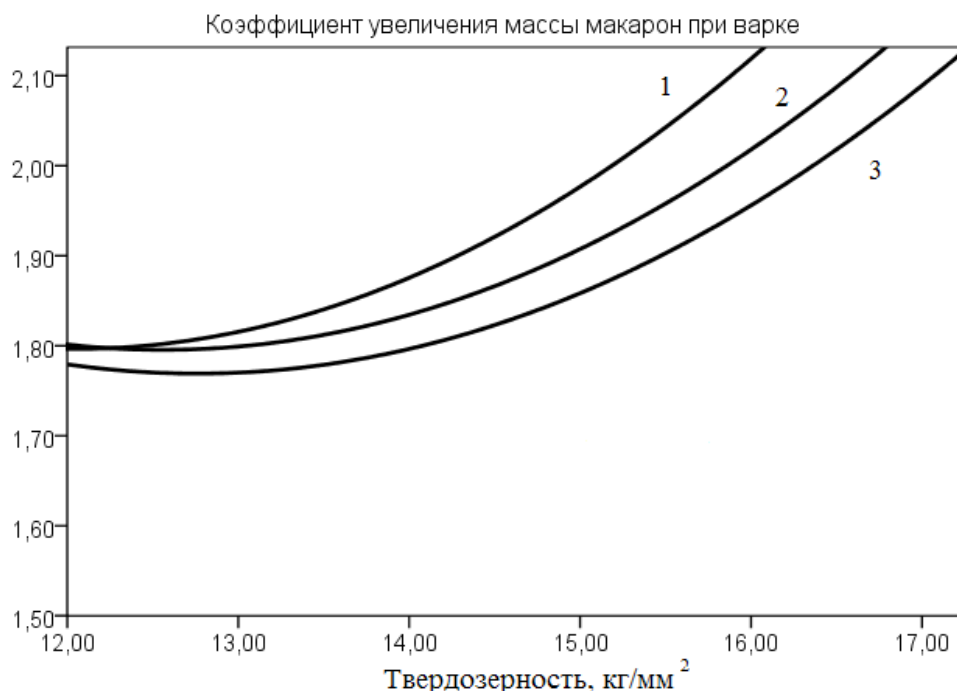


Рис. 1 – Зависимость варочных свойств макарон от твердозерности зерна (типы замеса теста 1 – горячий, 2 – теплый, 3 – холодный)

Отмечается, что чем выше температура замеса, тем теснее связь количества клейковины с отдельными варочными свойствами макарон – развариваемостью, временем варки до готовности.

С повышением влажности макаронного теста повышается степень влияния количества и качества клейковины на некоторые свойства макаронных изделий – прочностью на срез, СВ, перешедшими в воду при варке и временем варки до готовности.

Для зерна с высокой твердозерностью больше подходит твердый замес, поскольку в этом случае потери белка при варке будут минимальны.

Использование для средне- и мягкотвердозерного зерна пшеницы горячего и теплого режимов замеса макаронного теста позволяет улучшить их варочные свойства (развариваемость, потери сухих вещества при варке, время варки до готовности и др.). Это же подтверждают данные графического анализа экспериментальных данных (таблицы 4, 5).

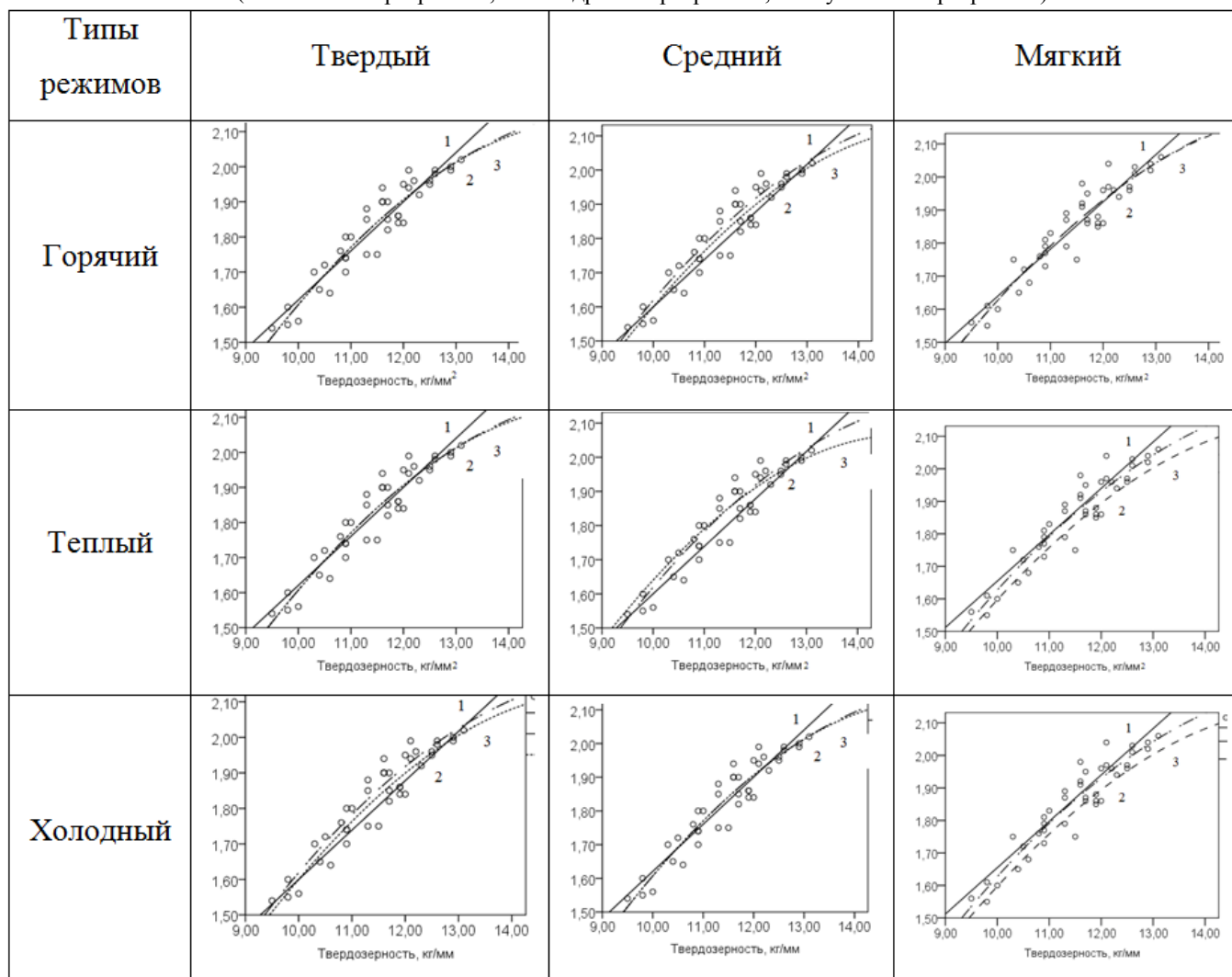
Таблица 4 – Графики связи развариваемости макарон с технологическими свойствами муки и зерна
(1 – линейная регрессии, 2 – квадратная регрессии, 3 – кубическая регрессия)

Таблица 5 – Графики связи варочных свойств макарон с показателем твердозерности зерна в связи с режимами замеса теста (тип замеса: 1 – горячий, 2 – теплый, 3 – холодный)

Режим замеса	Твердый	Средний	Мягкий
Сухие вещества, перешедшие в воду при варке, %			
Время варки до готовности, мин			
Прочность сухих изделий на срез, Н			
Потери белка при варке, %			

Проведенное комплексное исследование оценки технологических свойств зерна пшеницы, влияющих на качество макаронной продукции, производимой из него. Обнаруженные связи между показателями качества дают возможность проследить их влияние на качество готовой продукции на всех этапах переработки зерна. Внедрение новых способов контроля и прогнозирования макаронных свойств размола зерна позволяют повысить качество и эффективность использования сырьевых ресурсов для производства макаронных изделий.

Единство системы оценки макаронных свойств пшеницы обеспечивается комплексным показателем качества – твердозерностью зерна – с возможностью контроля свойств полуфабрикатов макаронного производства на каждой стадии переработки зерна (корректировки и стабилизации).

Литература

1. Казеннова, Н. К. Формирование качества макаронных изделий / Н. К. Казеннова, Д. В. Шнейдер, Т. Б. Цыганова. - М. : ДеЛи принт, 2009. – 100 с.
2. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем): Учебник / Ф. П. Тарасенко. - Томск: Издательство Томского университета, 2004. – 128 с.
3. Федотов, В. А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы / В. А. Федотов, П. В. Медведев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 140-145.
4. Федотов, В. А. Применение гранулометрического анализа для оценки качества пшеницы / П. В. Медведев, В. А. Федотов // Материалы II Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике пищевых производств», 30 июня – 2 июля 2010 г. - Воронеж, 2010. – С. 498-500.
5. Федотов, В. А. Оценка потребительских свойств продуктов переработки зерна / П. В. Медведев, А. С. Степанов, В. А. Федотов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – №18. – С. 23-28.

6. Федотов, В. А. Программное обеспечение для прогнозирования технологических качеств пшеницы на основе данных гранулометрического анализа / В. А. Федотов, П. В. Медведев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2011610605; дата поступления 09.11.2010; дата регистр. 11.01.2012 г. - Оpubl. 2012 г.

References

1. Kazennova, N. K. Formirovanie kachestva makaronny`kh izdelii` / N. K. Kazennova, D. V. Shnei`der, T. B. TCy`ganova. - M. : DeLee print, 2009. - 100 s.
2. Tarasenko, F. P. Pricladnoi` sistemny`i` analiz (nauka i iskusstvo resheniia problem): Uchebnik / F. P. Tarasenko. - Tomsk; Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 2004. - 128 s.
3. Fedotov V.A., Medvedev P.V. Information-measure system of estimation customer properties of wheat // Herald of Orenburg state university. - 2013. - № 3. P. 140-145.
4. Fedotov, V. A. Primenenie granulometricheskogo analiza dlia ocenki kachestva pshenitcy` / P. V. Medvedev, V. A. Fedotov // Materialy` II Mezhdunarodnoi` nauchno-tekhicheskoi` konferentsii "Novoe v tekhnologii i tekhnike pishchevy`kh proizvodstv", 30 iunია - 2 iulia 2010 g. - Voronezh, 2010. - S. 498-500.
5. Fedotov, V. A. Ocenka potrebitel'skikh svoi`stv produktov pererabotki zerna / P. V. Medvedev, A. S. Stepanov, V. A. Fedotov // Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2010. - №18. - S. 23-28.
6. Fedotov, V. A. Programmnnoe obespechenie dlia prognozirovaniia tekhnologicheskikh kachestv pshenitcy` na osnove danny`kh granulometricheskogo analiza / V. A. Fedotov, P. V. Medvedev // Svidetel'stvo o gosudarstvennoi` registratsii programmy` dlia E`VM. - № 2011610605; data postupleniia 09.11.2010; data registr. 11.01.2012 g. - Opubl. 2012 g.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.122

Неверов Е.Н.¹, Новиков Е.В.²

¹Кандидат технических наук, доцент, ²аспирант,

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)

АППАРАТ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Аннотация

В статье представлен аппарат для холодильной обработки продуктов диоксидом углерода, охлаждение или замораживание продуктов в нем производится CO₂. Для снижения расхода криоагента в схеме предусмотрены две автономные системы охлаждения аппарата, которые позволяют производить рециркуляцию CO₂.

Ключевые слова: аппарат, диоксид углерода продукт, холодильная установка, замораживание, охлаждение.

Neverov E.N.¹, Novikov E.V.²

¹PhD in Engineering, associate professor, ²Postgraduate student, Kemerovo Technological Institute of Food Industry

APPARATUS FOR COLD TREATMENT PRODUCTS RECYCLE CARBON DIOXIDE

Abstract

The article presents an apparatus for cold treatment products carbon dioxide , cooling or freezing products it produced CO₂. To reduce the consumption of cooling agent in the circuit , there are two self-contained cooling system unit , which allow the recycling of CO₂.

Keywords: apparatus, product, carbon dioxide, cooling plant, freezing, chilling.

В настоящее время для холодильной обработки пищевых продуктов получают развитие способы, в которых продукт непосредственно находится в контакте с диоксидом углерода и азотом.

Применение CO₂ для холодильной обработки продуктов давно привлекает внимание специалистов. Процесс осуществляется путем воздействия на продукт холодной газовой и жидкой средой или созданием смеси из газа и твердого CO₂. С целью максимального использования теплоты сублимации продукт покрывают «снеговой шубой», получаемой после дросселирования CO₂.

В нашей стране этот метод пока не находит широкого применения для холодильной обработки продуктов. Причиной, сдерживающей его использование, является значительный расход CO₂ при холодильной обработке продуктов и высокая стоимость хладагента в разработанных аппаратах. [1; 2]

Нами разработана модель аппарата для холодильной обработки продуктов в среде CO₂, позволяющая добиться повышения производительности, за счет эффективного применения CO₂, путем увеличения интенсивности теплообмена и снижения расхода CO₂. [2]

На (рис.1) изображена схема аппарата, а на рис.2 схема установки для рециркуляции CO₂.

Принцип работы аппарата заключается в следующем. Продукт поступает в аппарат по загрузочному конвейеру 18 и через загрузочное окно 2 в короб 4. После загрузки короба 4, закрывается окно 2 и запускается вакуумный насос 21, который отсасывает из аппарата воздух, через трубопроводы 12, 22 и располагаемые в них окна 23. После вакуумирования подается сигнал на открытие окна 15 и продукт поступает на поверхность образованную охлаждающими трубами 10 с циркулируемым в них криоагентом, поступающим из коллектора 20 через низкотемпературный электромагнитный вентиль расположенный на коллекторе 8, под действием собственного веса перемещается по роликам 11 в рабочей полости, ограниченной перфорированной решеткой 14

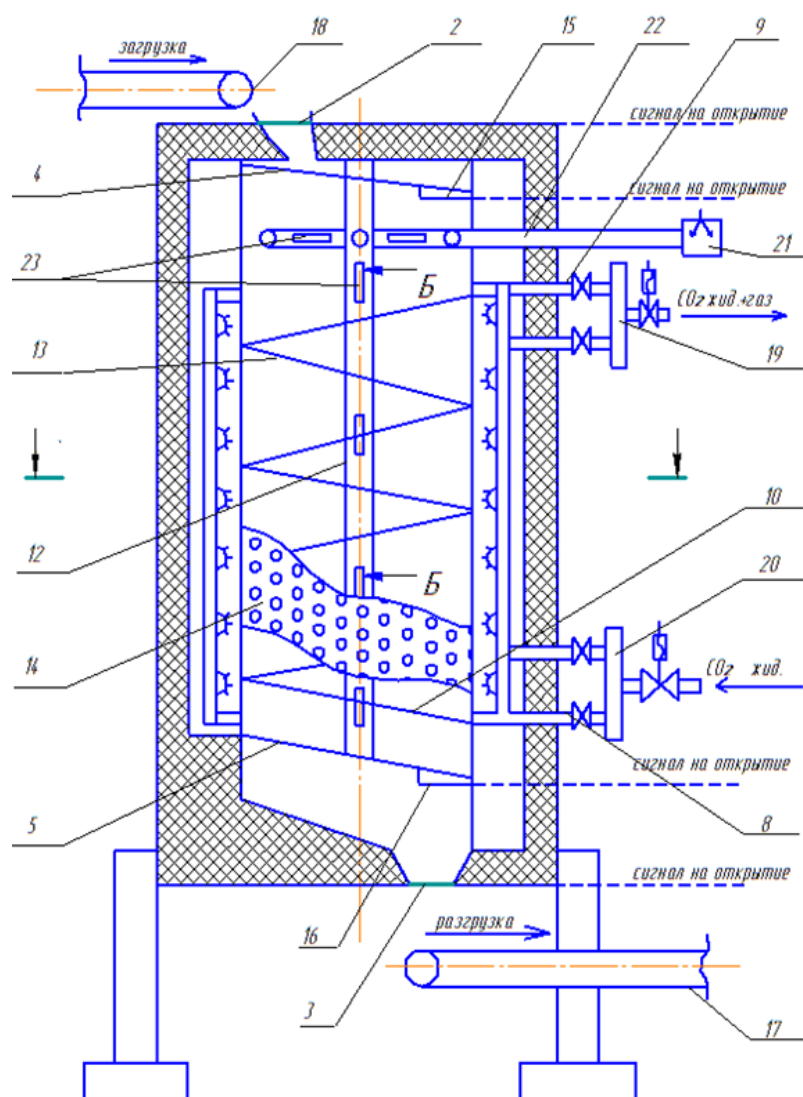


Рис. 1 – Принципиальная схема аппарата

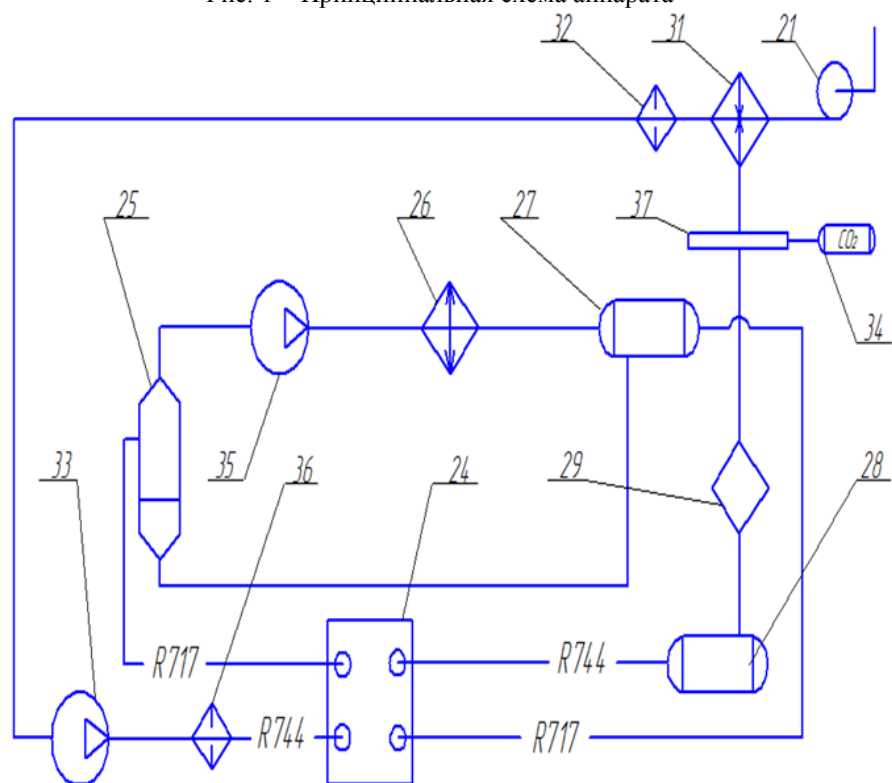


Рис. 2 – Принципиальная схема установки

Одновременно из коллектора 8 через расположенный на нем низкотемпературный электромагнитный вентиль, жидкий CO₂ через трубопровод 7 подводится к форсункам 6, где дросселируется и подается на продукт. За счет теплообмена с хладагентом через трубы 10 и мелкими дисперсионными частицами диоксида углерода подаваемыми из форсунок 6 при непосредственном контакте в процессе перемещения от окна 15 к окну 3 продукт подвергается холодильной обработке и скапливается в коробе 5, после полной загрузки подается сигнал на закрытие электромагнитного вентиля на подающем коллекторе 20, закрытие окна 16 и открытие окна 3. Так как системы автономны, то при переключении низкотемпературных электромагнитных вентилях расположенных на коллекторах 8 и 9 можно обеспечить работу обеих систем или чередование их по необходимости. Обработанный продукт выводится из корпуса 1 на разгрузочный конвейер 17, а CO₂ отсасывается из трубного и межтрубного пространства аппарата через коллектор 19 и фильтр 32 компрессором 33 на рециркуляцию в каскадную холодильную установку. Каскадная холодильная установка работает следующим образом: CO₂ отсасывается из камеры 31 через коллектор 19 и фильтр 32, компрессором 33 сжимается и через фильтр-осушитель 36 подается в теплообменник 24 после которого CO₂ в жидкой фазе поступает в ресивер 28, который предназначен для сбора жидкого CO₂ и сглаживания пульсаций подаваемого CO₂ в аппарат, затем в воздухоотделителе 29 происходит удаление неконденсирующихся газов. Через коллектор регулирующей станции 37 жидкий CO₂ в том числе и подпитывающий систему из баллона 34, поступает в аппарат 31. Для удаления воздуха из аппарата после загрузки продукта в схеме предусмотрен вакуумный насос 21.

Во втором каскаде сжатый газ из компрессора 35, поступает в воздушный конденсатор 26, в котором охлаждаются и конденсируются пары аммиака. Сконденсировавшийся жидкий аммиак сливается в линейный ресивер 27. После чего холодильный агент поступает в теплообменник 24, где в результате теплообмена жидкий аммиак преобразуется в пар и через отделитель жидкости 25 отсасывается компрессором.

Предлагаемый аппарат для холодильной обработки продуктов с рециркуляцией CO₂ обладает повышенной производительностью, обеспечивает снижение расхода криоагента в сочетании с более эффективным его применением и рециркуляцией. Аппарат компактен, конструкция его проста и удобна в эксплуатации.

Литература

1. Буянов О.Н. Исследование режимов работы криогенного аппарата для замораживания рыбы / О.Н. Буянов, Е.Н. Неверов, И.С. // Вестник Международной академии холода. - 2012. - № 4. - С. 29-32.
2. Неверов Е.Н. Исследование процесса охлаждения неразделанной промысловой форели диоксидом углерода // Ползуновский вестник. - 2014. - № 4. Т.2 – С. 132-136.

References

1. Buyanov po izucheniyu rezhimov kriogennoy apparatury dlya zamorazhivaniya ryby / ON Brawlers, EN Neverov // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii holoda. - 2012 - № 4. - S. 29-32.
2. Neverov Ye.N. Issledovaniye protsessa okhlazhdeniya vseey lovli foreli dvoukisi ugleroda // Polzunovsky vestnik. - 2014 - № 4. - S. Vol.2 132-136.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.099

Оладько В.С.

Кандидат технических наук,

Волгоградский государственный университет

АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Аннотация

Рассмотрена проблема нарушения безопасности субъектов и объектов в электронной коммерции. Обоснована необходимость проведения аудита информационной безопасности в системах электронной коммерции. Описан процесс и этапы проведения аудита. Охарактеризованы возможные варианты заключений, относительно соответствия системы требованиям безопасности.

Ключевые слова: риск, защищенность, платежная система, система защиты, интернет, угроза.

Oladko V.S.

PhD in Engineering,

Volgograd State University

THE INFORMATION SECURITY AUDIT IN E-COMMERCE

Abstract

The problem of security breaches subjects and objects in e-commerce is considered in the article. The need for audit of information security in electronic commerce systems proved. It describes the process and stages of the audit. Possible conclusions regarding the compliance of safety requirements are described.

Keywords: risk, security, payment system, security system, internet, threat.

Электронная коммерция (ЭК), на сегодняшний день, является одним из наиболее перспективных и растущих секторов экономики, ее оборот в России, по данным [1], в 2014 году составил 639,7 млрд. рублей. Наиболее активно ЭК применяется в таких отраслях как финансовый сервис, высокотехнологичное производство, туризм, транспорт, оптовая и розничная Интернет-торговля, предоставление государственных услуг и осуществление закупок. Существует множество моделей систем электронной коммерции (СЭК), в рамках которых реализуются основные финансовые операции, транзакции и бизнес-процессы. Основными субъектами в СЭК являются: государство, финансовые организации, продавцы, производители, поставщики и потребители, объектами – персональные данные пользователей, платежные данные и информация о банковских картах и счетах, денежные средства и электронные заместители и другие виды конфиденциальной информации. Вся эта информация подвержена ряду угроз и

деструктивных воздействий случайного и преднамеренного характера [2,3], в результате которых может быть нарушена конфиденциальность и целостность информации, доступность данных и сервисов СЭК, а также произойти прерывание бизнес-процессов. Поэтому в соответствии с требованиями регуляторов – ФСТЭК России, ФСБ России и ЦБ России СЭК и ее платежные сервисы должны подлежать защите.

Состав системы защиты, может быть различен для государственных и коммерческих СЭК, и определяется требованиями регуляторов. А для того что бы проверить степень выполнения требований владельцами СЭК необходимо на регулярной основе проводить аудит информационной безопасности, например, для электронных платежных систем по требованиям ЦБ России должен проводиться не реже одного раза в два года.

Аудит информационной безопасности (ИБ) делится на внутренний и внешний, может проводиться сторонними лицензированными организациями и собственным подразделением безопасности организации – собственника СЭК. В рамках аудита, решаются задачи проверки соответствия текущего уровня безопасности СЭК требованиям регуляторов, выявления уязвимостей и потенциальных рисков, а также выдача отчета и рекомендаций относительно дальнейших действий. При этом внешний аудит, как правило, осуществляется либо в рамках аттестационных испытаний и по требованиям нормативно-методической документации регулирующих органов либо по инициативе руководства. В большинстве случаев является обязательным для государственных СЭК (портал государственных услуг, государственные информационные системы электронных торговых площадок и т.п.). Внутренний аудит нужен для регулярного контроля над состоянием безопасности собственной СЭК с целью управления инцидентами ИБ и поддержки приемлемого уровня защищенности системы, также может осуществляться для подготовки к прохождению внешнего аудита или с целью получения сертификата соответствия.

Аудит может проводиться экспертным путем и/или с помощью специализированных инструментальных средств оценки и поддержки принятия решений. Наиболее часто при проведении аудита ИБ используются системы ГРИФ, КОНДОР, CRAMM, RiskWatch.

В аудите ИБ условно выделяют три этапа (см. рис. 1):

- оценка текущего состояния защиты СЭК,
- оценка рисков и общего уровня защищенности СЭК,
- формирование отчета и выдача рекомендаций.

По результатам проведенного исследования аудиторской группой может быть подготовлено четыре типа заключений:

- безусловно положительное;
- условно положительное;
- отрицательное;
- отказ от выражения заключения.

Этапы проведения аудита

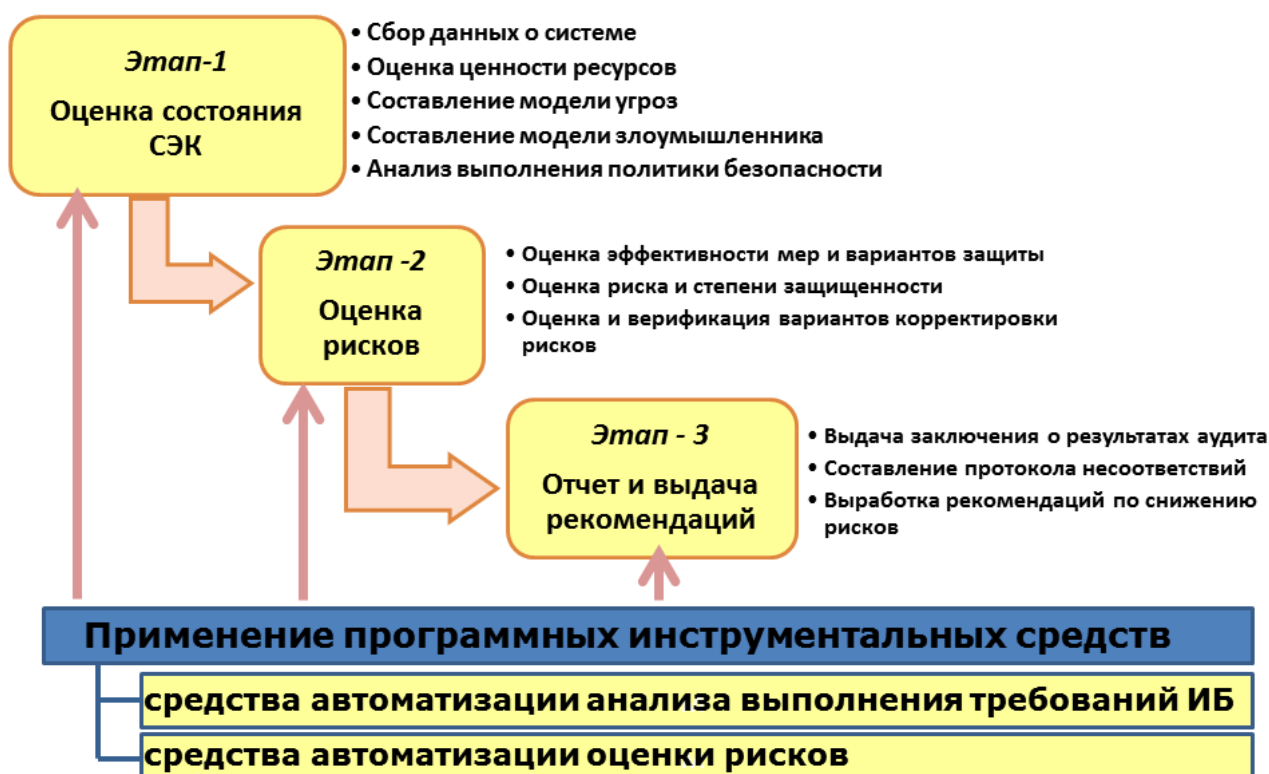


Рис. 1 – Схема проведения аудита информационной безопасности в СЭК

В данных заключениях должны быть охвачены вопросы связанные:

- со степенью соответствия проверяемой СЭК критериям аудита ИБ;
- с оценкой состояния и качества системы внутреннего контроля и/или мониторинга ИБ проверяемой СЭК;
- со способностью руководства организации-собственника СЭК обеспечить постоянную пригодность, адекватность, результативность защиты СЭК и ее совершенствование.

Полученные в результате аудита ИБ отчет и рекомендации могут использоваться:

- в случае соответствия требованиям безопасности, для получения специального сертификата безопасности, подтверждающего высокую защищенность СЭК от случайных угроз и атак злоумышленника, что может существенно повысить репутацию и привлекательность СЭК для потенциальных клиентов и пользователей;
- в случае несоответствия, на основании выданных рекомендаций, произвести реконфигурацию и модернизацию текущей системы защиты, устранить недопустимые риски и повысить общую защищенность СЭК.

Литература

1. Ким Б. Показатели рынка электронной коммерции. URL: <http://spbit.ru/news/n82562/> (дата обращения – 17.11.2015).
2. Оладько В.С. Модель действий злоумышленника в системах электронной коммерции//Международный научно-исследовательский журнал.2015. №7-1(38). С. 83-85. URL: <http://research-journal.org/technical/model-dejstvij-zloumyshlennika-v-sistemax-elektronnoj-kommercii/> (дата обращения 17.11.2015).
3. Аткина В.С. Анализ катастрофических воздействий на информационную систему// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010.№1.С. 15-19.

References

1. Kim B. Pokazateli rynka jelektronnoj kommercii. URL: <http://spbit.ru/news/n82562/> (data obrashheniya 17.11.2015).
2. Olad'ko V.S. Model' deystviy zloumyshlennika v sistemakh elektronnoy kommertsii//Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal.2015. №7-1(38). S. 83-85. URL: <http://research-journal.org/technical/model-dejstvij-zloumyshlennika-v-sistemax-elektronnoj-kommercii/> (data obrashcheniya 17.11.2015).
3. Atkina V.S. Analiz katastroficheskikh vozdeystviy na informatsionnyu sistem// Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. 2010.№1.S. 15-19.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.117

Писакин М.М.

Аспирант, Марийский Государственный Университет

КОНЦЕПЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация

В статье рассматривается способ совершенствования учебного процесса основанный на внедрении концепции регионального оператора облачной системы дистанционного обучения. Концепция регионального оператора облачной системы дистанционного обучения предоставляет возможность высшему учебному заведению предоставлять в аренду свои ресурсы другим учебным заведениям разного образовательного уровня по средствам электронной учебной платформы. В данной концепции высшее учебное заведение называется региональным оператором, а учебное заведение арендующие ресурсы регионального оператора – потребителем. Связующим звеном между ними является электронная учебная платформа. В статье приводится описание концепции регионального оператора облачной системы дистанционного обучения. Отдельно рассматривается архитектура электронной учебной платформы в рамках концепции регионального оператора облачной системы дистанционного обучения и структура ее компонентов.

Ключевые слова: облачные технологии, дистанционное обучение, облачная архитектура, система управления обучением.

Pisakin M.M.

Postgraduate student, Mari State University

THE CONCEPT OF REGIONAL OPERATOR OF CLOUD EDUCATIONAL DISTANCE SYSTEM

Abstract

This article discusses a method of improving the educational process based on introducing the concept of the regional operator cloud distance learning system. The concept of a regional operator cloud distance learning system provides the ability to provide higher education institution to rent their resources to other educational institutions of different educational levels by means of e-learning platform. This concept is called higher education regional operator, and school resources renting regional operator – the consumer. Link between the miss e-learning platform. The article describes the concept of a regional operator cloud distance learning system. Separately, the architecture of e-learning platform in the concept of a regional operator of the cloud system of distance learning and the structure of its components.

Keywords: cloud computing, distance learning, cloud architecture, learning management system.

Совершенствование образовательного процесса – основополагающая успеха достижения эффективной работы учебного заведения. Любое совершенствование тесно связано с научным и технологическим прогрессом. Развитие ИТ сектора, а именно мультимедийных и сетевых технологий подтолкнуло к созданию концепции электронного дистанционного обучения. За счет использования сетевых технологий, а именно сети Интернет в образовательном процессе, появилась возможность давать образование учащимся в любой точке мира на дому.

Данная концепция позволила сократить затраты учебного заведения, снизить стоимость обучения и увеличить прибыль за счет привлечения новых учащихся из других городов и стран.

Как правило, для удобства обучающихся, разворачиваются электронные учебные платформы. Основной составляющей электронной учебной платформы является система управления обучением(LMS).

Система управления обучением(LMS) — это система применяется в рамках разработки, управления и распространения учебных материалов в режиме онлайн. Для создания и управления материалами используется виртуальная образовательная среда с заданием последовательности изучения. Данная система включает в себя различного рода индивидуальные задания, проекты для работы в малых группах и учебные элементы для всех студентов, основанные как на содержательном компоненте, так и на коммуникативном[3].

Электронные учебные платформы разворачиваются на базе высших учебных заведений, обладающих необходимыми ресурсами и обеспечивают процесс дистанционного обучения для студентов данного вуза.

Функциональная среда электронной учебной платформы позволяет обеспечивать: видео трансляцию в режиме реального времени, тестирование, общение с преподавателем по средствам форумов и чатов, обмен файлами, доступ к необходимому учебному материалу.

С появлением облачных технологий возрос интерес к разработке электронных учебных платформ базирующейся на облачной архитектуре, использующих одну из моделей обслуживания и развертывания облака.

Проявление значительного интереса к облачным вычислениям началось сравнительно недавно. Это вызвано возможностью снижения затрат на собственную информационную инфраструктуру за счет использования ресурсов и программного обеспечения облачных операторов. Облачные технологии позволяют предоставлять услуги по нескольким моделям:

- 1) Программное обеспечение как услуга
- 2) Инфраструктура как услуга
- 3) Платформа как услуга

Облачные вычисления – данная модель позволяет обеспечить повсеместный и удобный сетевой доступ по требованию, к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и/или обращениями к провайдеру [5].

МОДЕЛИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОБЛАКА:

- частное облако - инфраструктура, обеспечивающая функционирование корпоративных информационных систем в соответствии с моделью облачных вычислений в рамках одной организации. Управление и эксплуатацию частным облаком может осуществлять сама организация либо третье лицо (сторонняя организация) [6].

- публичное облако - инфраструктура, предназначенная для свободного использования широкой публикой. Собственником данного вида облака могут выступать научные, коммерческие и правительственных организаций. Физически публичное облако базируется в юрисдикции владельца - поставщика услуг [6];

- гибридное облако — представляет собой комбинацию нескольких облачных инфраструктур (частных, публичных или общественных), являющихся уникальными, но связанными между собой стандартизованными или частными технологиями передачи данных и приложений [6].

- общественное облако — инфраструктура, предназначенная для использования конкретным сообществом потребителей из организаций, имеющих общие задачи. Собственником облака могут являться как одна организация, так и несколько и оно может физически существовать как внутри, так и вне юрисдикции владельца [6].

Модели обслуживания облака:

Программное обеспечение как услуга (SaaS) - модель, предоставляющая потребителю возможность использовать прикладное программное обеспечение провайдера, осуществляющего деятельность в облачной инфраструктуре и доступного из различных клиентских устройств или посредством тонкого клиента, например, из браузера(например электронная почта) или интерфейс программы. В рамках данной модели контроль и управление основной физической и виртуальной инфраструктурой облака осуществляется облачным провайдером [6].

Платформа как услуга (PaaS) - модель, предоставляющая потребителю возможность использования облачной инфраструктуры для размещения базового программного обеспечения для последующего размещения на нём новых или существующих приложений. Данная платформа включает в себя: инструментальные средства разработки, тестирования и исполнения прикладного программного обеспечения: системы управления базами данных, связующее программное обеспечение, средства разработки, предоставляемые облачным провайдером [6].

В рамках данной модели контроль и управление основной физической и виртуальной инфраструктурой облака, в том числе сети, серверов, операционных систем, хранения осуществляется облачным провайдером, исключением являются разработанные или установленные приложения и параметры конфигурации среды [6].

Инфраструктура как услуга (IaaS) - модель предоставляющая возможность использования облачной инфраструктуры для самостоятельного управления ресурсами обработки, хранения, сетей и другими фундаментальными вычислительными ресурсами. Собственником физической и виртуальной инфраструктуры облака является облачный провайдер [6].

Основным преимуществом облачной системы дистанционного обучения является возможность предоставления в аренду собственных ресурсов (ресурсов учебного заведения, на базе которого было развернуто облако), другим учебным заведениям. Данная концепция называется «Региональный оператор облачной системы дистанционного обучения»

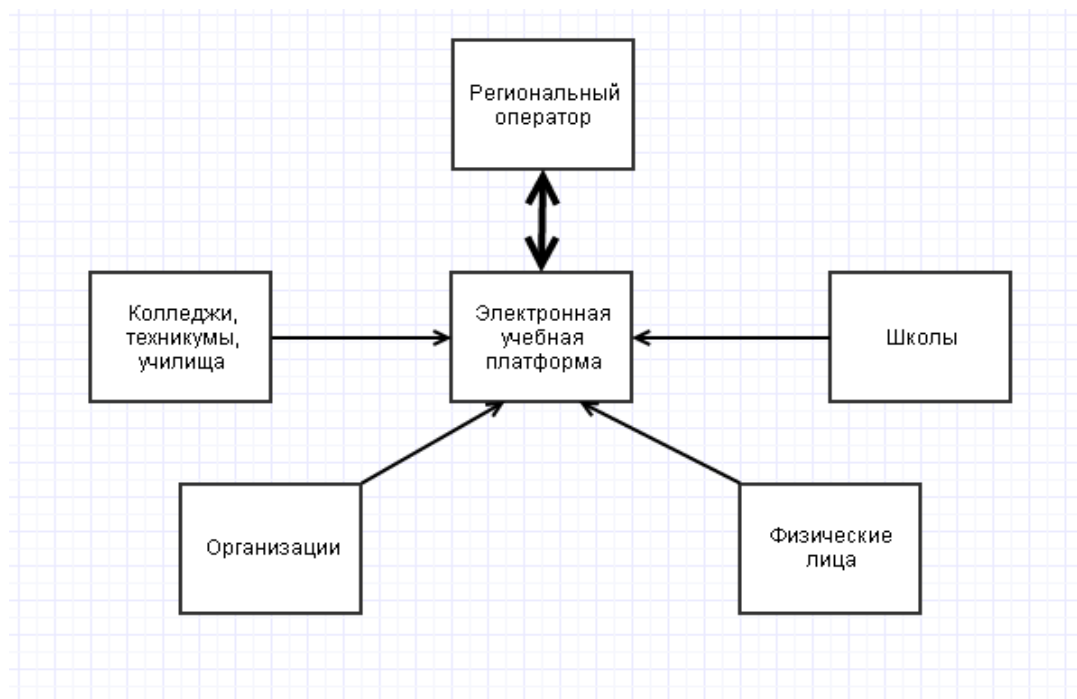


Рис. 1 – Модель регионального оператора облачной системы дистанционного обучения

Региональный оператор – высшее учебное заведение регионального уровня обладающее необходимыми ресурсами для развертывания на его базе облачной системы дистанционного обучения.

Под необходимыми ресурсами понимается:

- 1) Мультимедийный учебный контент
- 2) Развитая информационная инфраструктура
- 3) Мультимедийное оборудование
- 4) Опытные специалисты в области дистанционного обучения

Потребители – учебные заведения разных видов и образовательных уровней, физические лица, частные предприятия нуждающиеся в использовании средств дистанционного обучения, но не имеющие для этого необходимых ресурсов и финансовых средств. Как правило - это небольшие частные образовательные учреждения.

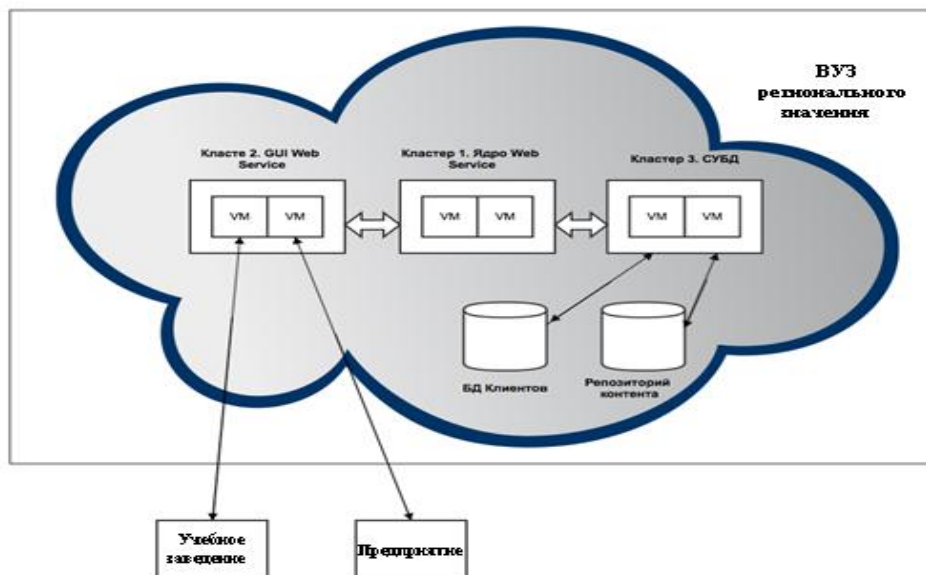


Рис. 2 – Архитектура электронной учебной платформы

Связующим звеном между региональным оператором и потребителем является электронная учебная платформа.

Электронная учебная платформа – система управления обучением (LMS) разработанная с применением облачной архитектуры, включающий в себя набор средств дистанционного обучения необходимых для совершенствования учебного процесса. Принцип концепции заключается в организации региональным оператором услуги предоставления в аренду собственных ресурсов потребителю по средствам электронной учебной платформы.

Основным инструментом регионального оператора облачной системы дистанционного обучения является электронная учебная платформа. Архитектура электронной учебной платформы состоит из трех кластеров, базы данных и репозитория контента. Схема архитектуры электронной учебной платформы приведена на рисунке 2.

Кластер 1 – «Ядро» – предназначен для запуска в облаке веб-сервисов электронной учебной платформы.

Кластер 2 – «GUIWebService» – предназначен для запуска в облаке клиента веб-сервиса, являющегося пользовательским интерфейсом SaaS приложения, предоставляющего потребителям образовательные услуги.

Кластер 3 – «DataBases» – предназначен для запуска в облаке систем управления базами данных, обрабатывающих данные клиентов веб-сервиса и SaaS-решения для управления обучением.

База данных клиентов – база данных необходимая для хранения данных о зарегистрированных клиентах в электронной учебной платформе.

Репозиторий контента – база данных необходимая для хранения учебного контента.

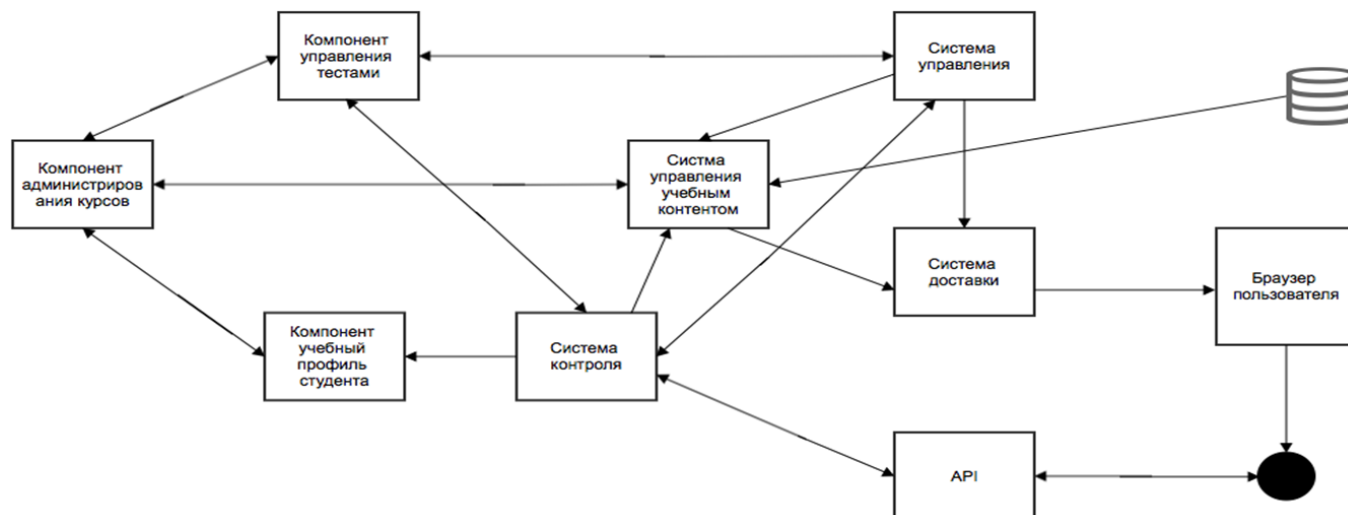


Рис. 3 – Общая схема компонентов LMS

Структура компонентов электронной учебной платформы приведена на рисунке 3.

1) Компонент «Учебный профиль студента» - компонент управления всеми образовательными услугами, которые он проходит или желает пройти студент.[3]

2) Компонент «Тестирование» - компонент для проверки знаний полученных студентом в процессе обучения [3].

3) Компонент «LCMS» - компонент управления образовательным контентом [3].

4) Компонент «Администрирование курсов» - компонент позволяющий администраторам и преподавателям создавать модернизировать и дополнять курсы, а также получать мониторинговую информацию [3].

5) Компонент «Управление системой» - компонент отвечающий за взаимодействие вспомогательных компонентов.

Основные функции электронной учебной платформы [3]

1) Управление ролями.

2) Управление правами доступа.

3) Управление пользователями.

4) Управление преподавателями.

5) Учебный контент.

6) Процесс обучения.

7) Контроль обучения.

8) Возможности составления отчетов.

9) Коммуникации на учебном портале.

10) Организации коммерческих операций.

11) Управления очным обучением/мероприятиями.

12) Интеграция контента.

LCMS- система, предназначенная для разработки персонализированного образовательного контента. Образовательный контент создается и хранится в виде учебных объектов. Основным отличием LMS от LCMS заключается в том, что LMS осуществляет управление всеми формами обучения в организации, а LCMS концентрируется на образовательном контенте, реализованных в форме учебных объектов. Учебный объект – это изолированная часть учебного материала [3].

Литература

1. Табаков В.В. Облачные вычисления – технологическая инновация // Сборник материалов второй научно-практической конференции «Проблемы развития инновационно-креативной экономики». 2011. С. 24-28.

2. Тарнавский Г.А. Облачные вычисления: контент, инфраструктура и технологии организации информационных потоков Центра компьютерного моделирования SciShop.ru // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2010. Т. 13. С. 1-29.

3. http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления (дата обращения:09.04.2013).

4. The NIST Definition of Cloud Computing. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (дата обращения:10.04.2013).

5. Server and Cloud Platform. <http://www.microsoft.com/ru-ru/server-cloud/cloudcomputing/default.aspx> (дата обращения:15.03.2013).

References

1. Tabakov VV Cloud computing - technological innovation // Collection of materials of the second scientific-practical conference "Problems of development of innovation and creative economy." 2011. pp 24-28.
2. Tarnavskiy GA Cloud computing: content, technology infrastructure and information flow of the Center of computer modeling SciShop.ru // Electronic scientific journal "Investigated in Russia". 2010. T. 13. S. 1-29.
3. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_\(obraschaeniya_date:_04.09.2013\).](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_(obraschaeniya_date:_04.09.2013).)
4. The NIST Definition of Cloud Computing. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (the date of circulation: 04.10.2013).
5. Server and Cloud Platform. <http://www.microsoft.com/ru-ru/server-cloud/cloudcomputing/default.aspx> (the date of circulation: 03.15.2013).

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.102

Плаксиенко В.С.¹, Плаксиенко Н.Е.², Кулешов А.Ю.³¹Доктор технических наук, ²кандидат технических наук, ³магистрант,

Южный федеральный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАПЧ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ "MICROCAP"

Аннотация

В статье рассмотрены особенности построения системы частотной автоподстройки частоты, выполнено моделирование работы, получены регулировочные характеристики, позволяющие определить полосу захвата и полосу удержания.

Ключевые слова: автоподстройка, полоса захвата, полоса удержания.

Plaksienko V.S.¹, Plaksienko N.E.², Kuleshov A.Yu.³¹PhD in Engineering, ²PhD in Engineering, ³master, Southern Federal University

RESEARCH OF FLL SYSTEM BY MEANS OF THE PROGRAM "MICROCAP"

Abstract

In the article features of creation of system of the frequency auto-adjust of frequency are considered, operation simulation is executed, the regulation curves allowing to define a band of capture and a band of holding are received.

Keywords: auto-adjust, capture band, holding band.

Система автоматической подстройки частоты (АПЧ) должна обеспечивать требуемую точность настройки приемника при воздействии на него дестабилизирующих факторов. Источником частотной нестабильности приемника является гетеродин, поэтому одной из важных задач в современных радиотехнических системах является осуществление синхронизации гетеродина. Синхронизацию местного гетеродина выполняют при помощи системы АПЧ, в которой измерительным элементом является частотный детектор (ЧД), такую систему называют системой частотной автоподстройки частоты (ЧАПЧ). Выполним математическое моделирование системы ЧАПЧ в среде Microcap, для подтверждения её физической реализуемости и исследования основных параметров, что очень важно при разработке реальных радиотехнических систем.

На рис.1 приведена модель установки для исследования системы ЧАПЧ в программе «MICROCAP 9» с указанием параметров макросов элементов,

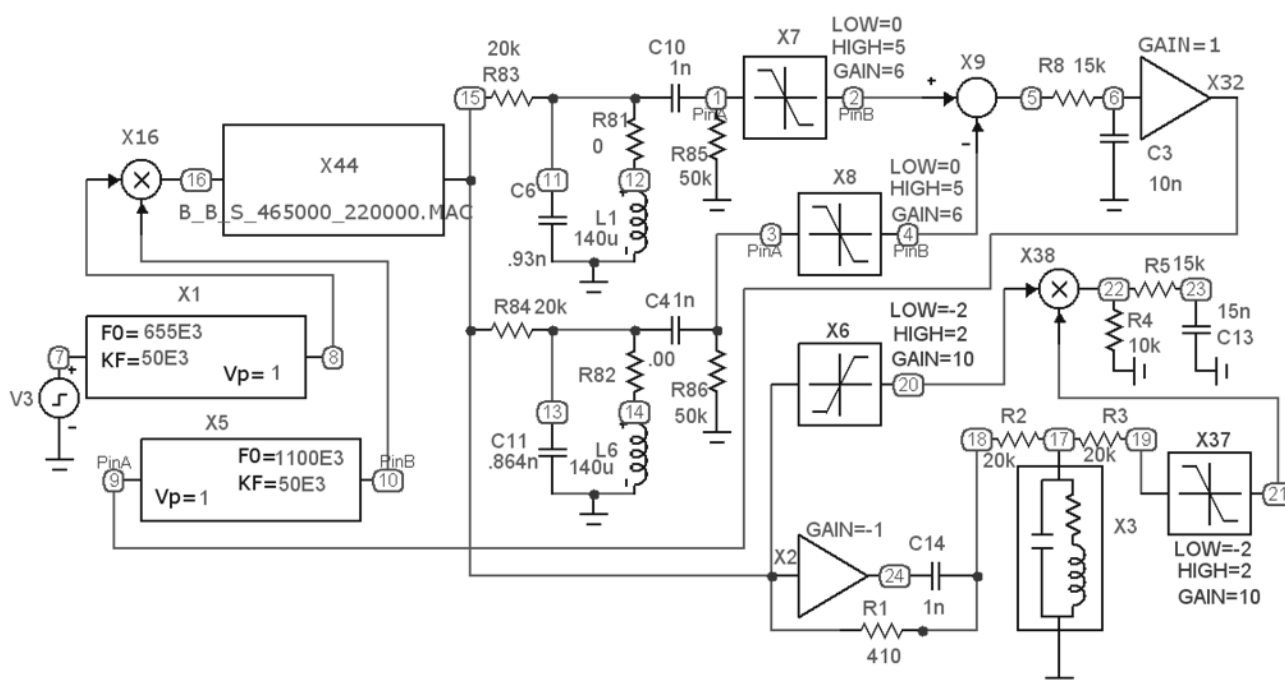


Рис. 1

где: X1 – генератор сигнала с частотной модуляцией; V3 – генератор пилообразного напряжения (ГПН); X5 – генератор, управляемый напряжением (ГУН); X6, X7, X8, X37 – амплитудные ограничители (АО), X2, X4, X13, X32, X37, X40 – усилители; X16, X38 – перемножители; X44 – ФСС (активный фильтр Баттерворта с полосами $SB = 300$ кГц и $PB = 250$ кГц); X9 – вычитающее устройство; X32 – ключ; собранный на усилителе; X2, X3, X6, X37, X38, C13, C14, R1, R2, R3, R4, R5 – элементы, на которых собран измерительный квадратурный ЧД; X7, X8, X9, L1, L6, C6, C11, R81, R82 – элементы, на которых собран балансный ЧД системы ЧАПЧ (ИЭ).

На вход генератора ЧМС X1 поступает пилообразное напряжение, которое изменяет частоту генератора ЧМ-сигнала по линейному закону на $K_F = \pm 50$ кГц, средняя частота $F_0 = 465$ кГц, что необходимо для получения статической детекторной характеристики ЧД и для исследования системы ЧАПЧ.

Сигнал ошибки $U_{\text{ЧД}}(t)$ с выхода ЧД после прохождения через ФНЧ (R8C3) преобразуется в управляющее напряжение $U_{\text{рег}}$, приложенное к ГУН (X5). Под воздействием $U_{\text{рег}}$ частота ГУН изменяется на $\Delta f_{\text{под}}$ в сторону уменьшения рассогласования между $f_c(t)$ и $f_z(t)$. На выходе ФНЧ измерительного квадратурного частотного детектора (точка 23) формируется зависимость изменения промежуточной частоты на выходе смесителя, т.е. можно сформировать зависимость остаточной расстройки $\Delta f_{\text{ост}}$ в системе ЧАПЧ от исходной расстройки $\Delta f_{\text{нач}}$ частоты на входе (основная характеристика системы ЧАПЧ).

Полученные регулировочные характеристики позволяют определить полосу захвата и полосу удержания исследуемой системы ЧАПЧ (Рис.2),

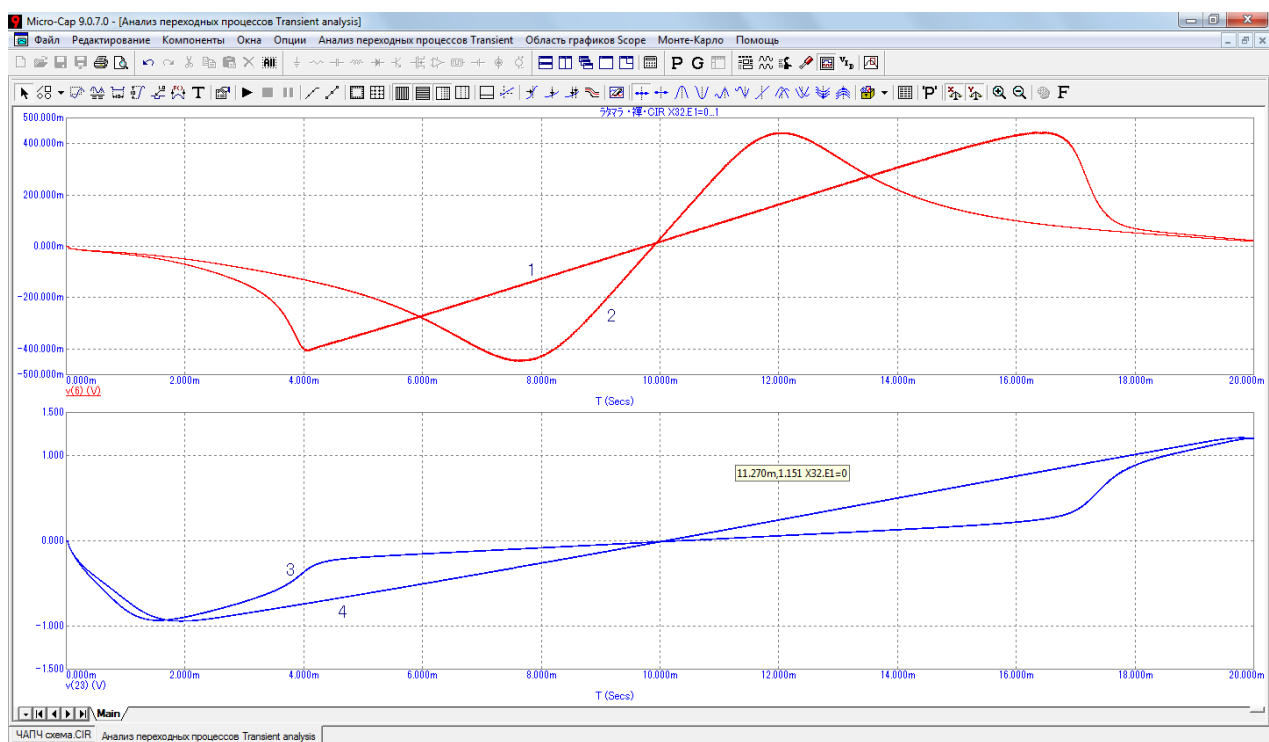


Рис. 2

где

кривая 1 – статическая детекторная характеристика ЧД,

кривая 2 – управляющее напряжение, подаваемое на РЧ,

кривая 3 – характеристика регулирования системы при разомкнутой системе ЧАПЧ,

кривая 4 – характеристика регулирования системы при замкнутой системе ЧАПЧ.

Для получения статической детекторной характеристики ЧД необходимо: разомкнуть обратную связь в схеме, установив коэффициент усиления в ключевом элементе (усилителе X32) равным 0 (размыкаются выход ФНЧ – точка 6 и вход ГУН – точка 9). Сигнал $U_{\text{ЧД}}(t)$ снимаем с выхода ЧД после ФНЧ (точка 6). Для получения статической детекторной характеристики необходимо запустить анализ переходных процессов **Transient Analyses** (Alt+1). Следует учесть, что на входе схемы частота изменяется на величину $K_F = \pm 50$ кГц относительно частоты $F_0 = 655$ кГц. Поэтому по горизонтальной оси расстояние от середины графика составляет 50 кГц в каждую сторону (при необходимости следует подстроить ЧД, изменяя параметры контуров).

Определить полосу захвата и полосу удержания системы ЧАПЧ можно, используя для этого характеристику регулирования.

Чтобы получить характеристику регулирования системы ЧАПЧ необходимо: подсоединить в схеме выход ФНЧ (точка 6) к управляющему входу ГУН (точка 9) путем установки значения коэффициента усиления в усилителе X32 равным 1; установить у генератора пилообразного напряжения V3 диапазон изменения напряжения от -1В до $+1\text{В}$ и значение девиации частоты $K_F = \pm 50$ кГц. При этом частота генератора ГУН (X1) будет изменяться по линейному закону от значения 415 кГц до значения 515 кГц. В установленных пределах изменения частоты система войдет в

состояние синхронизма и выйдет из него. Сигнал снимать в точке 23 на выходе ФНЧ измерительного квадратурного частотного детектора. Для получения характеристики регулирования необходимо запустить режим анализа переходных процессов **Transient Analyses** (Alt+1) и снять зависимость изменения управляющего напряжения ГУН от частоты.

Вычисляют полосу захвата, используя формулу

$$F_0 - f_1 = f_{\text{захв.}},$$

где F_0 – частота перехода через 0 характеристики ЧД

f_1 – частота на характеристике регулирования, при которой ГУН войдет в состояние синхронизма (по скачку управляющего напряжения).

Полосу удержания вычисляют по формуле

$$f_2 - F_0 = f_{\text{уд.}},$$

где F_0 – частота перехода через 0 характеристики ЧД,

f_1 – частота на характеристике регулирования, при которой ГУН выйдет из состояния синхронизма (по обратному скачку управляющего напряжения на характеристике регулирования).

Если у генератора пилообразного напряжения (V3) установить диапазон изменения напряжения от +1В до –1В, то частота генератора ЧМ сигнала (X1) плавно уменьшается от значения 515 кГц до значения 415 кГц. По характеристике регулирования также можно определить полосу захвата и полосу удержания.

Литература

1. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов/Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, В.С. Плаксиенко и др. – М.: Радио и связь, 2003. – 520 с.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464 с.
3. Плаксиенко В.С., Плаксиенко Н.Е., Сиденков А.С. Моделирование и исследование частотных детекторов Евразийский союз ученых. XI международная научно-практическая конференция «Современные концепции научных исследований». Часть 2. М.: 27-28 февраля 2015 г. С. 49-54.
4. Плаксиенко В.С., Кравченко Д.А., Сиденков А.С. Балансные частотные дискриминаторы Материалы международной конференции "Наука и образование" 27 декабря 2013 г - 05 января 2014 г. Praha, Publishing House "Education and Science" s.r.o., 2013/2014. Прага, Чехия. С. 19-22.

References

1. The radio-receiving devices: The textbook for higher education institutions/N.N. Fomin, N.N. Buga, V. S. Plaksiyenko, etc. – M.: Radio and communication, 2003. – 520 pages.
2. Amelina M. A., Amelin S. A. Program of circuitry simulation of Micro-Cap 8. – M.: A hot line – the Telecom, 2007. – 464 pages.
3. Plaksiyenko V. S., Plaksiyenko N. E., Sidenkov A.S. Simulation and research of the frequency detectors Euroasian union of scientists. XI international scientific and practical conference "The Modern Concepts of Scientific Researches". Part 2. M.: On February 27-28, 2015 Page 49-54.
4. Plaksiyenko V. S., Kravchenko D. A., Sidenkov A.S. Balance frequency discrimination circuits Materials of the international conference "Science and education" on December 27, 2013 - on January 05, 2014 Praha, Publishing House of "Education and Science" of s.r.o., 2013/2014. Prague, Czech Republic. Page 19-22.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.071

Плаксиенко В.С.¹, Плаксиенко Н.Е.², Крикунов П.Д.³

¹Доктор технических наук, ²кандидат технических наук, ³магистрант, Южный федеральный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТНОГО ДЕТЕКТОРА

Аннотация

В статье рассмотрены особенности построения цифровой части приемника сигналов, модулированных по частоте, выполнено моделирование работы цифрового частотного детектора в соответствии с выражением, полученным для дискретизированного и квантованного колебания.

Ключевые слова: моделирование, цифровой частотный детектор.

Plaksienko V.S.¹, Plaksienko N.E.², Krikunov P.D.³

¹PhD in Engineering, ²PhD in Engineering, ³master, Southern Federal University

SIMULATION OF THE DIGITAL FREQUENCY DETECTOR

Abstract

In article features of creation of digital part of the receiver of the signals modulated on frequency are considered, simulation of operation of the digital frequency detector according to the expression received for sampled and quantized oscillations is executed.

Keywords: simulation, digital frequency detector.

В настоящее время в мире применяют три основные технологии цифрового радиовещания: европейскую систему DAB, систему низкочастотного (до 30 МГц) цифрового вещания DRM и развиваемую в США концепцию IBOC. Внедрение в России системы цифрового радиовещания тормозит проблема поиска частотного ресурса, т.е. необходимо выделение отдельного диапазона частот для цифрового радиовещания. В качестве наиболее вероятного указывают на III вещательный диапазон от 174 до 230 МГц, но конкретная частота в рекомендованном

диапазоне может быть выделена только после продолжительного анализа электромагнитной обстановки. Сложным будет замена многомиллионного парка аналоговых радиоприёмников на цифровые.

Применение цифровой обработки сигналов в радиоприёмниках аналогового вещания даст ряд преимуществ: возможность реализации различных алгоритмов обработки на однокристальной микросистемной базе; возможность длительного накопления слабых сигналов; стабильность характеристик; большой динамический диапазон; малые веса, габариты; высокое быстродействие; отсутствие необходимости настройки электрических цепей.

Структурную схему радиоприёмника аналоговых сигналов с цифровой обработкой разделяют на две части: аналоговую и цифровую. Аналоговая часть приёмного тракта состоит из преселектора, преобразователя частоты и усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Цифровая часть радиоприёмника включает в себя цифровой формирователь квадратурных составляющих и цифровой частотный детектор (ЦЧД).

Сигнал с выхода УПЧ аналоговой части приёмника поступает в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), осуществляющий дискретизацию во времени сигнала промежуточной частоты и квантование полученных значений по уровню. Полученные цифровые значения отсчетов сигнала промежуточной частоты поступают на формирователь квадратурных составляющих, состоящий из двух перемножителей и двух цифровых фильтров нижних частот. Работа этого узла заключается в получении значений цифровых отсчетов квадратурных составляющих сигнала промежуточной частоты.

При ЧМ передаваемое сообщение $x(t)$ заложено в законе изменения мгновенной частоты $F(t)$ принимаемого сигнала. Мгновенная частота выражается через мгновенную фазу $\varphi(t)$ по формуле:

$$F(t) = \varphi'(t)/2\pi. \quad (1)$$

В свою очередь мгновенная фаза выражается через квадратурные составляющие:

$$\varphi(t) = \arctg[V_s(t)/V_c(t)]. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим:

$$x(t) = F(t) = \frac{V_c(t)V_s'(t) - V_s(t)V_c'(t)}{2\pi[V_c^2(t) + V_s^2(t)]}.$$

Для дискретизированного и квантованного колебания получим:

$$x_{KB}(n\Delta t) = \frac{V_{S\ KB}(n\Delta t)V_{C\ KB}([n-1]\Delta t) - V_{C\ KB}(n\Delta t)V_{S\ KB}([n-1]\Delta t)}{2\pi[V_{C\ KB}^2(n\Delta t) + V_{S\ KB}^2(n\Delta t)]}. \quad (3)$$

Структурная схема устройства, реализующего частотную демодуляцию в соответствии с формулой (3), представлена на рис.1.

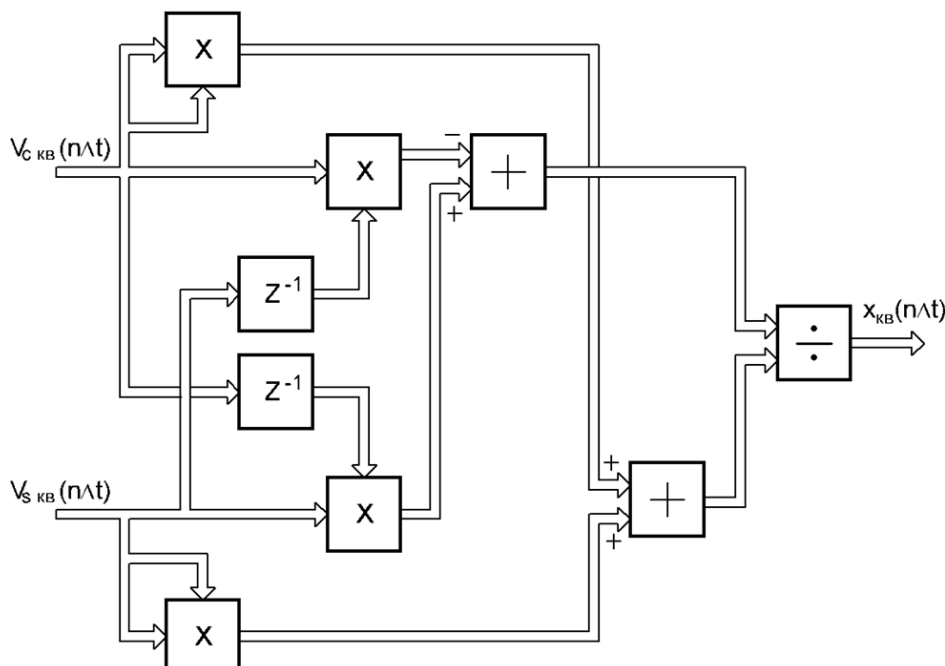


Рис. 1 – Структурная схема ЦЧД

На вход ЦЧД поступают цифровые значения отсчетов квадратурных составляющих. Значения цифровых отсчетов, полученного в ЦЧД сообщения, поступают в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). После преобразования в ЦАП цифровых значений отсчетов сообщения в дискретный во времени сигнал и сглаживания этого сигнала в формирующем ФНЧ, полученный звуковой сигнал усиливается в усилителе низкой частоты до необходимого уровня и воспроизводится громкоговорителем.

Для построения статической характеристики детектирования моделируемого ЦЧД сформируем в Matlab сигнал, линейно модулированный по частоте. Для этого можно воспользоваться функцией $\text{chirp}(t, f_0, t_1, f_1)$, где в скобках t – вектор моментов времени; f_0 – начальная частота в нулевой момент времени (зададим ее равной 10,4 МГц); t_1 – конечный момент времени (зададим 0,01); f_1 – конечная частота сигнала в момент времени t_1 (зададим равной 11 МГц). Полученная в результате моделирования характеристика представлена на рис.2.

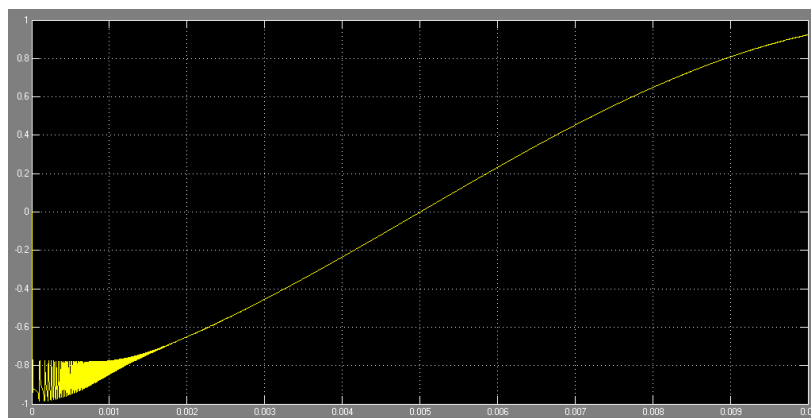


Рис. 2 – Статическая характеристика детектирования исследуемого ЦЧД

Как видно из рис. 2, ширина линейного участка характеристики детектирования составляет около 300 кГц, что достаточно для демодуляции в приёмниках ЧМ-вещания, т.к. полоса частот принимаемого сигнала составляет от 120 до 180 кГц. На рис. 3 представлены, полученные временные диаграммы сигнала на выходе ЦЧД и модулирующего сигнала.

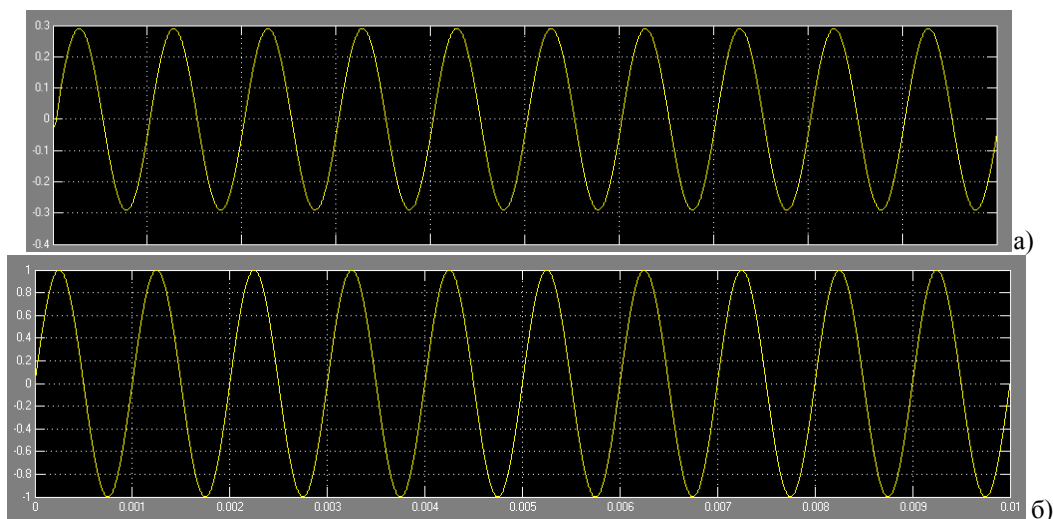


Рис. 3 – Временные диаграммы выходного (а) и модулирующего (б) сигналов

Сигнал на выходе ЦЧД по форме совпадает с исходным модулирующим сигналом.

Литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2003. – 604с.
2. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов/Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, В.С. Плаксиенко и др. – М.: Радио и связь, 2003. – 520 с.
3. Плаксиенко В.С., Плаксиенко Н.Е. Цифровая обработка в радиоприемных устройствах: Учебное пособие. – Кисловодск: Изд-во КГТИ, 2006. – 80 с.

References

1. Sergienko A.B. Cifrovaja obrabotka signalov. – SPb.: Piter, 2003. – 604s.
2. Radiopriemnye ustrojstva: Uchebnik dlja vuzov/N.N. Fomin, N.N. Buga, V.S. Plaksienko i dr. – M.: Radio i svjaz', 2003. – 520 s.
3. Plaksienko V.S., Plaksienko N.E. Cifrovaja obrabotka v radiopri-emnyh ustrojstvax: Uchebnoe posobie. – Kislovodsk: Izd-vo KGTI, 2006. – 80 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.209

Покрас И.Б.¹, Чикуров Г.А.², Касимов М.И.³¹Доктор технических наук, профессор,²кандидат технических наук, доцент, ³аспирант,

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ СМАЗКИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ПРОВОЛОКИ В РЕЖИМЕ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ**Аннотация**

В данной статье рассмотрен экспериментальный подход к определению толщины смазочного слоя при волочении в режиме жидкостного трения. Приведены особенности методики проведения эксперимента и обработки опытных данных. Обоснована необходимость учета поправочного коэффициента в расчете толщины слоя смазки при волочении. По результатам опытов авторами даны рекомендации к применению описанной в работе методики при разработке технологии волочения.

Ключевые слова: жидкостное трение, волочение проволоки, поправочный коэффициент, расход смазки, методика экспериментального исследования.

Pokras I.B.¹, Chikurov G.A.², Kasimov M.I.³¹PhD in Engineering, professor, ²PhD in Engineering, associate professor, ³postgraduate student,

Kalashnikov Izhevsk State Technical University

EXPERIMENTAL CHECK OF A TECHNIQUE OF DETERMINATION OF A LAYER OF LUBRICANT WHEN WIRE DRAWING IN THE MODE OF LIQUID FRICTION**Abstract**

In this article experimental approach to determination of thickness of a lubricant layer when drawing in the mode of liquid friction is considered. Features of a technique of carrying out experiment and processing of skilled data are given. Need of the accounting of correction coefficient for calculation of thickness of a layer of lubricant when drawing is proved. By results of experiences by authors recommendations to application of the technique described in work when developing technology of drawing are made.

Keywords: liquid friction, wire drawing, correction coefficient, lubricant consumption, technique of a experimental study.

Современное машиностроительное производство, с сертификацией системы менеджмента качества требованиям международных стандартов ISO, уделяет особое внимание качеству поставляемой заготовки. Одним из приоритетных направлений повышения качества заготовки для машиностроения остается совершенствование технологии производства проволоки и калиброванного проката.

Объектом исследования [1] является технология волочения проволоки в режиме жидкостного трения, что безусловно актуально, так как вопрос трения контактных поверхностей инструмента и заготовки определяет качественные показатели готового изделия. В качестве предмета исследования рассматриваются вопросы экспериментального моделирования процесса волочения в режиме жидкостного трения. В работе [2] предложена методика определения толщины смазочного слоя при волочении проволоки, которая ориентирована на обработку экспериментальных данных исследуемого процесса. Целью данной статьи является подкрепление методики [2] результатами эксперимента, а также определение режимов технологического процесса волочения, обеспечивающих жидкостное трение.

Процесс эксперимента заключался в определении расхода смазки при различных режимах волочения, с учетом шероховатости инструмента, проволоки и свойств смазки. А именно, проводилось опытное волочение образцов проволоки длиной 1 м (l) при различных скоростях стана (v). С целью повышения точности исследования, для каждой скорости стана опыты проводились три раза. При этом измерялась масса загружаемой в мыльницу смазки до волочения (m_1) и после (m_2).

Для опыта был принят действующий маршрут волочения стальной проволоки (СтЗсп, ГОСТ 380-2005) – кр. 6,5 мм - кр. 5,7 мм. В качестве инструмента использовалась сборная волока с рабочим углом калибрующего вкладыша 12° , диаметром отверстия напорного вкладыша 6,56 мм, шероховатостью рабочей поверхности $((Ra)_u)$ 0,25 мкм. Технологической смазкой послужил мыльный порошок ($\rho=2400\text{кг/м}^3$). Шероховатость заготовки $((Ra)_{np})$ измерялась при помощи контактного профилометра (модель 296 Б-37/Б-751/Б-50) и составила 1,51 мкм. Результаты опыта отражены в табл. 1.

Далее осуществлялась обработка зафиксированных в ходе эксперимента данных. Применяемая для этого методика [2] базируется на сравнении практического (Q_{np}) и расчетного (Q_p) расхода смазки. В работе [2] принято, что расход смазки при волочении определяется толщиной, оставшейся на поверхности проволоки. При этом количество смазки, оставшееся на поверхности инструмента невелико, и в расчетах им пренебрегают. Поэтому расчетный расход смазки представлен следующим выражением:

$$Q_p = \pi \cdot d \cdot l \cdot (Ra)_{np}, \quad (1)$$

где d – диаметр проволоки, l – длина проволоки, $(Ra)_{np}$ – высота микронеровностей поверхности проволоки. Практический расход смазки определялся выражением [2]:

$$Q_{np} = \frac{m_1 - m_2}{\rho}, \quad (2)$$

где m_1 – масса смазки в мыльнице до волочения, m_2 – масса смазки в мыльнице после волочения, ρ – плотность смазки.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

№ опыта	Скорость стана, м/мин	Масса смазки в мыльнице до волочения, г	Масса смазки в мыльнице после волочения, г
1	120	1000	999,8815
			999,8819
			999,8821
Среднее значение по результатам трех измерений			999,88183
2	170	1000	999,882
			999,8822
			999,8825
Среднее значение по результатам трех измерений			999,88223
3	220	1000	999,9257
			999,926
			999,9261
Среднее значение по результатам трех измерений			999,92593
4	300	1000	999,9241
			999,9247
			999,925
Среднее значение по результатам трех измерений			999,9246

Опыты показали, что практические результаты эксперимента разнятся с расчетными. Это связано с тем, что практический расход смазки определяется толщиной, разделяющей трущиеся поверхности вследствие жидкостного трения, а также высотой микронеровностей инструмента и проволоки. В связи с этим, для расчета толщины смазочного слоя (h_{np}) был введен поправочный коэффициент (a), который является результатом отношения практического расхода смазки к расчетному расходу:

$$a = \frac{m1 - m2}{\rho \pi d l (Ra)_{np}} \quad (3)$$

С учетом поправочного коэффициента расчет толщины смазочного слоя при волочении определялся выражением [2]:

$$h_{np} = a \frac{m1 - m2}{\pi d l \rho} \quad (4)$$

Результаты расчета представлены в табл. 2. По полученным данным построена зависимость толщины слоя смазки от скорости волочения (рис. 1).

Таблица 2 – Результаты расчета

Скорость стана, м/мин	Толщина смазки, мкм	Значение коэффициента, a
120	4,86	1,8
170	4,86	1,8
220	1,938	1,14
300	2,03	1,16
$R_{сумм} = 1,76$		-

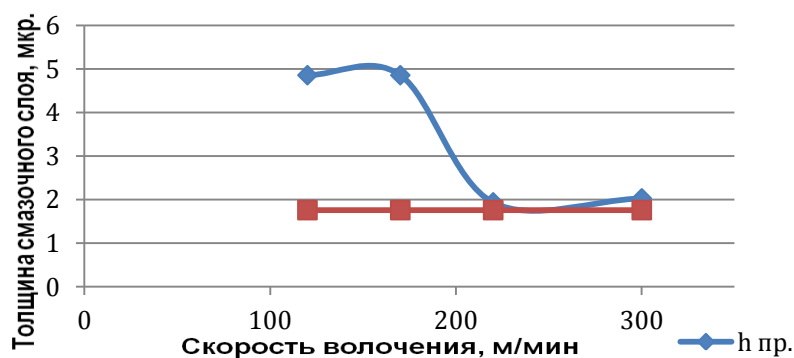


Рис. 1 – Зависимость толщины слоя смазки от скорости волочения

На диаграмме показано, что опыты по волочению проволоки были проведены в режиме жидкостного трения. Об этом прямо свидетельствует тот факт, что расчетное значение толщины смазочного слоя ($h_{пр}$) на всех скоростных ступенях стана превышает суммарное значение микронеровностей инструмента и заготовки ($(Ra)_{сумм}$) [2]. Отметим также, что коэффициент a , с увеличением скорости стана, уменьшается. С увеличением скорости волочения значительно возрастает температура трущихся поверхностей. При этом смазка начинает терять свои пластические свойства и под давлением значительная ее часть отгоняется из зоны очага деформации. Т.е. с увеличением скорости волочения, и в связи с этим с уменьшением толщины смазочного слоя на проволоке, практическое значение расхода смазки стремится к расчетному значению.

Предложенный в статье подход [3] дает возможность учесть влияние режимов волочения на толщину смазочного слоя. По данным диаграммы видно, что на более низких скоростях волочения толщина смазочного слоя максимальная. С увеличением скорости волочения толщина смазочной пленки уменьшается, однако все равно процесс волочения осуществляется в режиме жидкостного трения. Данное следствие может быть полезно в проектировании технологии волочения на производстве. Результаты данной статьи справедливы для конкретного случая (кр.6,5 – кр.5,7, СтЗсп), а потому, для проектирования технологии на производстве, следует проводить отдельные исследования по данной методике для конкретных марок сталей, с целью подбора оптимальной скорости волочения.

Основные выводы могут быть сделаны следующие:

1. В расчет толщины слоя смазки на протянутой проволоке введен коэффициент a , который является результатом отношения практического расхода смазки к расчетному расходу. Это позволяет достаточно точно определить толщину смазочного слоя с учетом шероховатостей инструмента и заготовки.

2. Увеличение скорости волочения способствует значительному разогреву трущихся поверхностей, что безусловно сказывается на вязкопластических свойствах смазки. При этом волочение углеродистой проволоки, используемой в данном эксперименте, возможно на более высоких скоростях (300 м/мин) без негативного влияния на режим жидкостного трения.

Литература

1. Селетков С.Г., Иванова С.С. Объект, субъект предмет научно-квалификационной работы // Вестник ИжГТУ. – 2014. – №1. – С. 175 - 178.
2. Покрас И.Б., Чикуров Г.А., Касимов М.И. Методика экспериментального исследования процесса волочения в режиме жидкостного трения // Заготовительные производства в машиностроении. – 2015. – №10. С. 32-34.
3. Селетков С.Г. Научный вывод и научный результат в диссертации // Вестник ИжГТУ. – 2012. - № 3. – С. 172-176.

References

1. Seletkov S.G., Ivanova S.S. Ob'ekt, sub'ekt predmet nauchno-kvalifikacionnoj raboty // Vestnik IzhGTU. – 2014. – №1. – S. 175 - 178.
2. Pokras I.B., Chikurov G.A., Kasimov M.I. Metodika jeksperimen-tal'nogo issledovaniya processa volochenija v rezhime zhidkostnogo trenija // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. – 2015. – №10. S. 32-34.
3. Seletkov S.G. Nauchnyj vyvod i nauchnyj rezul'tat v dissertacii // Vestnik IzhGTU. – 2012. - № 3. – S. 172-176.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.177

Рахманов В.В.¹, Кабардин И.К.², Двойнишников С.В.³

¹Кандидат технических наук, ²кандидат технических наук, ³кандидат технических наук, ИТ СО РАН

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-08-05220 и №14-01-31413

СИНХРОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВОЛНОВОГО ПЛЕНОЧНОГО ТЕЧЕНИЯ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ДИСКЕ

Аннотация

Показана применимость метода синхронной визуализации для изучения волнового пленочного течения на вращающейся поверхности. Синхронизация осуществляется на основе затворов из нематических кристаллов. Предложенный метод также может быть использован для экспериментальных исследований нестационарных вихревых потоков или для изучения структуры течения в топках котлов.

Ключевые слова: оптический затвор, визуализация, волновое пленочное течение.

Rakhmanov V.V.¹, Kabardin I.K.², Dvoinishnikov S.V.³

¹PhD in Engineering, ²PhD in Engineering, ³PhD in Engineering,

Institute of Thermophysics SB RAS

THE SYNCHRONOUS VISUALIZATION OF WAVE LIQUID FILM FLOWS ON THE ROTATING DISK

Abstract

Applicability of the method of the synchronous visualization for the study wave liquid film flows on a rotating surface is shown. Synchronization is carried on the basis of nematic liquid crystals shutters. The proposed method also can be used for experimental researches of unsteady vortex flows or for studying the structure of the flow in the fire chambers of coppers.

Keywords: liquid crystals shutters, visualization, wave liquid film flows.

Волновые пленочные течения широко используются в технологических процессах. За счет низкого теплового сопротивления и большой поверхности контакта при малых удельных расходах, применение пленок жидкости является эффективным средством в процессах межфазного теплообмена, конденсации и испарения. Частным случаем пленочного течения является течение пленок по поверхности вращающегося диска. Волны, возникающие на поверхности пленки, могут приводить к интенсификации массообмена. Несмотря на наличие большого количества методов измерения толщины пленок, используемых в настоящее время [1, 2], первичная визуализация течения

является актуальной задачей, позволяющей убедиться в правильности выбранного подхода к формированию волнового пленочного течения.

Цель данной работы заключалась в разработке метода синхронной визуализации волнового пленочного течения на поверхности вращающегося диска.

При визуализации волновых пленочных течений часто возникает задача получить картину течения с синхронизацией, связанной со скоростью вращения диска или с пульсациями давления в подводимой жидкости. Наиболее распространены и доступны цифровые видео- и фотокамеры без специализированных программно-аппаратных средств синхронизации. Для организации синхронной фото- и видеосъемки пленочных течений предлагается использовать внешние оптические затворы, выполняющие функцию синхронной диафрагмы и источники поляризованного излучения в качестве осветителей.

Оптические затворы широко применяются как в лабораторном и промышленном оборудовании, так и в бытовых приборах, таких как фотоаппараты, видеокамеры, очки для просмотра трехмерного изображения и др. Это устройство, обеспечивающее пропускание и (или) перекрытие светового потока в течение определённого, заранее заданного времени. Существует несколько широко используемых типов оптических затворов: механические, электрооптические, магнитооптические и фототропные [3]. Однако у них имеются существенные недостатки, делающие их применение совместно с цифровыми камерами затруднительным.

Оптимальным типом оптических затворов для визуализации пленочных течений являются жидкокристаллические (ЖК) затворы. Они получили массовое распространение в очках, для просмотра трехмерного телевизионного изображения. В закрытом состоянии такие затворы обеспечивают ослабление ортогонально поляризованного (относительно плоскости поляризации затвора) светового потока в 20 раз [4]. При этом возможна их работа на частотах до 120 Гц, что является более чем достаточным для синхронизации изображения с цифровых камер со скоростью вращения диска или с пульсациями давления в подводимом потоке жидкости.

На рисунке 1 представлена реализация метода синхронной визуализации волнового пленочного течения на вращающейся поверхности.

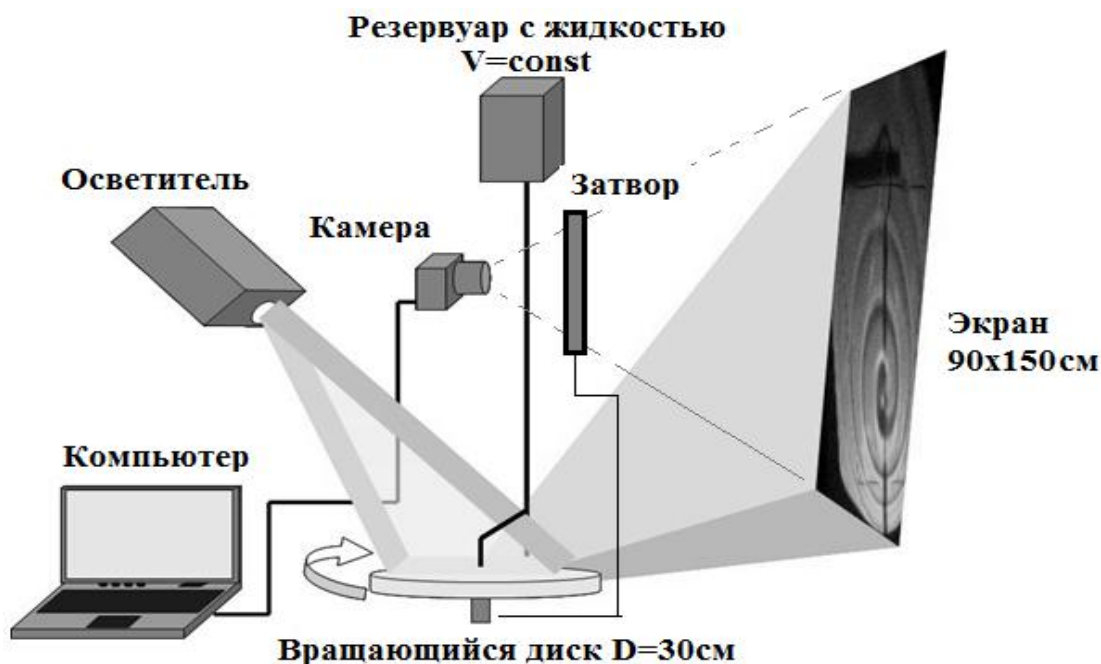


Рис. 1 – Схема применения метода синхронной визуализации волнового пленочного течения

В качестве осветителя использовался лазерный излучатель с длиной волны 650 нм и мощностью 1 Вт с расходящимся конусом оптического излучения. Свет от лазерного модуля освещал вращающийся диск. Отраженный свет формировал изображение на экране, которое при помощи цифровой видеокамеры передавалось на компьютер с целью дальнейшей обработки. Для синхронизации изображения со скоростью вращения диска использовался сигнал с датчика вращения. Этот сигнал управлял «открытием» оптического затвора для экспонирования изображения. Таким образом, визуализация волн происходит за счет введения управляемой диафрагмы, приводящей к фазовым или амплитудным изменениям части светового пучка, которые вызывают перераспределения освещенности в плоскости изображения.

В ходе эксперимента наблюдались три различных режима течения пленки жидкости на вращающемся диске: режим невозмущенного течения, режим течения с образованием concentрических волн и режим течения с образованием спиральных волн, который представляет наибольший интерес для изучения.

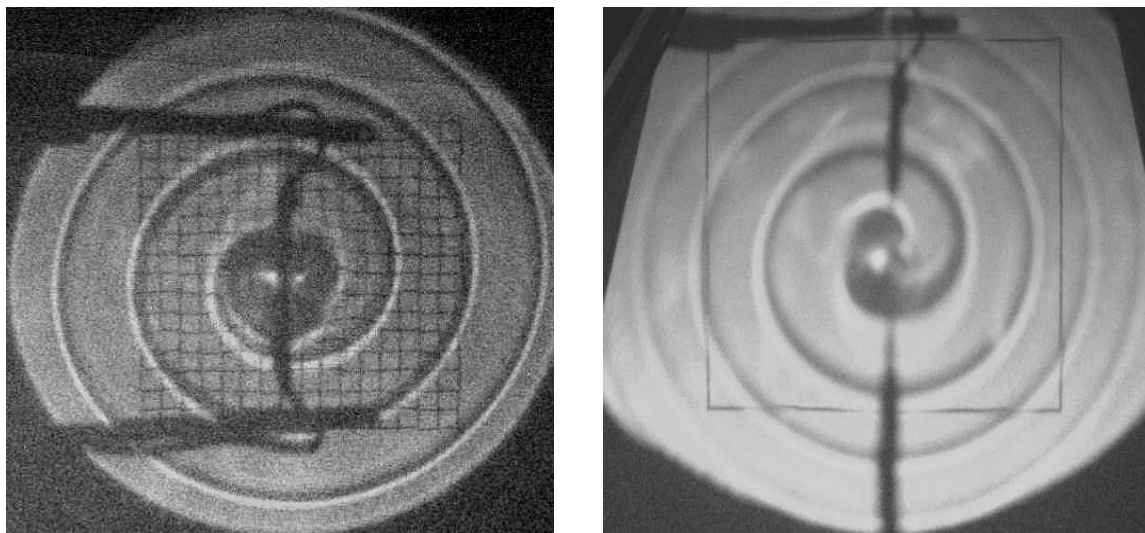


Рис. 2 – Визуализация пленочного режима течения при генерации спиральной волны. Частота вращения диска $f = 1,2$ Гц. Слева: расход $Q = 1$ мл/с, справа: расход $Q = 0,55$ мл/с

На рисунке 2 представлены результаты применения метода синхронной визуализации пленочного течения. Видно, что при уменьшении скорости вращения, уменьшается количество витков спирали.

Применение ЖК затворов позволяет управлять временем экспозиции приемной оптической системы в широком диапазоне, что необходимо для визуализации различных типов течений. Установлено, что минимальное время экспозиции для ЖК затворов на нематических кристаллах составляет 2 мс. За это время ЖК решетки затвора успевают сформировать устойчивую структуру для пропускания лазерного излучения с определенной поляризацией.

Таким образом, разработан метод синхронной визуализации волнового пленочного течения на вращающейся поверхности. Разработанный метод позволяет проводить синхронную визуализацию течений с частотой до 500 Гц. Предложенный метод синхронной визуализации может быть использован для экспериментальных исследований нестационарных вихревых потоков или для изучения структуры течения в топках котлов. Кроме того, перспективно развитие данного метода с применением ЖК затворов на других типах кристаллов, обладающих меньшим временем релаксации. Это позволит существенно уменьшить время экспозиции и, тем самым, обеспечит качественную визуализацию быстрых течений с характерными частотами до нескольких кГц.

Литература

1. Модифицированный абсорбционный оптический метод диагностики волновой пленки жидкости на вращающейся поверхности / Кабардин И.К., Рахманов В.В., Меледин В.Г. и др. // Теплофизика и аэромеханика, 2012 - Т. 19. - № 1. С. 89-95.
2. Optical measurement of instantaneous liquid film thickness based on total internal reflection / Kabardin I. K., Meledin V. G., Eliseev I. A., Rakhmanov V. V. // Journal of Engineering Thermophysics, 2011. - Vol. 20. - № 4. - P. 407-415.
3. Мустель Б. Р., Парыгин В. Н., Методы модуляции и сканирования света, М., 1970.
4. Многоканальная синхронная система фотодетектирования / Рахманов В.В., Двойнишников С.В., Аникин Ю.А. и др. // Высокие технологии, фундаментальные исследования, инновации. Сборник статей XVII международной научно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике" Санкт-Петербург, 22-23 мая 2014 г. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. - С. 218-221.

References

1. Modificirovannyj absorbcionnyj opticheskiy metod diagnostiki volnovoј plenki zhidkosti na vrashhajushhejsja poverhnosti / Kabardin I.K., Rahmanov V.V., Meledin V.G. i dr. // Teplofizika i aeromehanika, 2012 - T. 19. - № 1. S. 89-95.
2. Optical measurement of instantaneous liquid film thickness based on total internal reflection / Kabardin I. K., Meledin V. G., Eliseev I. A., Rakhmanov V. V. // Journal of Engineering Thermophysics, 2011. - Vol. 20. - № 4. - P. 407-415.
3. Mustel' B. R., Parygin V. N., Metody moduljacji i skanirovanija sveta, M., 1970.
4. Mnogokanal'naja sinhronnaja sistema fotodetektirovanija / Rahmanov V.V., Dvojnishnikov S.V., Anikin Ju.A. i dr. // Vysokie tehnologii, fundamental'nye issledovaniya, innovacii. Sbornik statej XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya, razrabotka i primenenie vysokih tehnologij v promyshlennosti i jekonomike" Sankt-Peterburg, 22-23 maja 2014 g. – Sankt-Peterburg : Izd-vo Politehn. un-ta, 2014. - S. 218-221.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.050

Сизых В.Н.¹, Диль В.Ф.²¹Доктор технических наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения,²аспирант, доцент, Московский государственный технический университет гражданской авиации,

Иркутский филиал

СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ ДВУХУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА**Аннотация**

В статье рассмотрена методика синтеза нелинейной системы управления траекторным и угловым движениями воздушного судна. Пилотажный контур управления организуется по методу обратных задач динамики, траекторный – по методу прямой задачи динамики. Предложенная методика синтеза позволяет обеспечить построение систем автоматического управления по исходным математическим моделям нелинейных объектов.

Ключевые слова: система автоматического управления, обратная и прямая задачи динамики, нелинейный синтез, воздушное судно.

Sizykh V.N.¹, Dil V.F.²¹PhD in Engineering, Professor, Irkutsk State Transport University, ²postgraduate student, Associate professor,

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Irkutsk Branch

SYNTHESIS OF NONLINEAR AUTOMATIC CONTROL FOR THE AIRCRAFT TWO LEVELS MOVEMENTS**Abstract**

In article the synthesis methodology of the aircraft nonlinear control for the trajectory and angular movements is considered. Angular level is realized by methods of the inversed dynamics problems, trajectory ones – by method a direct dynamics problem. Supported synthesis methodology allows to provide creation of control systems by primary nonlinear objects models.

Keywords: control system, direct and inversed problems of dynamics, nonlinear synthesis, aircraft.

Введение

Задача синтеза систем автоматического управления (САУ) воздушного судна (ВС) как нелинейных объектов остается актуальной. Большинство применяемых на практике подходов теории управления опираются на линеаризованные математические модели ВС, что адекватно большинству режимов полета. Однако на некоторых режимах полета такая подмена недопустима ввиду существенного отличия свойств реального объекта от его математического аналога.

Одним из методов, позволяющим выполнить синтез системы управления для нелинейных объектов, является метод, основанный на концепции обратных задач динамики (ОЗД), глубоко проработанный П.Д. Крутько и другими видными учеными нашей страны.

Сущность обратных задач динамики сводится к нахождению управляющих сил и моментов, под действием которых объект будет двигаться по назначенной траектории. Применение методов ОЗД позволяет осуществить синтез САУ как для линейных, так и для нелинейных объектов. При этом синтезированный закон управления является оптимальным в смысле реализации назначенной траектории движения объекта [3, с.207]. Ввиду того, что синтез законов управления САУ методом ОЗД опирается на продувочные характеристики модели ВС, то САУ становится адаптивной к изменяемым свойствам ВС. Эти качества метода ОЗД позволяют утверждать о перспективности синтеза САУ подобным образом.

Для выполнения синтеза нелинейной САУ применяется математическая модель пространственного движения ВС. Основой математической модели (ММ), как и для большинства технических задач, является модель ВС как абсолютно твердого тела. Вид ММ ВС приведен во многих научных и учебных изданиях [1, 2].

ММ ВС включает динамические уравнения поступательного и вращательного движений ВС в связанной СК, кинематические соотношения между параметрами поступательного и вращательного движений, уравнения связей между параметрами ВС, аэродинамические силы и моменты, выраженные через безразмерные аэродинамические коэффициенты [1].

В пространстве состояний уравнение движения ВС как твердого тела описывается дифференциальной системой

$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

где x — n -вектор фазовых координат; u — m -вектор управляющих воздействий; A, B — матрицы при векторе состояния и управлении соответственно размеров $n \times n$ и $n \times m$.

Для пространственного движения ВС вектор фазовых координат (вектор состояния) x является 18-мерным вектором

$$x = \left[\omega_x \omega_y \omega_z V_x V_y V_z \varepsilon_{11} \dots \varepsilon_{33} X_g Y_g Z_g \right]^T,$$

а управлениями являются относительные моменты и силы

$$u = \left[\frac{M_x}{J_x} \frac{M_y}{J_y} \frac{M_z}{J_z} \frac{F_x}{m} \frac{F_y}{m} \frac{F_z}{m} \right].$$

Рассмотрим двухуровневый подход к процессу управления. На верхнем уровне осуществляется траекторное движение, на нижнем - угловое движение ВС. Решение задачи синтеза пилотажного уровня управления ВС организуется методом обратных задач динамики, а траекторный контур непосредственно реализуется путем решения прямой задачи динамики.

1. Описание динамики вращательного движения неманевренного ЛА как твёрдого тела

Вращательное движение ЛА описывается в связанной системе координат (СК) динамическими уравнениями Эйлера

$$M_{св} = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (I_z - I_y)\omega_y\omega_z \\ (I_x - I_z)\omega_x\omega_z \\ (I_y - I_x)\omega_x\omega_y \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

где $I = \text{diag}(I_x I_y I_z)$ — главные моменты инерции ЛА.

В общем случае моменты в связанной системе координат представляют собой векторную сумму аэродинамических моментов; моментов, создаваемых тягой авиационных двигателей, и гироскопических моментов, зависящих от кинетического момента вращающихся частей авиадвигателя. Из названных моментов управляющими являются аэродинамические моменты.

Аэродинамические моменты зависят от аэродинамической компоновки ВС, режимов полета, положений органов управления. Они выражаются через параметры ВС и аэродинамические коэффициенты m_i ($i = x, y, z$):

$$M_{св} = qSL[m_x m_y m_z]^T, \quad (1.2)$$

где $L = \text{diag}(l \ l \ b_a)$ — диагональная матрица характеристических линейных размеров ВС (l — размах крыла, b_a — длина среднеквадратической хорды),

S — эффективная площадь крыла, $q = \rho V^2/2$ — скоростной напор, V — воздушная скорость, m_i — безразмерные коэффициенты аэродинамических моментов, действующих по осям связанной СК.

Оставив в выражениях коэффициентов наиболее существенные составляющие, получим следующие их выражения:

$$\begin{aligned} m_x &= m_x^\beta \beta + m_x^\alpha \alpha + m_x^{\delta_n} \delta_n + m_x^{\delta_a} \delta_a + \frac{m_x^{\bar{\omega}_x} l \omega_x}{2V} + \frac{m_x^{\bar{\omega}_y} l \omega_y}{2V} \\ m_y &= m_y^\beta \beta + m_y^\alpha \alpha + m_y^{\delta_n} \delta_n + m_y^{\delta_a} \delta_a + \frac{m_y^{\bar{\omega}_x} l \omega_x}{2V} + \frac{m_y^{\bar{\omega}_y} l \omega_y}{2V} \end{aligned} \quad (1.3)$$

$$m_z = m_{z_0} + m_z^\alpha \alpha + m_z^{\delta_n} \delta_n + \frac{(m_z^{\bar{\omega}_z} + m_z^{\bar{\omega}_x}) l \omega_z}{2V}.$$

Динамические уравнения Эйлера с учётом замены подстрочных индексов x, y, z на арабские цифры 1, 2, 3 запишутся в виде

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_2 \\ \dot{\omega}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (I_3 - I_2)\omega_2\omega_3 \\ (I_1 - I_3)\omega_1\omega_3 \\ (I_2 - I_1)\omega_1\omega_2 \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

M_s — управляющие моменты; $s=1..3$.

Алгоритмы управления вращательным движением неманевренного ЛА наиболее просто синтезируются методом обратных задач динамики в сочетании с оптимизацией системы (1.4) по локальным функционалам, характеризующим энергию движения [4, с.54].

Основные этапы построения методики синтеза алгоритмов сводятся к следующему:

1) Динамические характеристики проектируемой системы назначаются с помощью эталонных моделей для каждой степени свободы по реакции на «скачок» рулей. Назначенные траектории определяют требуемый пространственный манёвр ЛА и, главным образом, характеризуются свойствами эталонных моделей вращательного движения.

2) Структура алгоритмов и их параметры выбираются из условия отслеживания с необходимой точностью фазовых траекторий эталонных моделей вращательного движения.

3) Степень близости угловых скоростей объекта и эталона оценивается с помощью квадратичных функционалов энергии ускорения.

Процесс движения к экстремуму — минимуму организуются по схеме градиентного метода или по дифференциальной схеме. Такие алгоритмы управления обладают свойствами естественной адаптивности, позволяют осуществить декомпозицию нелинейной системы (1.4) по степеням свободы за счёт организации обратных связей с большими, но ограниченными коэффициентами усиления [4, с.72].

2. Алгоритм управления вращательным движением по ускорениям методом ОЗД

Сформулируем задачу синтеза управления на примере стабилизации угловых скоростей на интервале времени $[t_0, t_k]$, полагая $t_0=0$, момент времени t_k — нефиксированной величиной. Пусть в текущий момент времени $t = t_0 = 0$ состояние управляемого объекта характеризуется значениями угловых скоростей $\omega_s(0) = \omega_s^0$, и требуется найти такие управляющие воздействия δ_i ($i=\varepsilon, n, v$), при которых система (1.4) переходит из состояния $\omega_s^*(0)$ в новое состояние ω_s^0 (в общем случае $\omega_s^0 = \omega_s^0(t)$ определяет необходимую фигуру вращения) и находится в этом состоянии бесконечно долго. При этом необходимо, чтобы траектория управляемого движения по каждой степени свободы с требуемой точностью следовала за траекторией, определяемой эталонной моделью

$$\ddot{\omega}_s^* + \gamma_{s1} \dot{\omega}_s^* + \gamma_{s0} \omega_s^* = \gamma_{s0} \omega_s^0, \quad s = 1, 2, 3 \quad (2.1)$$

где $\gamma_{s0}, \gamma_{s1} > 0$, установившееся движение устойчиво: $\omega_s^*(t) \rightarrow \omega_s^0$, при $t \rightarrow \infty$.

Степень приближения управляемого процесса $\omega_s^*(t) \rightarrow \omega_s^0$ оценивается функционалом

$$G(M) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^3 [\dot{\omega}_s^*(t) - \dot{\omega}(t, M(\delta_i))]^2, \quad (2.2)$$

который характеризует энергию ускорения вращательного движения в окрестности фазовых траекторий эталонной модели.

Задача синтеза решается достаточно просто, если в качестве управляющих функций выбирать не отклонения рулей δ_i ВС, а управляющие моменты M_s . На первом этапе синтезируются законы управления $M_s(\omega)$, а затем из формул (1.3) и (1.4) через решение системы алгебраических уравнений определяются искомые управляющие воздействия δ_i .

Законы управления моментами $M_s(\omega)$ по каждой степени свободы получаем, применяя схему простого градиентного метода

$$\frac{\partial M_s(\omega)}{\partial M_j} = -\sum_{j=1}^3 r_{ij} \frac{\partial G(M)}{\partial (M_j)}, \quad r_{ij} = \text{const}, \quad (2.3)$$

Согласно (1.4), (2.2) компоненты градиента в (2.3) равны

$$\frac{\partial G(M)}{\partial (M_j)} = -(\dot{\omega}_j^* - \dot{\omega}_j), \quad j = 1, 2, 3. \quad (2.4)$$

Отсюда следует, что

$$\dot{M}_s(\omega) = \sum_{j=1}^3 r_{ij} (\dot{\omega}_j^* - \dot{\omega}_j), \quad (2.5)$$

или после интегрирования по времени обеих частей

$$M_s(\omega) = \sum_{j=1}^3 r_{ij} (\omega_j^* - \omega_j), \quad (2.6)$$

где требуемые значения угловой скорости ω_j^* вычисляются из модели эталонного движения (2.1). Структура матрицы $R = \|r_{sj}\|$ определяется характером перекрестных связей по ω_j в (1.4)

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & 0 \\ r_{21} & r_{22} & 0 \\ 0 & 0 & r_{33} \end{bmatrix}.$$

Управляющие воздействия δ_i определяются из уравнений (1.3), (1.4), (2.7), (2.8).

$$\delta_B = \frac{1}{\tilde{m}_z^{\delta_B}} (r_{33} \omega_3^* - (r_{33} + \tilde{m}_z^{\omega_z}) \omega_3^* - \tilde{m}_{z0} - \tilde{m}_z^{\alpha} \alpha),$$

$$\delta_y = \frac{A_y - m_y^{\delta_y} A_x}{\tilde{m}_y^{\delta_y} - \tilde{m}_x^{\delta_y} \tilde{m}_y^{\delta_H}}, \quad \delta_H = \frac{1}{\tilde{m}_x^{\delta_H}} (A_x - m_x^{\delta_y} \delta_y) \quad (2.7)$$

где $\tilde{m}_{z0} = qSb_a m_{z0}$, $\tilde{m}_z^{\alpha} = qSb_a m_z^{\alpha}$, $\tilde{m}_z^{\omega_z} = qSb_a \frac{(m_z^{\omega_z} - m_z^{\alpha})l}{2V}$, $\tilde{m}_z^{\delta_e} = qSb_a m_z^{\delta_e}$,

$$\begin{aligned} \tilde{m}_y^{\beta} &= qSlm_y^{\beta}, \quad \tilde{m}_y^{\alpha} = qSlm_y^{\alpha}, \quad \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_x} = \frac{qSl^2}{2V} m_y^{\bar{\omega}_x}, \quad \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_y} = \frac{qSl^2}{2V} m_y^{\bar{\omega}_y}, \\ \tilde{m}_y^{\delta_y} &= qSlm_y^{\delta_y}, \quad \tilde{m}_y^{\delta_H} = qSlm_y^{\delta_H}, \quad \tilde{m}_x^{\beta} = qSlm_x^{\beta}, \quad \tilde{m}_x^{\alpha} = qSlm_x^{\alpha} \\ \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_x} &= \frac{qSl^2}{2V} m_x^{\bar{\omega}_x}, \quad \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_y} = \frac{qSl^2}{2V} m_x^{\bar{\omega}_y}, \quad \tilde{m}_x^{\delta_y} = qSlm_x^{\delta_y}, \quad \tilde{m}_x^{\delta_H} = qSlm_x^{\delta_H} \quad (2.8) \\ A_x &= r_{11} \omega_1^* + r_{12} \omega_2^* - (r_{11} + \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_x}) \omega_1 - (r_{12} + \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_y}) \omega_2 - \tilde{m}_x^{\beta} \beta - \tilde{m}_x^{\alpha} \alpha, \\ A_y &= r_{21} \omega_1^* + r_{22} \omega_2^* - (r_{21} + \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_x}) \omega_1 - (r_{22} + \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_y}) \omega_2 - \tilde{m}_y^{\beta} \beta - \tilde{m}_y^{\alpha} \alpha, \end{aligned}$$

3. Алгоритм управления траекторным движением воздушного судна

Синтезированные законы управления рулями δ_i (2.7) позволяют определить управляющие перегрузки (или выражаемые через них аэродинамические силы F_i) через формулы:

$$\begin{aligned} c_{1a} &= c_{10}(\alpha, M) + A_u c_{2a}^2 - c_1^{\delta_e} \delta_e + c_1^{\delta_y} \delta_y \\ c_{2a} &= c_{20}(\alpha, M) + c_2^{\delta_e}(\alpha) \delta_e + c_2^{\varphi}(\alpha) \varphi + c_2^{\delta_y}(\alpha) \delta_y + c_2^{\delta_{ми}}(\alpha) \delta_{ми} + c_2^{\delta_{пр}}(\alpha) \delta_{пр} \\ c_{3a} &= c_3^{\delta_H}(\alpha, \beta) \delta_H + c_3^{\beta}(\alpha, \beta) \beta + c_3^{\delta_y} \delta_y \\ \begin{bmatrix} F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix} &= qS \begin{bmatrix} c_{1a} \\ c_{2a} \\ c_{3a} \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} &= \frac{1}{G} \begin{bmatrix} p \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{G} D^{CB} \begin{bmatrix} -F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix}, \quad G = mg, \\ D^{CB} &= \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ \cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix} = mg \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Траекторное движение ЛА описывается уравнениями

$$\begin{aligned} \dot{\varepsilon}^T &= \Omega \varepsilon^T, \\ \dot{V}_k &= \Omega V_k + g(n - \varepsilon_2), \end{aligned} \quad (3.2)$$

где ε_2 – второй столбец матрицы направляющих косинусов ε с начальными условиями, определяемыми балансировочными значениями углов Эйлера:

$\vartheta_0 = \vartheta_m$, γ_0, ψ_0 и положениями рулей δ_{i0} ;

$\Omega = \begin{bmatrix} 0 & \omega_3 & -\omega_2 \\ -\omega_3 & 0 & \omega_1 \\ \omega_2 & -\omega_1 & 0 \end{bmatrix}$ – ортогональная, кососимметрическая матрица угловых скоростей $\omega_s = \omega_s(t)$, которая

вычисляется в пилотажном контуре; $V_k = (V_{k1} V_{k2} V_{k3})$ – вектор земной скорости.

Полагая, что угловые скорости ω_s ($s=1..3$) поступают из пилотажного контура, получим разрешимую систему дифференциальных уравнений, решение которой сводится к численному или аналитическому интегрированию этих уравнений.

Таким образом, реализуется следующая прямая задача динамики.

Известна математическая модель поступательного движения ВС (3.1, 3.2) и её состояние в начальный момент времени

$$V_{ks}(0) = V_{ks0}, \quad \dot{V}_{ks}(0) = \dot{V}_{ks0} \quad (3.3)$$

Заданы управляющие перегрузки $n_s(\omega(t)), t \in [t_0, t_k]$, t_k – конечное время.

Решение сформулированной прямой задачи сводится к простому интегрированию системы (3.1) – (3.2) с начальными условиями (3.3) и ε_{ij} .

Для определения текущих углов Эйлера достаточно вместо интегрирования кинематических уравнений Эйлера использовать 3 уравнения связи из матрицы направляющих косинусов

$$\varepsilon_{21} = \sin\vartheta, \varepsilon_{22} = \cos\gamma\cos\vartheta, \varepsilon_{11} = \cos\psi\cos\vartheta. \quad (3.4)$$

Далее по формулам

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{H} \\ \dot{Z} \end{bmatrix} = \varepsilon \begin{bmatrix} V_{k1} \\ V_{k2} \\ V_{k3} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{k1} \\ V_{k2} \\ V_{k3} \end{bmatrix} - \varepsilon \begin{bmatrix} \Delta W_1 \\ \Delta W_2 \\ \Delta W_3 \end{bmatrix}, \quad (3.5)$$

определяются координаты пространственного движения ВС $L = [X \ H \ Z]$ в нормальной СК и составляющие вектора воздушной скорости в скоростной СК.

При отсутствии ветровых возмущений $\Delta W_i = 0$ вектор земной скорости совпадает с вектором воздушной скорости $\bar{V}_k = \bar{V}$, и второе слагаемое уравнения (3.5) не учитывается.

Затем определяем текущие значения углов атаки и скольжения α, β

$$\alpha = \arctg\left(\frac{v_2}{v_1}\right), \beta = \arcsin\left(\frac{v_3}{v}\right), v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}, M = \frac{v}{a}. \quad (3.6)$$

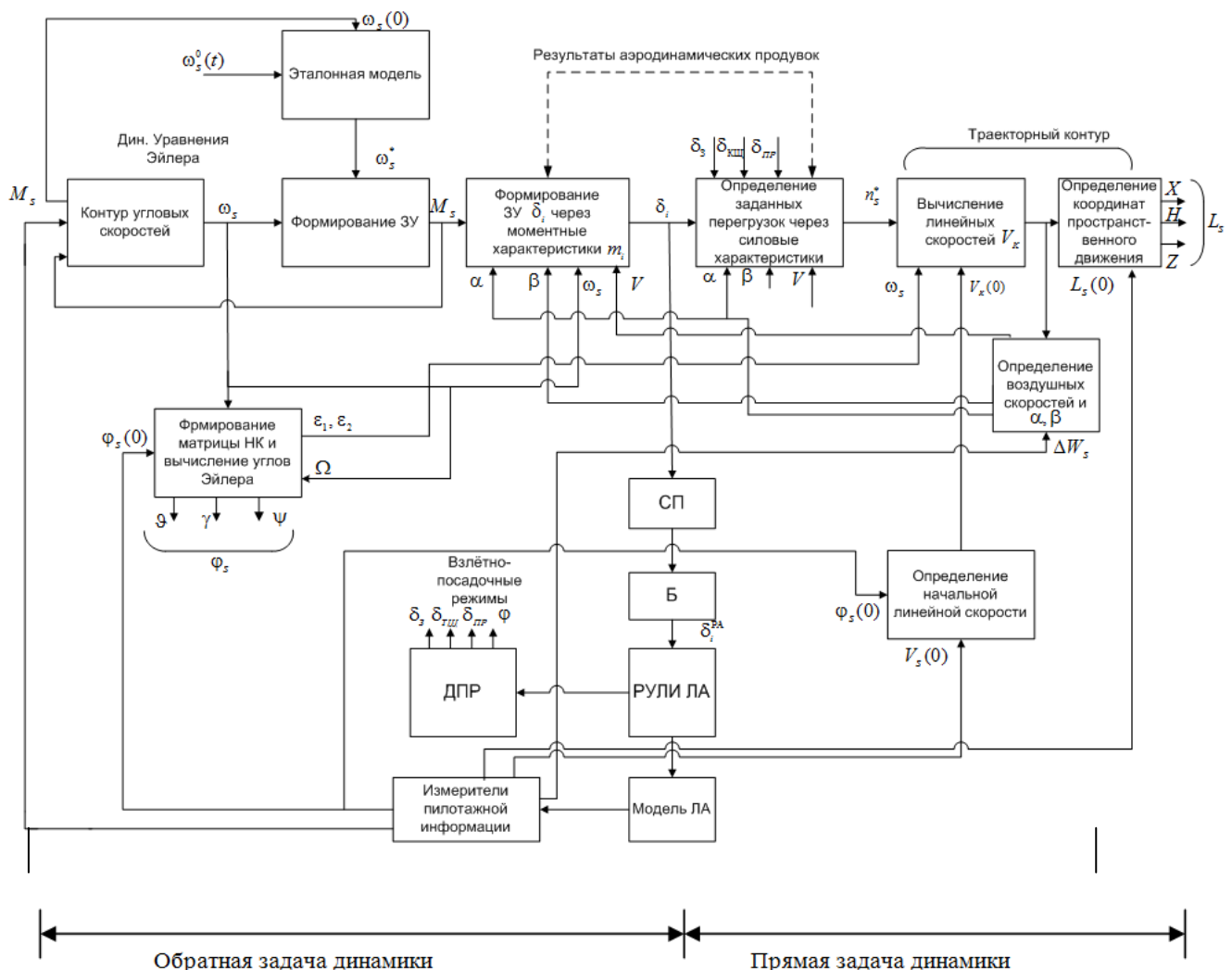


Рис. 3.1 – Структура контуров управления нелинейной САУ

На рисунке 3.1 представлена структурная схема нелинейной САУ, в которой реализованы предложенные алгоритмы. Для контура вращательного движения входными параметрами являются эталонные и текущие значения угловых скоростей и параметры углового положения ВС. Выходными величинами для этого контура являются угловые отклонения рулевых поверхностей. Для контура траекторного управления входными величинами являются выходные параметры контура вращения, начальные значения траекторных параметров. Выходными величинами являются координаты пространственного движения ВС. Для реализации контуров управления требуются измерители угловых скоростей ДУС, измерители координат (акселерометры), измерители углового поля (ГВ, КС), измерители скорости, измерители сдвига ветра.

4. Исследование функционирования контуров управления

Исследование осуществлялось путем численного моделирования контура вращательного движения с использованием программы MathCad. При этом была выбрана эталонная модель движения ВС, соответствующая динамическим свойствам маломаневренного ВС. Моделирование проводилось при различных значениях коэффициентов передачи контура управления угловой скорости, что соответствовало различным режимам полета. При всех выбранных значениях коэффициентов система оставалась устойчивой. При больших значениях коэффициента время сходимости было наименьшим. Таким образом, построение САУ по предложенному принципу является перспективным.

Ставилась задача исследования контура управления вращательным движением с подстройкой под эталонную модель. Параметры эталонной модели (2.1) рассчитывались по формулам

$$\gamma_{so} = \frac{1}{T_s^2}, \gamma_{s1} = \frac{\xi_s}{T_s}, \xi_s = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Постоянные времени в эталонной модели определялись путем имитационного моделирования на языке Паскаль по реакции нелинейной модели самолёта ИЛ-76М на "скачки" рулей высоты, направления и элеронов в 10 градусов. При этом осуществлялось варьирование коэффициентов усиления в законах управления вращательным движением самолета ИЛ-76М при решении задачи стабилизации угловых скоростей. Исследования показали справедливость разработанных ранее теоретических положений: чем больше значения коэффициентов усиления в законах управления, тем выше близость угловых скоростей вращательного движения к угловым скоростям эталонной модели ($\omega_s(t) \rightarrow \omega_s^*(t)$ при $r_{ij} \rightarrow \infty$). Результаты моделирования для случая средних значений коэффициентов усиления r_{ij} представлены соответственно на рисунках 4.1.-4.3.

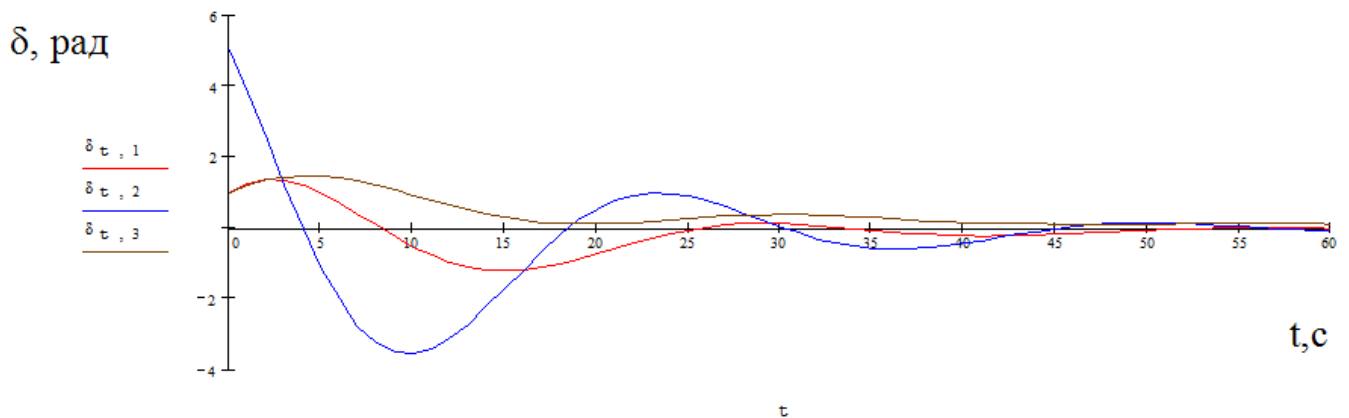


Рис. 4.1 – Отклонения рулей

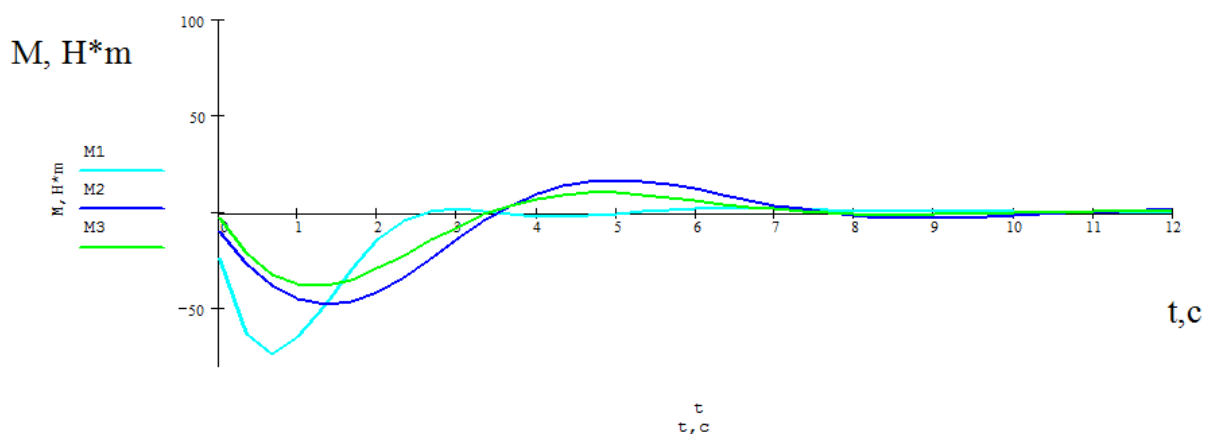


Рис. 4.2 – Изменение управляющих моментов

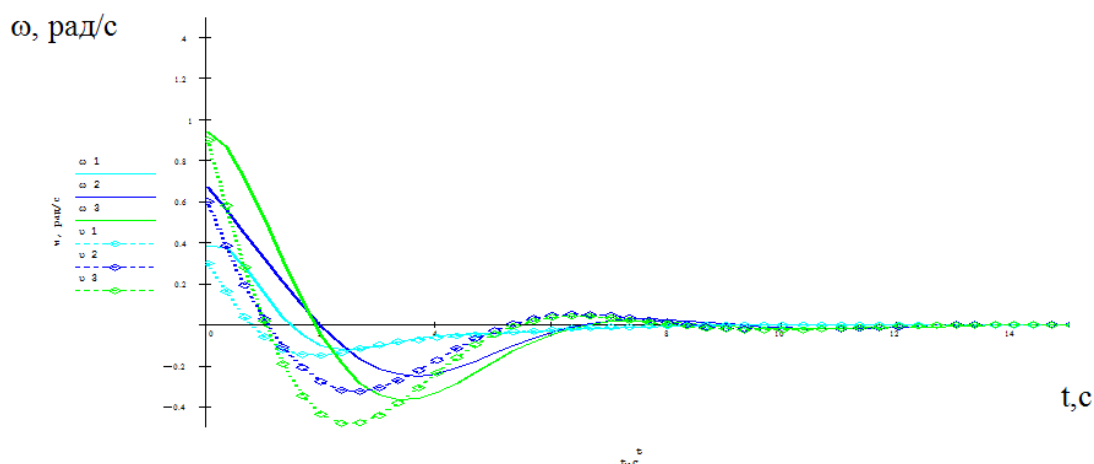


Рис. 4.3 – Подстройка угловых скоростей под эталон

Выводы

1. Разработано алгоритмическое обеспечение пилотажного уровня управления ВС на основе метода обратных задач динамики.

2. Выполнено моделирование вращательного движения самолета ИЛ-76 на основе алгоритмов управления с естественными свойствами адаптации под эталонную модель.

Сравнительный анализ результатов моделирования показывает:

1. Отработка рассогласования угловых скоростей вращательного движения ВС в нелинейной САУ происходит за более короткое время и с меньшими амплитудами параметров, то есть интенсивнее, чем при использовании штатных законов управления САУ-1Т-2Б.

2. Эффективность управления проявляется в более высоком качестве переходных процессов по высоте и по отклонению руля высоты.

Литература

1. 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.
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. А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др. под ред. Г.С. Бюшгенса. Динамика полета. М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
5. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 328 с.
6. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. М.: Машиностроение, 2004. – 576с.

References

1. 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. - Pp. 43-61.
2. Krasovsky A.A. Systems of an automatic flight control and their analytical designing. M.: Science, 1973. – 240p.
3. Byushgens G. S. Studnev of R. V. Dynamics of longitudinal and lateral motion. M: Mechanical engineering, 1979. – 350p.
4. Efremov A.V., Zakharchenko V. F., Ovcharenko V. N. Dynamics of flight. M.: Mechanical engineering, 2011. – 776 p.
5. Krutko P. D. The return problems of dynamics of the operated systems. Nonlinear models. – M.: Science, 1988. – 328 p.
6. Krutko P. D. The inversed problems of dynamics in the theory of automatic control. M.: Mechanical engineering, 2004. – 576p.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.155

Степанова Е.Б.¹, Шаваева М.О.²

¹Кандидат физико-математических наук, ²магистр

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОГО АНАЛИЗА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО УРОВНЯ

Аннотация

Разработана и внедрена методика контроля данных на основе технологии Predictive Analytics в распределенной информационной системе ведущего отечественного страховщика с целью выявления ошибочных или преднамеренных искажений в комплексе электронных документов, связанных с налогообложением.

Показана целесообразность введения нового комплекса электронных документов, связанных с точками контроля ключевых процессов обработки данных.

Ключевые слова: процессно-ориентированное проектирование, точка контроля процесса, технология прогнозирования, стандартный электронный документ.

Stepanova E.B.¹, Shavaeva M.O.²

¹PhD in Physics and Mathematics, ²master

National Research Nuclear University «MEPHI»

PREDICTIVE ANALYTICS TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Abstract

Method to control data flow based on Predictive Analytics technology in distributed information system implemented for monitoring and distortion detecting in the electronic documents related to taxation.

New electronic documents complex relating to the control points of key processes introduced.

Keywords: process-oriented technology, key control point, Predictive Analytics technology, electronic document.

Стратегия развития электронной налоговой отчетности базируется на комплексном моделировании процессов учета и обработки больших массивов данных, поступающих в распределенную информационную систему организации.

При этом на первое место выступают методы прогнозирования, которые потенциально способны вовлечь в рассмотрение данные, поступившие в систему, но неиспользовавшиеся ранее или в типовых отчетных формах.

Применение Predictive Analytics в информационных системах федерального уровня в качестве Descriptive technology дает возможность перейти на новый этап подготовки комплекса сведений по налогам и сборам.

Так, одним из направлений, в котором возможно сокрытие данных от уплаты налогов, является добровольное медицинское страхование.

В подпункту 16 статьи 255 Налогового Кодекса РФ (далее НК РФ) в расходы на оплату труда в целях начисления налога на прибыль включаются суммы страховых взносов по ДМС, уплаченные работодателем за работников, в сумме, не превышающей 6% от общей суммы расходов на оплату труда, рассчитанной с учетом статьи 255 НК РФ, а также согласно статье 253 НК РФ расходы на оплату труда учитываются в расходах, которые уменьшают налогооблагаемую прибыль [1].

Если рассматривать медицинское страхование со стороны страхователей, т.е. компаний, которые застраховали своих сотрудников, то можно выявить множество ситуаций, одним из наиболее часто встречающихся является следующий:

➤ заключение договора ДМС на оказание медицинских услуг в рамках уплаченной страховой премии.

Данный вид медицинского страхования является актуальным, поскольку можно застраховать всех сотрудников на равных условиях, однако оказание самих услуг будет согласовываться с работодателем, что позволяет контролировать процесс. На многих предприятиях имеется практика оплаты сотрудниками дополнительных манипуляций или госпитализаций, которые прописаны в договоре ДМС, но сумма за оказание данных услуг не направляется в лечебное учреждение или страховую компанию, а удерживается из заработной платы сотрудника. Таким образом, работодатели оплачивают страховую премию вне зависимости от наступления страхового случая, но в последствие данные расходы возмещают, однако данное возмещение уже не будет налогооблагаемой прибылью, т.е. с данной суммы налоги уплачиваться не будут.

Рассмотренная ситуация показывает, что нельзя однозначно определить: какая страховая сумма была уплачена и (или) впоследствии не была удержана с сотрудника, то появляется проблемное место, которое возможно контролировать с помощью различных технологий анализа, в частности Predictive Analytics. Применение данной технологии позволяет проводить очистку данных, контролировать процесс и управления в рамках деятельности предприятия [2].

В качестве решения по идентификации неправомерных действий со стороны организаций при уплате налогов можно применять анализ на наличие взаимосвязи между наличием больничного листа и (или) иных документов, подтверждающих оказание медицинских услуг в заданный период, и удержания заработной платы с данного сотрудника в сторону работодателя. В случае положительного результата осуществляется информирование сотрудника органа исполнительной власти, выполняющего функцию контроля для проверки достоверности путем предоставления отчетности в виде электронных налоговых документов, формат которых будет единым для каждой организации.

Показано, что сравнительный анализ моделей процессов оформления отчетных документов в информационной системе позволяет:

- увеличивать количество различных сценариев ухода от уплаты налогов;
- минимизировать ошибки в системе, тем самым увеличив качество обработки данных.

Таким образом, введение технологий прогнозирования позволяет вне зависимости от типа организации выполнять данные операции в рамках бухгалтерской деятельности, и, следовательно, получать данные одного формата из однотипных модулей. Наличие методологического описания переводит решение в класс референтных, оно может быть рекомендовано для внедрения как в распределенных информационных системах предприятия, так и региональных подразделениях контролирующих региональных и федеральных структур.

Литература

1. Налоговый кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : части 1 и 2: с изм. и доп. Дата обновления: 25.11.2015. Доступ из системы ГАРАНТ.
2. Е.Б. Степанова, М.О. Шаваева. Анализ данных сложных форматов на основе подхода Predictive Analytics в распределенной информационной системе страхования. Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции (1-3 июля Санкт-Петербург). Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2015. - Ч. 2. - С. 68-73.

References

1. Nalogovyy kodeks Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs] : chasti 1 i 2: s izm. i dop. Data obnovenija: 25.11.2015. Dostup iz sistemy GARANT.
2. E.B. Stepanova, M.O. Shavaeva. Analiz dannyh slozhnyh formatov na osnove podhoda Predictive Analytics v raspredelennoj informacionnoj sisteme strahovaniya. Sistemnyj analiz v proektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnyh trudov XIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (1-3 ijulja Sankt-Peterburg). Sankt-Peterburg: Izd-vo Politehnicheskogo universiteta, 2015. - Ch. 2. - S. 68-73.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.011

Теряев Д.В.¹, Лосенков А.А.², Павлов А.Н.²

¹Кандидат технических наук, ВА В ПВО ВС РФ, ²ВА В ПВО ВС РФ

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6544.2014.10

СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЧАСТОТ МЕЖДУ РАДИОЭЛЕКТРОННЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕРЬ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация

В статье рассмотрено применение генетического алгоритма для решения задач использования частотного ресурса для обеспечения электромагнитной совместимости между радиоэлектронными средствами специального назначения.

Ключевые слова: генетический алгоритм, коэффициент значимости, радиоэлектронные средства.

Terjaev D.V.¹, Losenkov A.A.², Pavlov A.N.²

¹PhD in Engineering, VA VPVO VS RF, ²VA VPVO VS RF

MEANS OF OPERATION FREQUENCY DISTRIBUTION BETWEEN RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT BASED ON INFORMATION LOSS ANALYSIS

Abstract

The article deals with the application of genetic algorithm (AG) for solving tasks of frequency resource usage to provide electromagnetic compatibility between radio electronic equipment special uses.

Keywords: genetic algorithm, relevancy factor, radio electronic equipment.

Основной величиной, характеризующей работу радиоэлектронных средств (РЭС), является рабочая частота. Каждая РЭС имеет свой штатный набор частот, что позволяет проводить отстройку от помех. Здесь можно говорить о потере информации, в результате воздействия непреднамеренных помех при определенном сочетании приемных и передающих частот.

При рассмотрении методов, позволяющих решить поставленную задачу распределения частот, наибольший научный интерес представляет использование генетического алгоритма. Реализация метода генетического алгоритма позволяет находить не только глобальный, но и локальные минимумы функции весовых значений сочетаний рабочих частот, что дает возможность найти несколько рациональных решений, причем относительно быстро.

При использовании этого алгоритма для распределении частот РЭС в качестве элементов хромосом выступают рабочие частоты.

Состав хромосомы представляет собой набор РЭС, функционирующих в реальном масштабе времени своего применения с определенными рабочими частотами. Каждая рабочая частота, характеризуется потерями информации (наложенными на нее ограничениями). Сумма потерь информации РЭС (рабочих частот), участвующих в процессе применения в реальном масштабе времени, позволяет определить приспособленность хромосомы.

Однако, в современных условиях простое арифметическое сложение потерь информации не позволит в достаточной мере оценить качество выполнения специальной задачи. Чтобы рационально решить задачу по распределению рабочих частот РЭС управляемой структуры используются весовые коэффициенты, позволяющие определить степень вклада каждой используемой РЭС в решение поставленной задачи. При этом все весовые коэффициенты определяются статистическим методом.

Математический аппарат распределения рабочих частот РЭС в сложной электромагнитной обстановке (ЭМО) напрямую зависит от порядка определения весового коэффициента РЭС, сущность которого сводится к определению коэффициента значимости K_i i -ой РЭС в сложной обстановке в реальном масштабе времени.

Примем:

N – количество РЭС управляемой структуры, функционирующих в сложной обстановке реального масштаба времени;

γ_i – потери информации в приемном тракте i -го РЭС от воздействия НРП;

Потери информации определены в пределах:

$$0 \leq \gamma_i \leq 1 \quad (1)$$

Именно от коэффициента значимости функционирующей в специальной обстановке РЭС зависит качество распределения рабочих частот в управляемой структуре.

Будем считать показателем качества распределения рабочих точек (КР) значение следующей функции:

$$KP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i \gamma_i \quad (2)$$

где K_i – коэффициент значимости i -ой РЭС в реализуемом эпизоде;

Коэффициенты значимости определяем в интервале:

$$0 < K_i \leq 1 \quad (3)$$

Таким образом качество распределения рабочих точек РЭС определяется в пределах:

$$0 \leq KP \leq 1 \quad (4)$$

Графиком зависимости коэффициентов значимости K_i будет являться зависимость вида $K_i = 1/N$. График зависимости

Используя в качестве n текущее значение номера приоритета РЭС, используемого в выполняемом эпизоде (от 1 до N).

Например, проведя расчеты значений коэффициентов значимости, для случая выполнения эпизода десятью РЭС получим значения, сведенные в таблицу 1.

Графиком зависимости коэффициентов значимости K_i будет являться зависимость вида $K_i = 1/n$ (рисунок 1).

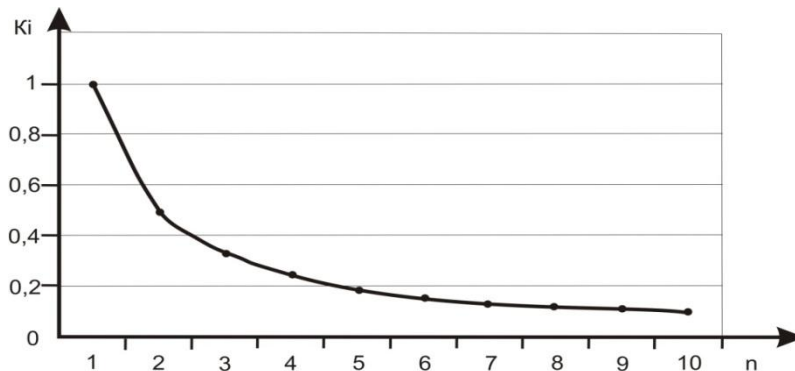


Рис. 1 – Зависимость значений коэффициентов значимости K_i от номера n (приоритетность РЭС).

Рассмотренный вариант не учитывает ряд других факторов, таких как подготовку операторов РЭС, качество настройки аппаратуры и др. В связи с этим, для получения более точных значений качества распределения рабочих точек используют поправочные коэффициенты:

$$K_{nonpi} + K_i \leq 1 \quad (5)$$

где K_{nonpi} – поправочный коэффициент i -го РЭС, участвующего в выполнении задачи;

При использовании статистического метода можно говорить о следующей зависимости:

$$K_{nonpi} + K_i = \frac{T_{\text{раб.РЭС}}}{T_{\text{боев. эп}}} \quad (6)$$

где $T_{\text{раб.РЭС}}$ – время использования информации от i -ой РЭС, участвующей в выполнении эпизода;

$T_{\text{боев. эп.}}$ – время выполнения эпизода.

Для определения поправочного коэффициента статистическим методом, необходимо использование достаточно большое количество вариантов (не менее 10), выполнения конкретных задач с постоянным набором РЭС.

Критериями оценки весового коэффициента являются:

степень важности РЭС;

количество рабочих частот, на которые возможна перестройка РЭС;

время перехода с одной рабочей частоты на другую.

Также возможны и другие дополнительные критерии, на основании которых определяется весовой коэффициент.

Сумма всех потерь информации, умноженная на соответствующие весовые коэффициенты, и определит приспособленность данной хромосомы.

Набор хромосом с различными сочетаниями рабочих частот, используемых в РЭС, формирует популяцию.

Применяя стандартные функции генетического алгоритма и вводя критерий останова (например: достижения определенной приспособленности хромосомой или минимума приспособленности), определяем набор из хромосом, являющихся решением поставленной задачи.

Критерием для останова в нашем случае будет выступать попадание оценки приспособленности нашего набора (хромосомы) в область, достаточную для качественного выполнения поставленной задачи (критерий снижения качества функционирования).

Для практического применения алгоритма важное значение имеют такие свойства как сходимость, способность к отысканию всего множества рациональных решений, быстроедействие. С этой целью было проведено тестирование алгоритма в различных условиях обстановки.

Оценка сходимости алгоритма (рисунок 2) показала, что он достаточно быстро находит экстремум функции.

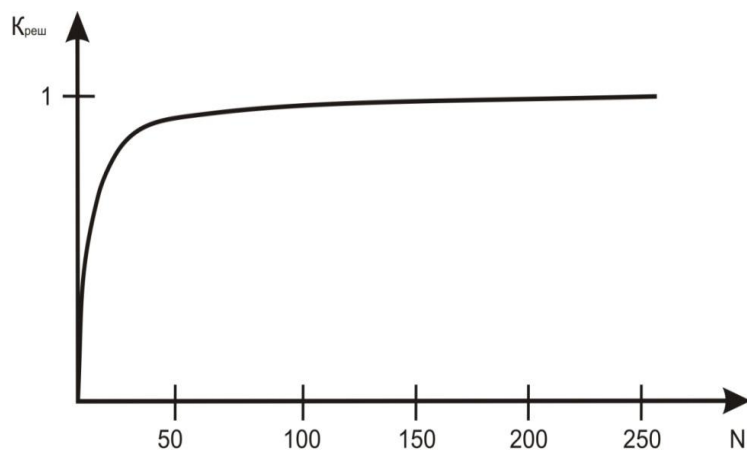


Рис. 2 – Зависимость рассчитанной степени нахождения рациональных решений от количества итераций генетического алгоритма

Под $K_{\text{реш}}$ понимается найденное количество решений по отношению к общему количеству имеющихся рациональных решений.

Под N понимается количество итераций генетического алгоритма.

Результат оценки возможности отыскания всех экстремумов (рисунок 3) показывают, что алгоритм способен найти не менее 90% рациональных вариантов, но для этого требуется достаточно большое число итераций от 50 до 100.

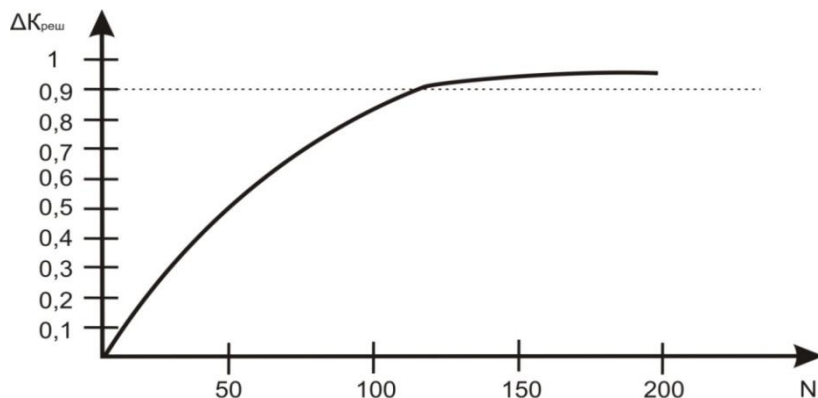


Рис. 3 – Зависимость доли найденных рациональных вариантов решений от количества итераций генетического алгоритма

Сводные результаты тестирования алгоритма в различных условиях приведены в таблице 1.

Анализ данных приведенных в таблице, показывает, что алгоритм способен находить 90-98% рациональных вариантов решения. Время поиска зависит от размера популяции, числа итераций, характера исследуемой области и может составлять от 1,4 до 6,5с.

Результаты тестирования показывают, что предлагаемый алгоритм может быть использован в системе реального времени.

Принцип работы генетического алгоритма заключается в следующей схеме:

1. Создание начальной популяции из n хромосом.
2. Вычисление для каждой хромосомы её пригодность.
3. Выбираем пару хромосом – родителей с помощью перебора.
4. Проводим кроссинговер двух родителей, производя двух потомков.

Таблица 1 – Сводная таблица результатов тестирования алгоритма

Параметры	Номер теста									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размер популяции	100	100	250	300	400	400	500	500	550	550
Число итераций	50	70	110	120	110	130	128	132	135	150
Количество найденных рациональных решений	35	85	42	100	102	145	218	250	389	393
Доля найденных рациональных решений	0,98	0,96	0,96	0,93	0,94	0,93	0,91	0,91	0,90	0,91
Время решения задачи, с	1,4	1,8	2,4	3,4	4,7	4,9	5,4	5,8	6,2	6,5

5. Проводим мутацию потомков.

6. Повторяем шаги 3-5, пока не будет сгенерировано новое поколение популяции, содержащее n хромосом.

7. Повторяем шаги 2-6, пока не будет достигнут критерий окончания процесса.

В статье рассмотрен способ распределения рабочих частот между РЭС на основе метода генетического алгоритма.

Предложенный способ распределения рабочих частот между РЭС позволяет быстро находить приемлемое решение в поставленной специальной задаче.

Благодаря использованию генетического алгоритма на выходе мы получим несколько решений близких к оптимальному, они будут являться дополнениями к основному, определяемому вводимым критерием предпочтения (количество перестроек по частоте РЭС относительно изначального значения).

Литература

1. Борисов В. В., Круглов В. В., Харитонов Е. В. Основы построения нейронных сетей. – Смоленск: Изд-во Военного ун-та войсковой ПВО ВС РФ, 1999. 348 с.
2. Босс В. Лекции по математике / Перебор и эффективные алгоритмы // М.: ЛКИ, 2008. – Т.10.
3. Новиков И.И., Соловьев В.В. Универсальный алгоритм оптимального присвоения частот. // Радиотехника. - М.: 2002. №10. с. 105-108.
4. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы. / Астраханский университет, 2007. 88 с.
5. Соловьев В.В., Харченко Т.В. Комплексное применение алгоритмов комбинаторной, игровой и поисковой оптимизации в задачах присвоения частот. // Радиотехника - М.: 2005. №9. с. 109-106.

References

1. Borisov V. V., Kruglov V. V., Haritonov E. V. Osnovy postroeniya nejronnyh setej. – Smolensk: Izd-vo Voennogo un-ta vojskovoj PVO VS RF, 1999. 348 s.
2. Boss V. Lekcii po matematike / Perebor i jeffektivnye algoritmy // M.: LKI, 2008. – T.10.
3. Novikov I.I., Solov'ev V.V. Universal'nyj algoritm optimal'nogo prisvoeniya chastot. // Radiotekhnika. - M.: 2002. №10. s. 105-108.
4. Panchenko T.V. Geneticheskie algoritmy. / Astrahanskij universitet, 2007. 88 s.
5. Solov'ev V.V., Harchenko T.V. Kompleksnoe primenenie algoritmov kombinatornoj, igrovoj i poiskovoj optimizacii v zadachah prisvoeniya chastot. // Radiotekhnika - M.: 2005. №9. s. 109-106.

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 поднимает их статус и увеличивает возможность цитирования.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.161

Тимошин А.Ф.¹, Николаев А.П.¹, Бердников А.Г.²¹Инженер-эксперт, ООО Научно-технический центр «Экспертиза», г. Пенза,²инженер-эксперт, ООО «Параметр», г. Пенза**СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****Аннотация**

Для обезвреживания отходов предлагается комплексное технологическое решение с разделением отходов на жидкую (нефтепродукты, вода) и твердую фазы с последующим обезвреживанием нефтезагрязненного остатка химическим методом и получением продукта утилизации – наполнителя в композиционные материалы.

Ключевые слова: нефтешламы, утилизация, экология, нефтесодержащие отходы, композиционные материалы, промышленная безопасность.

Timoshin A.F.¹, Nikolaev A.P.¹, Berdnikov A.G.²¹Engineer-expert, Ltd. Scientific-Technical Center "Expertise", ²Engineer-expert, Ltd. "Parameter"**METHOD OIL SLUDGE UTILIZATION BASED ANALYSIS OF INDUSTRIAL SAFETY TECHNOLOGICAL PROCESS****Abstract**

For neutralization of proposed technological solution to a complex separation of the waste into a liquid (oil, water) and the solid phase, followed by neutralization of oil-contaminated residue chemical method and give the product utilization – filler in composite materials.

Keywords: oil sludge, recycling, ecology, oily waste, composite materials, industrial safety.

Нефтешламы, образующиеся при добыче, транспортировке и переработки нефти в зависимости от условий их образования могут быть разделены на 3 основные группы: грунтовые, придонные и резервуарного типа. Нефтешламы грунтового типа образуются при разливах нефтепродуктов на почву, например, при авариях; придонного типа – при оседании нефтеразливов на дне водоемов; резервуарного типа – при перевозке и хранении нефтепродуктов в емкостях различного типа. Структура нефтешламов представляет собой физико-химическую систему, включающую в себя нефтепродукты, воду и минеральные добавки (глина, песок, окислы металлов и т.д.). Одной из причин образования резервуарных нефтешламов является взаимодействие нефтепродуктов с влагой, кислородом, механическими примесями и материалом стенок резервуара. Результатом таких взаимодействий является частичное окисление исходных нефтепродуктов с образованием смолоподобных соединений и коррозия стенок резервуара. Попадание в резервуары с нефтепродуктами влаги и механических загрязнений способствует образованию водно-масляных эмульсий и минеральных дисперсий. Все нефтешламы различаются по своим физико-химическим характеристикам, что обусловлено разным составом исходного сырья, условиями окружающей природной среды. В результате различных проводимых исследований нефтешламы резервуарного типа имеют широкий диапазон соотношений нефтепродукт, вода, механические примеси: углеводороды составляют от 5 до 90%, вода от 1 до 70%, твердые примеси от 0,8 до 65% [1].

При разработке технологии утилизации нефтешламов и анализе промышленной безопасности технологических процессов авторы использовали данные Атыраузского нефтеперерабатывающего завода (АНПЗ), с которым у ООО НТЦ «Экспертиза» имеются хозяйственные отношения. Физико-химические характеристики отходов и источники их образования на АНПЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики нефтешламов, источники их образования

Наименование отходов	Место образования отходов	Физико-химическая характеристика отходов	Количество отходов		Использование отходов
			т/сут	т/год	
Донный осадок (замазученный песок)	Песколовка механических очистных сооружений	Пастообразный. Нефтепродукт – 1%; Взвешенные вещества – 29% Вода – 70%	0,168	45,542	Захоронение на полигоне твердых промышленных отходов
Донный осадок (нефтешлам)	Механические очистные сооружения, установка химводоочистки	Пастообразный. Нефтепродукт – 12% Взвешенные вещества – 18% Вода – 70%	2,719	902,64	Захоронение на полигоне твердых промышленных отходов
Шлам биологический	Сооружения биологической очистки стоков	Пастообразный. Влажность – 65% Избыточный ил – 35% Вода – 65%	0,064	20,316	Захоронение на полигоне твердых промышленных отходов
Нефтеэмульсия (уловленные нефтепродукты)	Сооружения механической очистки, очистные сооружения соледержащих стоков	Жидкий нефтепродукт до 30%, вода – 70%	1,464	484,53	Захоронение на полигоне твердых промышленных отходов
Активированный уголь (доочистка сорбционная)	Очистные сооружения	Уголь	–	4,17	Захоронение на полигоне твердых промышленных отходов

В наиболее упрощенном виде нефтешламы представляют собой многокомпонентные устойчивые агрегативные физико-химические системы, состоящие главным образом, из нефтепродуктов, воды и минеральных добавок (песок, глина, окислы металлов и т.д.). Главной причиной образования резервуарных нефтешламов является физико-химическое взаимодействие нефтепродуктов в объеме конкретного нефтеприемного устройства с влагой, кислородом воздуха и механическими примесями, а также с материалом стенок резервуара. В результате таких процессов происходит частичное окисление исходных нефтепродуктов с образованием смолоподобных соединений и ржавление стенок резервуара. Попутно попадание в объем нефтепродукта влаги и механических загрязнений приводит к образованию водно-масляных эмульсий и минеральных дисперсий. Поскольку любой шлам образуется в результате взаимодействия с конкретной по своим условиям окружающей средой и в течение определенного промежутка времени, одинаковых по составу и физико-химическим характеристикам шламов в природе не бывает. По результатам некоторых исследований [1-4] в нефтешламах резервуарного типа соотношение нефтепродуктов, воды и механических примесей (частицы песка, глины, ржавчины и т.д.) колеблется в очень широких пределах: углеводороды составляют 5-90%, вода 1-52%, твердые примеси 0,8-65%. Как следствие, столь значительного изменения состава нефтешламов диапазон изменения их физико-химических характеристик тоже очень широк. Плотность нефтешламов колеблется в пределах 830-1700 кг/м³, температура застывания от -3°C до +80°C. Температура вспышки лежит в диапазоне от 35 до 120°C.

При длительном хранении резервуарные нефтешламы со временем разделяются на несколько слоев с характерными для каждого из них свойствами.

Верхний слой представляет собой обводненный нефтепродукт с содержанием до 5% тонкодисперсных механических примесей и относится к классу эмульсий "вода в масле". В состав этого слоя входят 70-80% масел, 6-25% асфальтенов, 7-20% смол, 1-4% парафинов. Содержание воды не превышает 5-8%. Довольно часто органическая часть свежесформированного верхнего слоя нефтешлама по составу и свойствам близка к хранящемуся в резервуарах исходному нефтепродукту. Такая ситуация обычно имеет место в расходных резервуарах автозаправочных станций.

Средний, сравнительно небольшой по объему слой представляет собой эмульсию типа "масло в воде". Этот слой содержит 70-80% воды и 1,5-15% механических примесей.

Следующий слой целиком состоит из отстоявшейся минерализованной воды с плотностью 1,01-1,19 г/см³. Наконец, придонный слой (донный ил) обычно представляет собой твердую фазу, включающую до 45% органики, 52-88% твердых механических примесей, включая окислы железа. Поскольку донный ил представляет собой гидратированную массу, то содержание воды в нем может достигать до 25%.

В зависимости от состава и физико-химических свойств нефтешламов резервуарного типа применяются различные технологические схемы для их утилизации. Например, нефтешламы жидко-вязкой консистенции подвергают разделению на нефтепродукт, воду и твердые механические примеси с целью дальнейшего использования полученных нефтепродуктов по установленной схеме. Переработка нефтешламов с предварительным механическим разделением фаз экономически обоснована при высоком содержании в них органики, используемой в качестве одного из компонентов сырья для коксования или добавок в котельные топливо. Кроме того известны способы использования таких нефтешламов без предварительного разделения фаз в смесях с торфом, угольной пылью, опилками, иными горючими веществами и отходами в качестве брикетированного котельного топлива, строительных материалов и топливных элементов.

На одну тонну перерабатываемой нефти приходится 7 кг нефтешламов, что приводит к большому скоплению последних в земляных амбарах нефтеперерабатывающих предприятий. Шламы представляют собой тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды, 1,3-46% твердых примесей. Нефтяные шламы можно использовать по нескольким направлениям: возврат в производство (при обезвоживании и сушки) с целью последующей переработки в целевые продукты; использование их в качестве топлива, однако это связано с большими материальными затратами. К нефтяным шламам можно добавлять негашеную известь (5-50%) и после сушки в естественных условиях использовать в качестве наполнителя при изготовлении строительных материалов. Одним из основных способов утилизации нефтяных шламов является сжигание в печах различной конструкции (камерных, кипящего слоя, барабанных и др.). Печи кипящего слоя широко используют для отходов, содержащих не более 20% твердых примесей. При сжигании шламов, содержащих до 70% твердых примесей, распространение получили вращающиеся печи барабанного типа.

Традиционно собранные в процессе зачистки резервуаров нефтешламы жидко-вязкой консистенции подвергаются разделению на нефтепродукт, воду и твердые механические примеси. Эта фаза переработки имеет своей целью извлечение из шламов нефтепродуктов с исходными свойствами и их использование по прямому назначению. Существуют два основных способа фазового разделения жидковязких нефтешламов – механический и химический. Для более глубокой очистки нефтепродуктов иногда прибегают к комплексной технологии.

Несмотря на большое разнообразие технологических приемов механического разделения фаз обратных эмульсий, широкое практическое их применение экономически необоснованно по следующим соображениям.

Технология разделения фаз жидковязких нефтешламов сложна и экономически не выгодна, поскольку затраты на регенерацию нефтепродуктов несопоставимы с планируемым эффектом использования жидких горючих (бензина, масла и т.д.).

Операции по переработке жидковязких нефтешламов с предварительным механическим разделением фаз целесообразны лишь при высоком содержании в шламах органики.

Химический способ разделения нефтеэмульсий с целью регенерации и повторного использования углеводородных продуктов по их прямому назначению (легкие фракции нефтепродуктов, масла и т.д.) основан на использовании специальных поверхностно-активных веществ (ПАВ), играющих роль деэмульгаторов.

Исходя из физико-механических особенностей коллоидных ПАВ, необходимо проводить целенаправленный выбор деэмульгатора нефтэмульсий в каждом конкретном случае.

Одним из наиболее распространенных реагентов в практике утилизации нефтешламов служит окись кальция или негашеная известь, действие которой обусловлено ее способностью вступать в экзотермическую реакцию с водой. Во втором варианте утилизации жидко-вязких нефтешламов резервуарного типа они предварительно подвергаются частичному выпариванию на водяной бане.

Таким образом, все рассмотренные традиционные способы утилизации нефтешламов оказываются неэффективными, с точки зрения практической технологии, т.е. либо требуют специального оборудования, либо больших затрат энергии, либо специальных адсорбентов и коагулянтов, производство которых является сложным и энергоёмким производством.

В работе предлагается эффективный способ утилизации резервуарных нефтешламов, путем получения из них аппретированных наполнителей для композиционных материалов [5-6]. Для обезвреживания отходов подбирается комплексное технологическое решение, обеспечивающее ресурсооборот: при необходимости осуществляется предварительное разделение отходов на жидкую (нефтепродукты, вода) и твердую фазы с последующим обезвреживанием нефтезагрязненного остатка химическим методом и получением продукта утилизации – наполнителя в строительные материалы. При этом, утилизация нефтешлама и синтез композита, рассматриваются системно, как *сложная техническая система*, испытывающая на себе комплекс воздействий и имеющую целый ряд управляемых параметров [7, 8]. Такой подход требует учета теории и практики моделирования КМ, методов математического моделирования КМ, математического аппарата моделирования материалов, кинетических закономерностей формирования физико-механических и эксплуатационных свойств композитов [9-10]. Проведенный анализ теории и практики утилизации нефтешламов позволяет заключить, что математическое моделирование является основным методом исследования и синтеза новых технологий обезвреживания отходов и создания экологически чистых композитов с заданными свойствами [7-10].

Для решения задачи создания эффективной технологии утилизации нефтешламов путем переработки их в компоненты экологически чистых композитов была использована система компьютерно-имитационного моделирования композитов, включающая в себя методологические принципы моделирования различных структур КМ, методики проведения численного и натурного эксперимента, методы моделирования макроструктуры композита с учётом моделирования микроструктуры, а также алгоритмы и комплексы программ, обеспечивающие получение эффективной технологии синтеза композитов с заданными свойствами и параметрами структуры [9-10].

Примерная технологическая схема утилизации показана на рисунке 1.

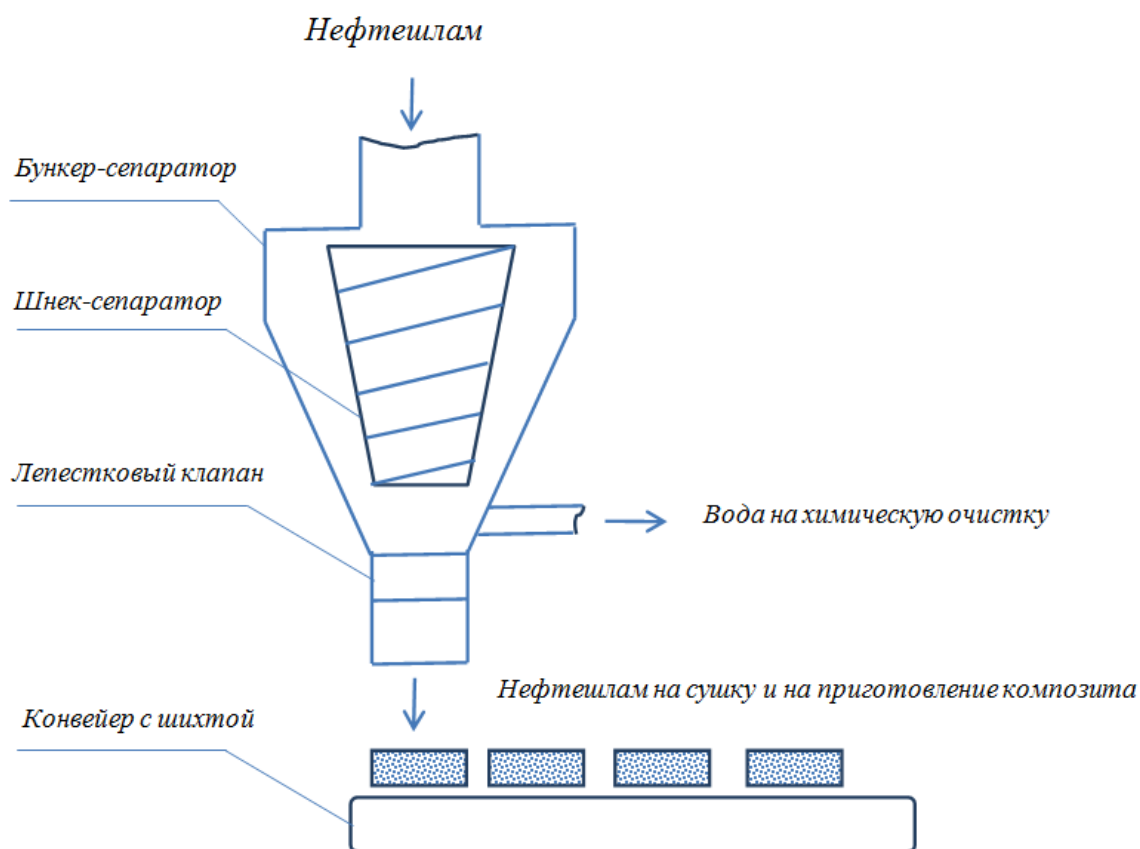


Рис. 1 – Технологическая схема утилизации нефтешлама

Нефтешлам подается в бункер, где попадает в сепаратор шнекового типа. Вода удаляется для последующей химической очистки любым их известных способов. Обезвоженный нефтешлам через диафрагму-клапан лепесткового типа подается на ленту конвейера. В последующем, он совмещается с вязущим и формируется в изделие. Регулирование степени обезвоживания позволяет применить практически любое из известных вязущих: гидравлического твердения, минерально-элементные, полимерные смолы и т.д. [7, 10- 12].

Большинство резервуарных нефтешламов подлежат прямой утилизации в процессах изготовления дорожных и строительных материалов в качестве сырья. Входящие в состав нефтешламов смолы, парафины и другие высокомолекулярные соединения обладают, как известно, поверхностно-активными и вязущими свойствами [13]. Именно эту особенность нефтешламов можно эффективно использовать при их утилизации. Обладая высокой адсорбционной способностью, жидковязкие нефтешламы сравнительно легко распределяются по поверхности практически любой дисперсной минеральной фазы [13]. При этом благодаря физико-химическому взаимодействию нефтешлама с минеральной дисперсной средой, происходит хемосорбционное поглощение загрязнителей, в том числе окислов тяжелых металлов, минеральной матрицей и их обезвреживание, что было установлено экспериментами с привлечением методов ядерно-магнитного резонанса и акустической эмиссии. Процессы преобразования таких коллоидно-дисперсных систем в дорожно-строительные или композиционные материалы специального назначения могут регулироваться с помощью специально подобранных реагентов для получения экологически безопасных композиций с нужными технологическими характеристиками.

Выводы

Проведенный анализ теории и практики утилизации отходов нефтепереработки в России и за рубежом показывает, что нефтесодержащие отходы образуются на всех этапах добычи и переработки нефти, что обусловлено как несовершенством техники и технологии, так и человеческим фактором. Нефтешламы и замазученные грунты являются наиболее крупнотоннажными промышленными отходами, оказывающими существенное негативное воздействие на окружающую природную среду. Для снижения класса опасности нефтесодержащих отходов все более широкое применение в нашей стране и за рубежом находят биологические методы переработки, как одни из самых экологически эффективных. Однако далеко не всегда продукты переработки нефтесодержащих отходов находят квалифицированное использование.

В настоящее время осуществление утилизации нефтяных шламов сопряжено со многими трудностями из-за их сложного и разнообразного состава. В связи с возрастающими требованиями к охране окружающей среды проблема обезвреживания нефтезагрязненных материалов является весьма актуальной и требует как разработки новых, так и совершенствования существующих методов их утилизации.

Поэтому актуальным является усовершенствование способа переработки нефтесодержащих отходов в части совместной утилизации различных отходов переработки нефти, снижения класса опасности утилизируемых отходов и получения рекультивационных композиционных материалов с высокими потребительскими свойствами. Эта задача была решена на основе математического моделирования с применением системного, энергетического и информационно-алгоритмического причинно-следственного подходов в предложенном способе обезвреживания отходов нефтепереработки и получении продукта утилизации – аппретированного наполнителя в композиционные материалы.

Литература

1. В.С. Владимиров, Д.С. Корсун, И.А. Карпунин, С.Е. Мойзис. Переработка нефтешламов резервуарного типа. – М., 2004.
2. Кононенко Е.А. Утилизация промышленных отходов нефтегазовой отрасли и применение обезвреженных отходов в качестве вторичных материальных ресурсов. Автореферат дис. канд. техн. наук – Краснодар, 2012. – 24 с.
3. Методологические принципы математического моделирования и синтеза композиционных материалов из отходов нефтепереработки / Бормотов А.Н., Кузнецова М.В., Колобова Е.А. // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – № 2 (38). – С. 85-94.
4. Утилизация серы как отхода переработки нефти при изготовлении радиационно-защитных композиционных материалов / Бормотов А.Н., Колобова Е.А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2 (6). – С. 200-206.
5. Теоретические основы компьютерного моделирования структурообразования дисперсных систем / Бормотов А.Н., Прошин И.А., Васильков А.В. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17. – № 2. – С. 542-551.
6. Методологические принципы выбора оптимальных наполнителей композиционных материалов / Прошин А.П., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А., Бормотов А.Н. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2004. – № 10. – С. 15-20.
7. Бормотов А.Н. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов специального назначения. Дисс. на соискание уч. степ. доктора техн. наук / Пензенский государственный технологический университет. – Пенза, 2011.
8. Теоретические основы математического моделирования композитов из отходов нефтепереработки / Бормотов А.Н., Кузнецова М.В., Колобова Е.А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – Т. 1. – № 9 (13). – С. 173-182.
9. Бормотов А.Н., Прошин И.А., Королев Е.В. Имитационное моделирование деструкции и метод прогнозирования стойкости композиционных материалов / Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2010. – № 4. – С. 113-118.
10. Многокритериальный синтез композита как задача управления / Бормотов А.Н. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16. – № 4. – С. 924-937.

11. Глетглицериновые строительные материалы для защиты от радиации / Королев Е.В., Бормотов А.Н., Иноземцев А.С., Иноземцев С.С. // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 69-71.
12. Сверхтяжелый бетон для защиты от радиации / Баженов Ю.М., Прошин А.П., Еремкин А.И., Королев Е.В., Бормотов А.Н. // Строительные материалы. – 2005. – № 8. – С. 6-9.
13. Исследование реологических свойств композиционных материалов методами системного анализа / Бормотов А.Н., Прошин И.А. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15. – № 4. С. 916-925.

References

1. VS Vladimirov, DS Korsun, IA Karpuhin, SE Moyzis. Waste sludge reservoir type. – M., 2004.
2. Kononenko EA. Disposal of industrial waste oil and gas industry and the use of the neutralized waste as secondary material resources. Abstract of dis.kand. tehn. sciences – Krasnodar, 2012. – 24 p.
3. Methodological principles of mathematical modeling and synthesis of composite materials from the waste oil refining / Bormotov AN, Kuznetsova MV, Kolobov EA // Bulletin of Bryansk State Technical University. – 2013. – № 2 (38). – Pp. 85-94.
4. Utilization of sulfur as a waste oil processing in the manufacture of radiation-protective composites / Bormotov AN, Kolobov EA // XXI century: the results of past and present problems plus. – 2012. – № 2 (6). – Pp. 200-206.
5. Theoretical basis of computer simulations of structure formation of disperse systems / Bormotov AN, Proshin IA, Vasilkov AV // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2011. – V. 17. – № 2. – Pp. 542-551.
6. Methodological principles for selecting the optimum filler composite materials / Proshin AP Danilov AM, Korolev, EV, Smirnov VA, Bormotov AN // Proceedings of the higher educational institutions. Building. – 2004. – № 10. – Pp. 15-20.
7. AN Bormotov. Mathematical modeling and multi-criteria synthesis of composite materials for special purposes. Diss. on competition sci. deg. the doctor techn. science / Penza State Technological University. – Penza, 2011.
8. Theoretical basis of mathematical modeling of composites from refinery waste / Bormotov AN, Kuznetsova MV, Kolobov EA // XXI century: the results of past and present problems plus. – 2013. – Т. 1. – № 9 (13). – Pp. 173-182.
9. Bormotov AN, Proshin IA, Korolev EV. Simulation of destruction and prediction method of resistance of composite materials / Bulletin of Izhevsk State Technical University. – 2010. – № 4. – Pp. 113-118.
10. Multi-criteria synthesis of the composite as a task management / AN Bormotov // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2010. – V. 16. – № 4. – Pp. 924-937.
11. Glet-glycerol building materials to protect from radiation / Korolev EV, Bormotov AN, Inozemtsev AS, Inozemtsev SS // Building Materials. – 2009. – № 12. – Pp. 69-71.
12. Super-heavy concrete for radiation protection / Bazhenov YM, Proshin AP, Eremkin AI, Korolev EV, Bormotov AN // Building Materials. – 2005. – № 8. – Pp. 6-9.
13. Investigation of the rheological properties of composite materials by means of system analysis / Bormotov AN, Proshin IA // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2009. – V. 15. – № 4. – Pp. 916-925.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.085

Тихомиров А.А.¹, Соболев Н. В.², Изотов Ю.А.³

¹ORCID: 0000-0003-2184-6577, Кандидат физико-математических наук, ²студент, ³студент, Петрозаводский государственный университет

Работа выполнена при поддержке программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 годы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТОКОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация

В статье рассмотрено – возможность использование переходных процессов на примере асинхронного двигателя в микропроцессорных терминалах релейной защиты для повышения надежности срабатывания защиты.

Ключевые слова: переходный процесс, терминал релейной защиты, надежность.

Tikhomirov A.A.¹, Sobolev N.V.², Izotov U.A.³

¹ORCID: 0000-0003-2184-6577, PhD in Physics and Mathematics, ²student, ³student, Petrozavodsk State University

THE APPLICATION OF TRANSITION MODE OF ASYNCHRONOUS MOTOR FOR CURRENT PROTECTIVE RELAY FORMATION

Abstract

The article considers the possibility of application of transition mode of asynchronous motor for current protective relay formation.

Keywords: transition mode, protective relay, asynchronous motor.

Релейная защита, такая как токовая, дистанционная и т.д. может быть выполнена как на электромеханической, так и на микропроцессорной основе и иметь связи между защищаемыми объектами [1]. Связь между защищаемыми объектами позволяет сопоставлять между собой ток, напряжение, частоту и согласовывать действия релейной защиты на различных участках защищаемого объекта [2].

Выполнение релейной защиты на микропроцессорной основе имеет ряд недостатков основным, из которых является снижение надежности по сравнению с электромеханическими устройствами. Тем не менее, преимущества цифровых технологий, которые заключаются в возможности применения многих видов релейных защит в рамках одного устройства релейной защиты, увеличение быстродействия защит приводят к тому, что появляется возможность введения новых типов релейной защиты.

Токовая защита селективного или неселективного действия основана на контроле тока на защищаемом объекте. Наличие аварий, например короткого замыкания на участке линии приведет к увеличению тока, что и приведет к срабатыванию защиты. Срабатывание токовой защиты происходит при превышении током заданной величины (уставки) рассчитанной по установившемуся режиму.

При отстройке токовых защит, то есть выборе уставок возникает ряд трудностей связанных с необходимостью соблюдения селективности действия релейной защиты, то есть отключения только поврежденных участков линии или энергообъектов. Ток короткого замыкания зависит от удаленности повреждения от источника электроснабжения из-за сопротивления проводников линии, чем больше расстояние до места короткого замыкания, тем прямо пропорционально больше сопротивление и обратно пропорционален ток.

При отстройке токовой защиты по концу линии используется коэффициента запаса k_z , то есть из-за возможного наличия токов бросков намагничивания, изменения режимов защищаемых объектов защиты уставки срабатывания увеличивается с возникновением в конце линии незащищенного участка. Даже при применении такого метода, как увеличение уставки срабатывания релейной защиты на k_z не гарантирует селективность срабатывания релейной защиты.

Применение релейной защиты на цифровой основе открывает новые возможности по учету переходных процессов защищаемых линий и энергообъектов.

В настоящей работе рассмотрена возможность использования динамики переходного режима для построения токовой защиты на примере асинхронного двигателя. Учет переходных режимов имеет важную информационную составляющую для правильного выбора тактики действия релейной защиты и как следствие уменьшить количество ложных срабатываний релейной защиты.

Переходная характеристика каждого типа объекта уникальна, то есть заранее получив переходные характеристики защищаемых объектов можно в случае изменения величины тока сравнивая динамику его изменения с известными переходными характеристиками установить является ли это переходным процессом или повреждением.

На рис. 1 представлена схема эксперимента по получению пусковых переходных характеристик асинхронного двигателя 3ИК15А, где фазный провод А 5 витками намотан на феррит в прорезь которого помещен датчик Холла. Выход датчика Холла подключен к цифровому осциллографу *velleman pcs 100*, включенному в триггерный режим. Асинхронный двигатель включается на холостой ход через коммутатор.

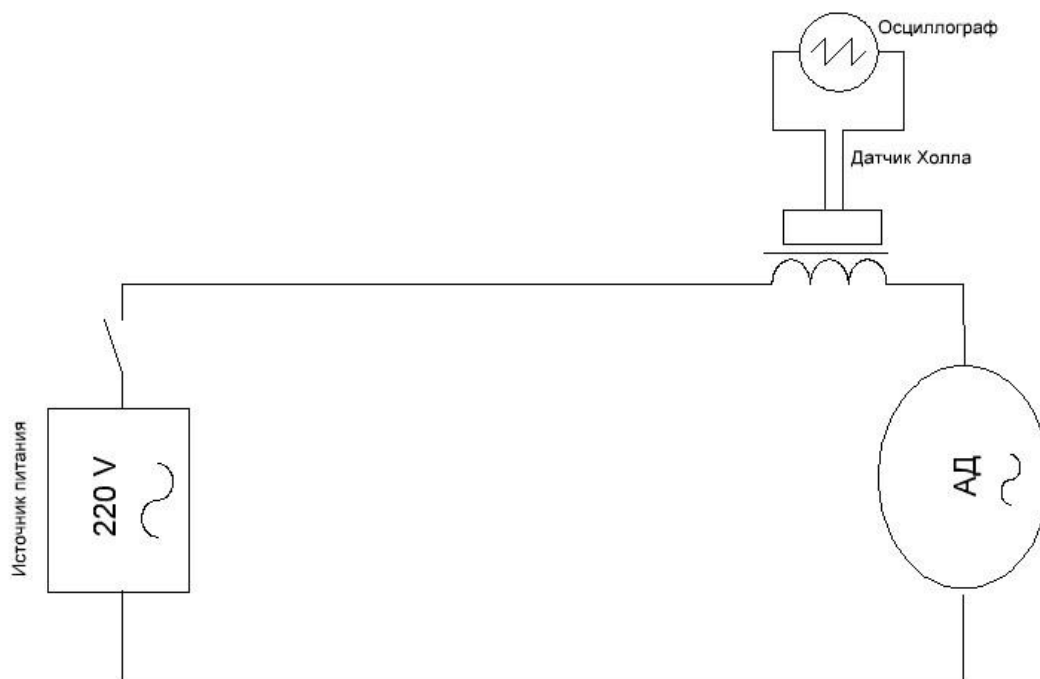


Рис. 1 – Схема эксперимента
АД – асинхронный двигатель

С использованием собранной схемы были получены переходные характеристики включения асинхронного двигателя, представленные на рис. 2, где в начальный момент времени пусковой ток практически в 2 раза больше номинального.

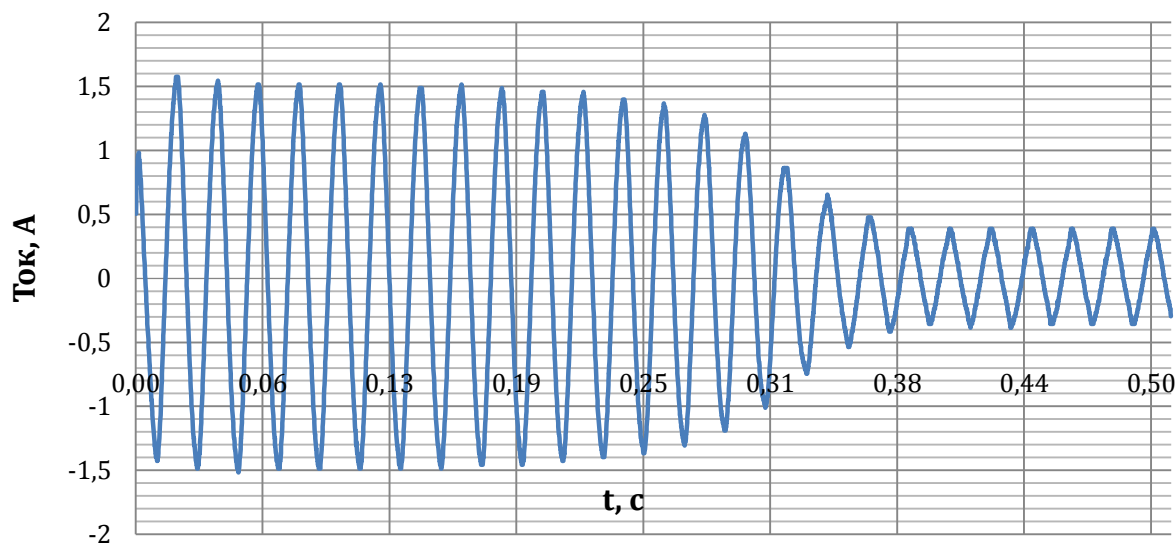


Рис. 2 – Переходный режим асинхронного двигателя

На рис. 3 представлена зависимость действующего тока от времени, найденная исходя из рис. 2, где амплитудные значения тока приведены к действующим значениям во времени.

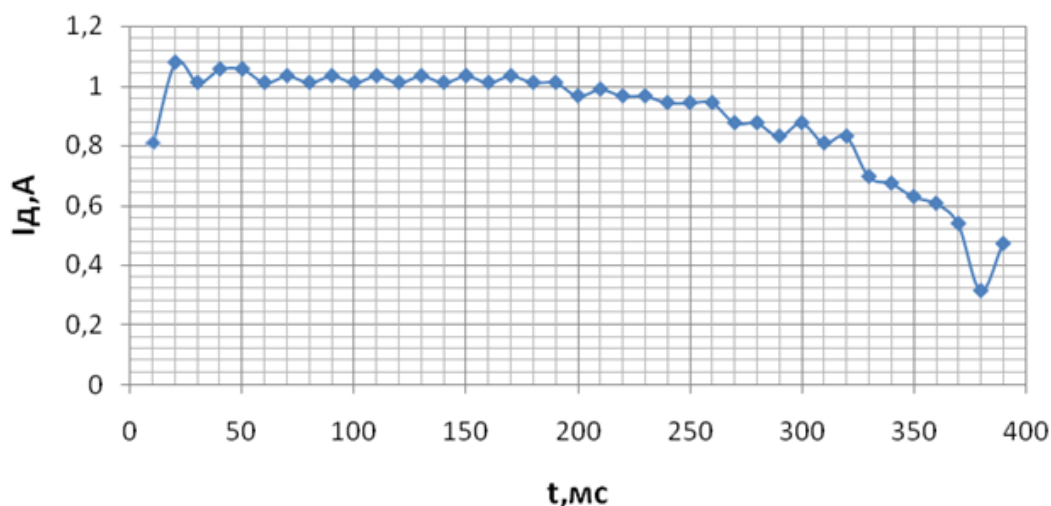


Рис. 3 – Зависимость действующего значения тока от времени

На примере зависимости пускового тока асинхронного двигателя, представленной на рис. 3 можно заключить о том, что скорость убывания пускового тока от времени можно аппроксимировать некоторой функцией $f(t)$ с её использованием для дальнейшего сравнения с регистрируемым током. При превышении токовой уставки релейная защита, в случае совпадения динамики изменения тока с $f(t)$ не должна срабатывать, что позволит снизить коэффициент запаса и увеличить надежность защиты.

Литература

1. Мальцев И.А. Релейная защита / Сборник научных трудов XIV Всероссийской научной-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет 2014. – С. 184 – 188.
2. Маруда И.Ф. Релейная защита двойной селективности. Логические защиты электрических объектов / Электричество 2011 - № 1. – С. 17 – 25.

References

1. Malcev I. A. Releinaa zachita / Sbornic nauchnix trudov XIV Vserossiskoi nauchno-practicheskoi konferencii. Nacionalnyi issledovatel'skii Tomskii politechnicheskii universitet. 2014. – S. 184 – 188.
2. Maruda I.F. Releinaa zachita dvoinoi selectivnosti. Logicheskie zachiti electrichekix obektov / Electrichestvo 2011 – № 1. – S. 17 - 25.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.086

Тихомиров А.А.¹, Соболев Н.В.²¹ORCID: 0000-0003-2184-6577, Кандидат физико-математических наук, ²студент,

Петрозаводский государственный университет

Работа выполнена при поддержке программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 годы

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР В ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ РАЗРЯДЕ*Аннотация*

В статье показана возможность получения металл-углеродных структур в импульсно-периодическом электроэрозионном разряде на основе твердотельного коммутатора.

Ключевые слова: электроэрозионный разряд, металл-углеродные структуры, карбид молибдена.

Tikhomirov A.A.¹, Sobolev N.V.²¹ORCID: 0000-0003-2184-6577, PhD in Physics and Mathematics, ²student, Petrozavodsk State University**OBTAINMENT OF METAL-CARBON STRUCTURES BY ELECTROEROSION DISCHARGE***Abstract*

The article considers the possibility of obtainment of metal-carbon structures in electropulse discharge on the basis of solid state control unit.

Keywords: electroerosion discharge, metal-carbon structure, carbide molybdenum.

Применение электроэрозионного разряда имеет ряд значительных преимуществ, таких как энергоэффективность, качество процесса [1,2] по сравнению с традиционными технологиями.

Целью настоящей работы являлось разработка установки для электроэрозионного получения металл-углеродных структур.

Переход к микросекундному диапазону периода импульса в электроэрозионном разряде существенно влияет на фракционный состав получаемого порошка [3], поэтому использование создание быстрых коммутаторов является важной задачей для увеличения эффективности получения продуктов электроэрозионного разряда.

Установка по получению металл-углеродных структур была собрана на основе полупроводниковых IGBT ключей. Из твердотельных коммутаторов для таких задач, как правило, используются тиристоры как наиболее сильноточные приборы среди полупроводниковых ключей. Однако в силу ограниченного быстродействия тиристоров их трудно объединять их в последовательных и параллельных схемах, что вынуждает применять повышающие трансформаторы, а также большое число звеньев магнитного сжатия. Схема задающего генератора представлена в соответствии с рис. 1.

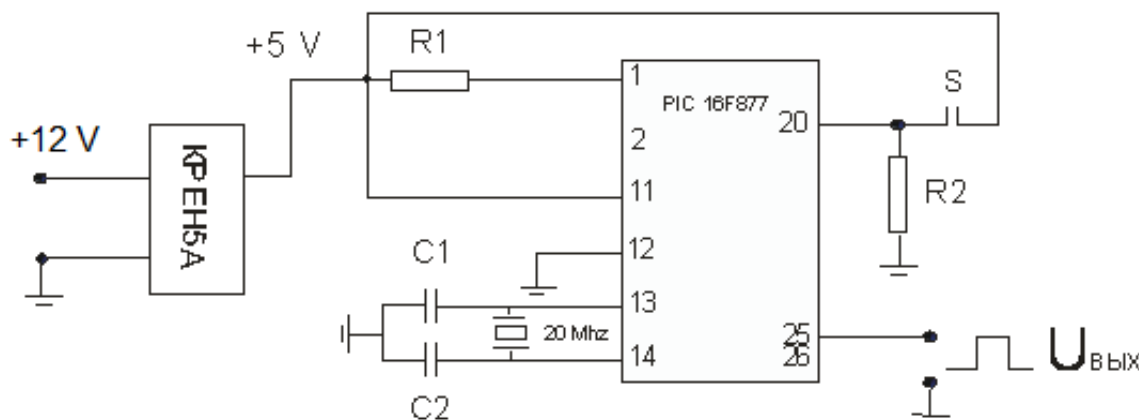


Рис. 1 – Регулируемый задающий генератор

Основой генератора импульсов является программируемый микроконтроллер pic16f877 компании Microchip. Кнопка S используется для переключения режимов микроконтроллера (переключение частоты следования импульсов). Генератор импульсов позволяет вырабатывать управляющие прямоугольные импульсы амплитудой 5 вольт, длительностью от 1 мкс до 10 секунд, с частотой до 10 кГц. Силовая часть и модуль управления представлены в соответствии с рис. 2.

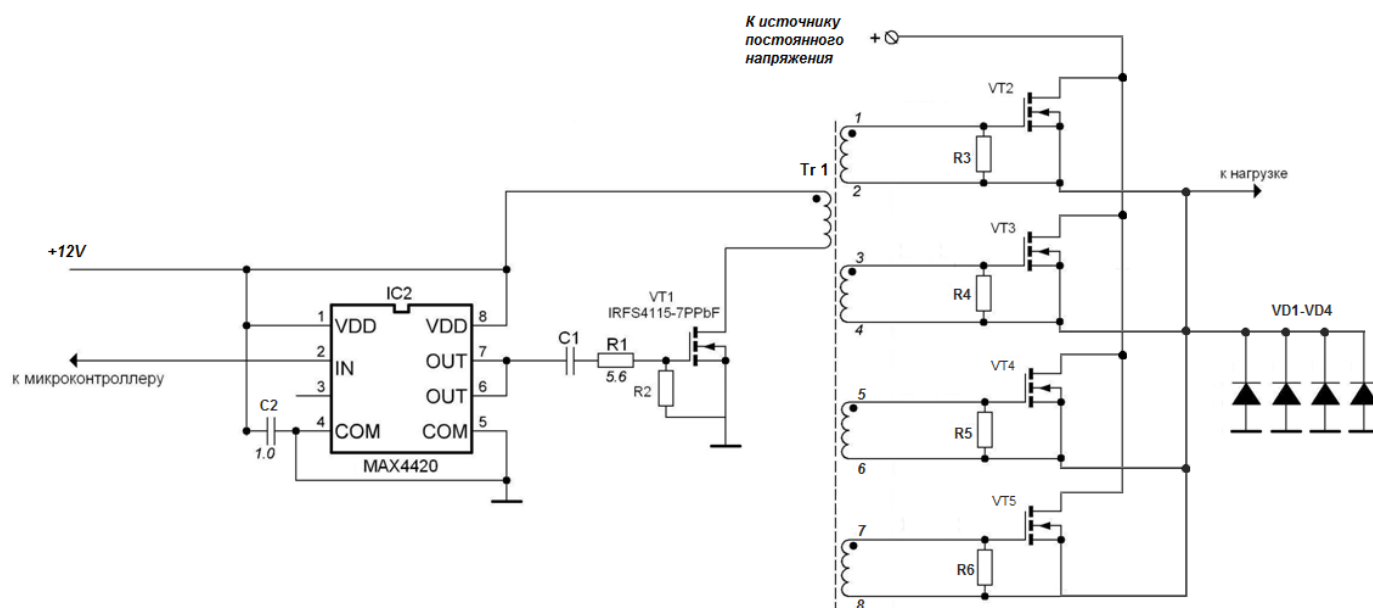


Рис. 2 – Силовая часть (коммутатор)

Сигнал с микроконтроллера поступает на шестиамперный быстрый (фронт 25 нс на нагрузку 2500 пФ) драйвер MAX4420. Ввиду малой мощности выходов микроконтроллера, они не способны быстро зарядить большую затворную емкость мощного транзистора VT1 (IRFS4115-7PPbF), управляющего затворами силовых IGBT ключей VT2-VT5. Схема позволяет получать импульсы длительностью от 1 мкс до 10 мкс при частоте до 10 кГц амплитудой до 500 В при токе до 300 А в непрерывном режиме при температуре ключей 20 °C (в импульсе ток через каждый IGBT ключ может достигать 150 А).

Фронт импульса на затворе IGBT транзисторе представлен на рис. 3.

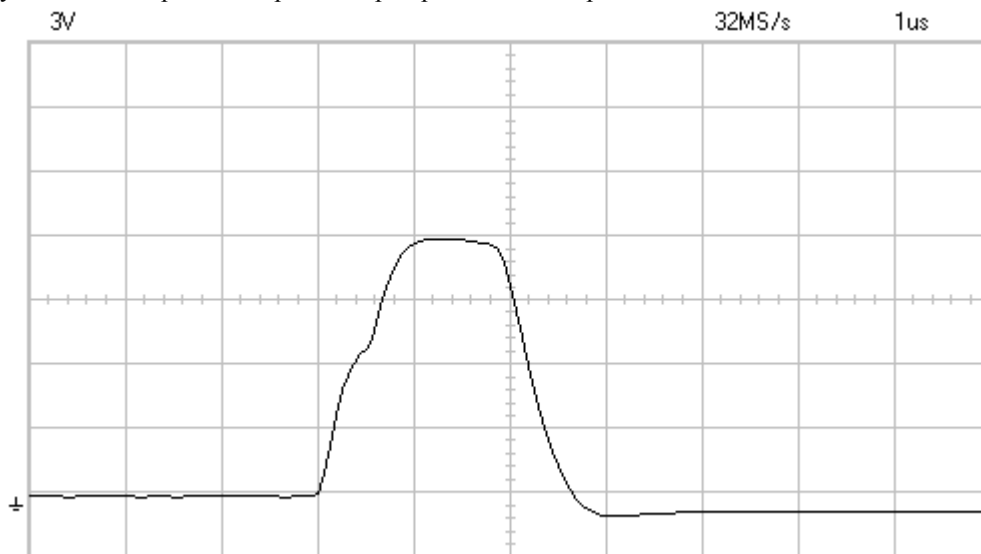


Рис. 3 – Импульс входного напряжения на затворах IGBT транзисторах

То есть уширение импульса происходит практически в 2 раза на затворах IGBT транзисторов от импульса на выходе микроконтроллера.

Конструкция разрядной камеры представлена на рис. 4. Для обеспечения выноса рабочего материала из канала эрозионного импульсно-периодического разряда используется дистиллированная вода в конусной геометрии. В процессе осуществления эрозионного разряда между рабочими электродами 1 и 2 происходит электроэрозионный вынос материала электродов в рабочую жидкость. После осуществления разряда, жидкость, содержащую частицы материала выпаривается, в результате чего выделяется порошок материала полученного в результате эрозии рабочих электродов.

Рабочие электроды представляют собой графитовый стержень диаметром порядка 6 мм (анод) и молибденовую пластину (катод), которые приводятся в соприкосновение под действием собственного веса графитового стержня. Для улучшения пробоя разрядного промежутка используется вибрационный режим, когда электрод 2, помещается переменное электромагнитное поле катушки 4, что обеспечивает возвратно-поступательное движение электрода.

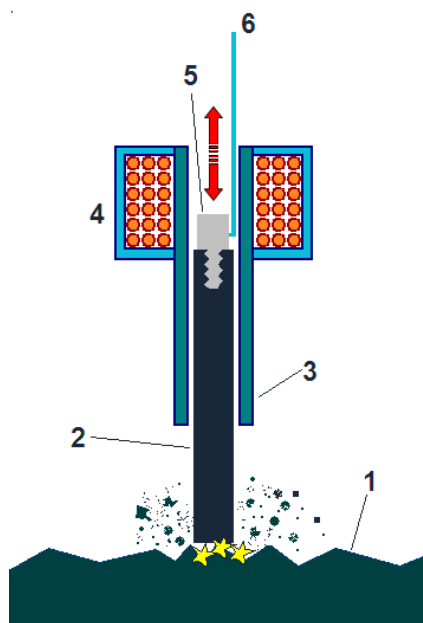


Рис. 4 – Конструкция разрядной ячейки и электродов

1 – пластина молибдена, 2 – графитовый стержень, 3 – цилиндрическая направляющая, 4 – катушка, 5 – винтовая вставка из магнитной стали, 6 – подвод напряжения к стержню.

Описанным выше образом были получены порошки, с выработкой 4 грамма за 20 минут, при средней потребляемой мощности установки 100 Вт. На рис. 5 представлена фотография порошка металл-углеродных структур электроэрозионного разряда полученная на электронном сканирующем микроскопе HITACHI SU 1510.

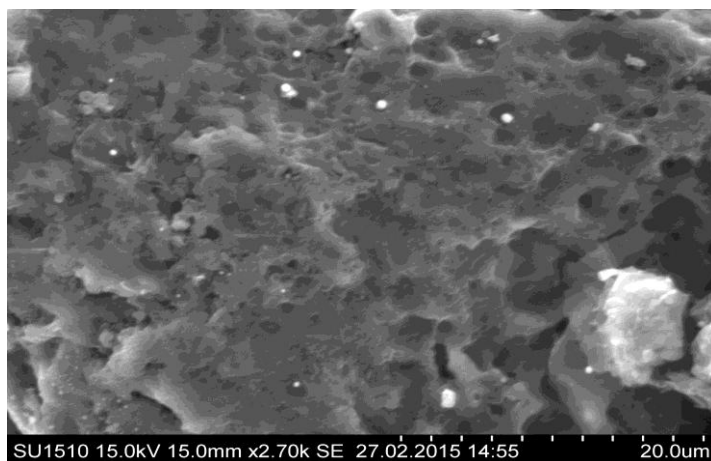


Рис. 5 – Металл-углеродные структуры

Также проведенный качественный анализ на сканирующем микроскопе HITACHI SU 1510 показал, что полученный порошок металл-углеродных структур состоит из частиц углерода с средним размером 100 микрометров с внедренными на поверхность частицами молибдена с размером порядка 1 мкм. Частицы молибдена имеют вытянутую овальную форму, в тоже время как частицы углероды не имеют какой-либо правильной формы.

Литература

1. Abu Zaid OA (1997) On the effect of electro-discharge machining parameters on the fatigue life of AISI D6 tool steel. J Mater Process Technol 68 (1): 27-32
2. Ho KH, Newman ST (2003) State of the art electrical discharge machining (EDM). Int J Mach Tool Manufac 43:1287-1300
3. Ekmekci B, Elkoca O, Erden A (2005) A comparative study on the surface integrity of plastic mould steel due to electric discharge machining. Metall Mater Trans 36B:117-124

References

1. Abu Zaid OA (1997) On the effect of electro-discharge machining parameters on the fatigue life of AISI D6 tool steel. J Mater Process Technol 68 (1): 27-32
2. Ho KH, Newman ST (2003) State of the art electrical discharge machining (EDM). Int J Mach Tool Manufac 43:1287-1300
3. Ekmekci B, Elkoca O, Erden A (2005) A comparative study on the surface integrity of plastic mould steel due to electric discharge machining. Metall Mater Trans 36B:117-124

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.065

Тишкин А.С.¹, Фирсов А.Ю.²¹Аспирант, ²кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»**АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАТНОЙ ЭДС ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ****Аннотация**

В данной работе рассмотрена зависимость обратной ЭДС от параметров процесса, полученная обработкой экспериментальных данных. Были сопоставлены рассчитанные и экспериментальные значения обратной ЭДС в зависимости от температуры расплава T при плотности тока, межполюсным расстоянии, величине КО и концентрации глинозема по данным разных авторов.

Ключевые слова: электролиз, обратная ЭДС, алюминий, криолитовое отношение, межполюсное расстояние.

Tishkin A.S.¹, Firsov A.Ju.²¹Postgraduate student, ²PhD in Engineering, Associate professor, National Mineral Resources University**APPROXIMATION OF THE BACKWARD EMF ON THE PROCESS PARAMETERS OF ALUMINUM
ELECTROLYSIS****Abstract**

The dependence of backward emf obtained by experimental data processing was considered in this paper. The experimental values backward EMF were computed and compared as function of the melt temperature T at a current density, pole distance, size, cryolyte ratio and concentration of alumina according to different authors.

Keywords: reduction, backward emf, aluminum, cryolyte ratio, interpolar distance.

В настоящее время практически весь алюминий получают электролизом криолит-глинозёмного расплава по способу Эру-Холла. Техничко-экономические показатели (ТЭП) производства алюминия в значительной степени зависят от технологических параметров работы электролизёра. В промышленных условиях под воздействием различных факторов состояние электролизера может быть не стабильным, что приводит к технологическим отклонениям. Эти нарушения повышают расход электроэнергии, снижают производительность и увеличивают долю затрат ручного труда.

На сегодняшний день проблема заключается в том, что информации о технологическом процессе недостаточно для качественного управления. Например, применение новых датчиков невозможно из-за агрессивной электрохимически активной и высокотемпературной среды, это делает невозможным проведение постоянных измерений в электролите, поэтому многие параметры данного объекта приходится измерять косвенно по другим показателям [1].

Что касается контроля за технологическим режимом процесса, то непрерывному автоматическому контролю в промышленных условиях доступны лишь напряжение и ток, а также два управляющих воздействия на электролизер, способных оперативно регулировать эти показатели, а именно изменение межполюсного расстояния перемещением анода и изменение расхода загружаемого в электролизную ванну глинозема.

Поэтому основные направления совершенствования систем управления в алгоритмическом аспекте сводятся к поиску методов косвенного оценивания непосредственно не измеряемых параметров процесса электролиза по результатам измерений напряжения U , тока I на ванне и изменений межполюсного расстояния, работы АПП.

Автоматическому контролю доступны напряжение на электролизере U и ток, проходящий через него, I . Эти электрические параметры связаны с переменными состояниями электролизера не непосредственно, а через его сопротивление R и обратную ЭДС E :

$$U = IR + E; \quad (1)$$

$$R = f(L, C, T, KO); \quad (2a)$$

$$E = f(L, C, T, KO). \quad (2b)$$

Если подставить в (1) выражения для R и E , то получим явную зависимость:

$$U = f(L, C, T, I, KO), \quad (3)$$

которую можно трактовать как уравнение косвенных измерений переменных состояний электролизера.

На сегодняшний день произведены исследования разными авторами зависимости проводимости электролита от разных параметров, но такой показатель, как обратная ЭДС, и зависимость его от разных составляющих процесса электролиза полностью неизучен.

В работе автора Тормода Дренгстига [4, с. 208] было предложено выражение для обратной ЭДС в зависимости от температуры и концентрации глинозема.

$$E_{rev} = -1,8984 + 5,725 \cdot 10^{-4} \cdot T_k + 1,44 \cdot 10^{-5} \cdot T_k \cdot \ln(a_{Al_2O_3}) \quad (4)$$

$$a_{Al_2O_3} = \left(\frac{w_{Al_2O_3}}{w_{Al_2O_3, sat}} \right)^{1.5} \quad (5)$$

Где $a_{Al_2O_3}$ - ионная активность Al_2O_3 ; $w_{Al_2O_3}$ - концентрация Al_2O_3 (wt,%); $w_{Al_2O_3, sat}$ - концентрация насыщения глинозема (wt,%); T_k - температура электролиза (K).

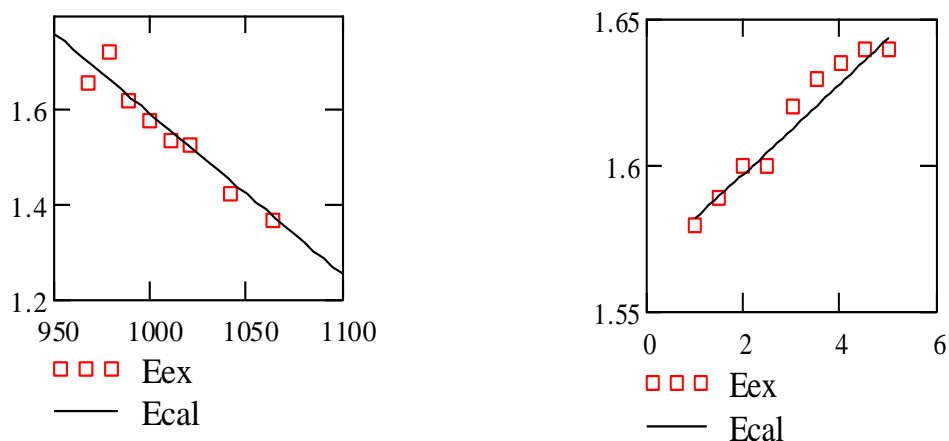
На заре развития алюминиевой промышленности были проведены некоторыми авторами экспериментальные работы по определению зависимости обратной ЭДС от различных параметров процесса. В связи с тем, что данные

работы проводились в различных по типу экспериментальных ячейках, с разными по составу электролитами, а так же электродами и т.п., полученные зависимости обратной ЭДС у разных авторов имели расхождения.

На основе полученных данных экспериментальным путем был проведенный регрессионный анализ для получения зависимостей обратной ЭДС от различных параметров.

На рисунке №1 представлены результаты аппроксимации экспериментальных данных и сопоставлены с обратной ЭДС ($E, В$) в зависимости от температуры расплава T при плотности тока $1 А/см^2$, межполюсном расстоянии $1 см$, величине криолитового отношения равной 3 и концентрации глинозема 12% (вес) и экспериментальные значения обратной ЭДС ($E, В$) в зависимости от межполюсного расстояния ($L, см$) при плотности тока $0.5 А/см^2$, величине криолитового отношения равной 3 и концентрации глинозема 12% (вес) по данным автора П. Дроссбаха [2, с.34].

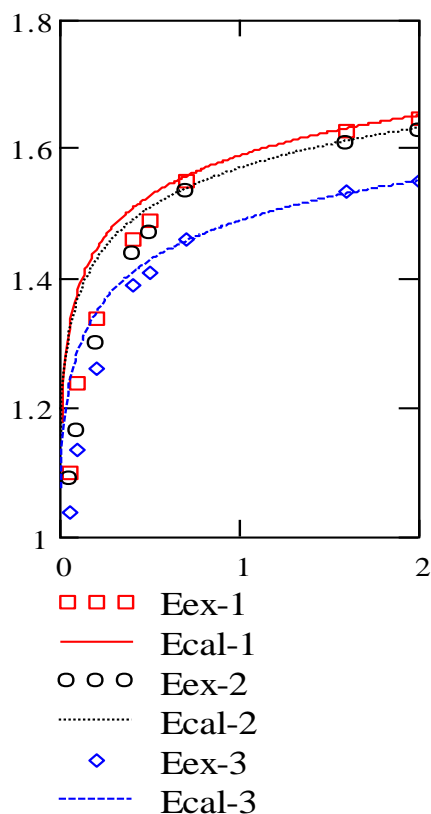
Экспериментальные точки представлены на графиках в виде квадратов, а расчетные -линией.



а) зависимость обратной ЭДС E от температуры, б) зависимость обратной ЭДС от межполюсного расстояния

Рис. 1

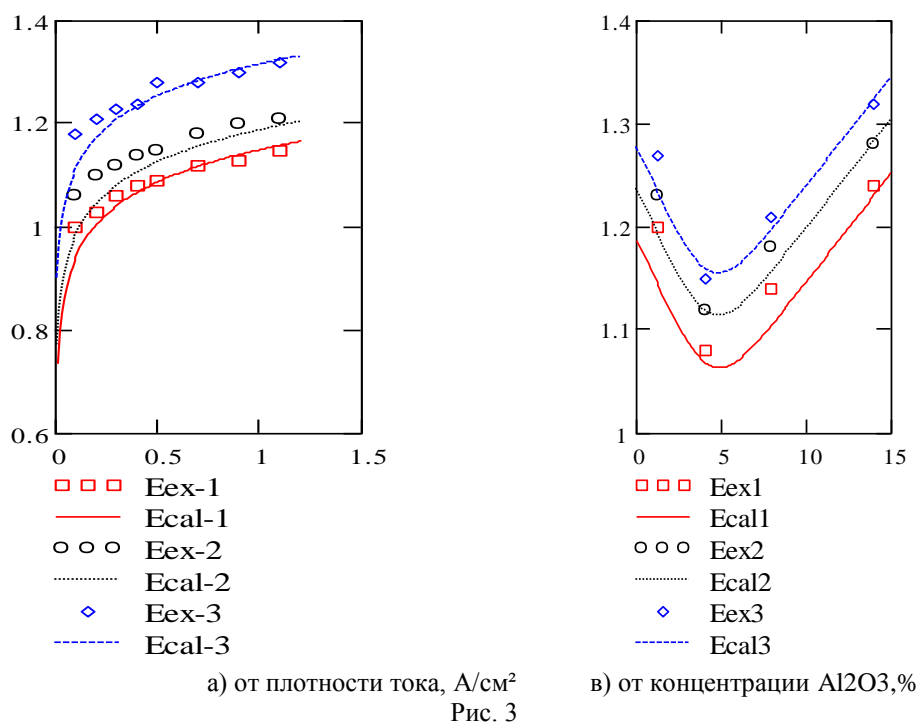
По экспериментальным данным С.В. Карпачева [3, с. 422], которые были аппроксимированы по формуле (6), и получены расчетные значения обратной ЭДС ($E, В$) в зависимости от плотности тока ($D, А/см^2$) для различного состава расплава при температуре $970-980 С$ и МПР $2.5 см$, результаты представлены на рисунке №2



зависимость обратной ЭДС от плотности тока

Рис. 2

Экспериментальные и расчетные значения обратной ЭДС (E , В) в зависимости от плотности тока (D , А/см²) и состава расплава при температуре 985-995 С и МПР 2.5 см по данным С.В. Карпачева представлены на рисунке 3.



Данная обработка экспериментальных зависимостей обратной ЭДС различных авторов показала, что их можно обобщить с помощью представленной ниже зависимостью (6) с точностью до постоянного аддитивного коэффициента kE_0 , неизменного в пределах экспериментальной серии, но изменяющегося в зависимости от условий эксперимента, осуществленного разными авторами.

$$E(n, C, T, L, KO, D) = kE_0 + (-3,4 \cdot 10^{-3}) \cdot (T - 965) + 0,0155 \cdot (L - 5) - (6,25 \cdot 10^{-3}) \cdot (KO - 2,75) - 0,145 \cdot \ln\left(\frac{C}{4}\right) + (3,45 \cdot 10^{-2}) \cdot (C - 4) + 0,09 \cdot \ln(D), \quad (6)$$

Где E -обратная ЭДС, В; C -концентрация Al₂O₃ в расплаве, % (вес); T -температура расплава, С; L -межполюсное расстояние, см; KO - криолитовое отношение, дол. ед.; D - анодная плотность тока, А/см²; kE_0 -константа, численно равная E номинальному при принятых номинальных значениях перечисленных выше параметров. Коэффициент kE_0 равен соответственно 1.66, 1.71, 1.63, 1.275 [2, 3] В. по 4 сериям экспериментальных данных разных авторов.

При сопоставлении рассчитанных данных по формуле (6) и экспериментальных значения обратной ЭДС в зависимости от температуры расплава T при плотности тока, межполюсным расстоянием, величине KO и концентрации глинозема относительная погрешность аппроксимации составила не более 3,5%.

Литература

1. Bearne, G. P. The development of aluminium reduction cell process control / G. P. Bearne // Journal of metals, May 1999. - P. 16 - 22.
2. П. Дроссбах. Цайтшрифт фюр Электрохеми, 34, 205, 1928
3. Карпачев С. В., Ремпель С. И., Иордан Е. Ф. — Исследование анодного перенапряжения в расплавленных смесях криолита с окисью алюминия. Журнал физической химии, XIII, вып. 4, 422, 1949
4. Drengstig, T. The impact of varying conductivity on the control of aluminium electrolysis cells / T. Drengstig, S. Kolas, T. Store. // Modeling, identification and control, Vol. 24, No 4, 2003, pp. 205-216.

References

1. Bearne, G. P. The development of aluminium reduction cell process control / G. P. Bearne // Journal of metals, May 1999. - P. 16 - 22.
2. P. Drossbah. Cajtshrift fjur Jelektrohemi, 34, 205, 1928
3. Karpachev S. V., Rempel' S. I., Iordan E. F. — Issledovanie anodnogo perenaprjazhenija v rasplavlennyh smesjah kriolita s okis'ju aljuminija. Zhurnal fizicheskoy himii, XIII, vyp. 4, 422, 1949
4. Drengstig, T. The impact of varying conductivity on the control of aluminium electrolysis cells / T. Drengstig, S. Kolas, T. Store. // Modeling, identification and control, Vol. 24, No 4, 2003, pp. 205-216.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.094

Тхань Фонг Ку

Аспирант, Московский авиационный институт

РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ("УМНАЯ ПЫЛЬ")**Аннотация**

В статье представлены конструктивно-технологические принципы создания беспроводных сенсорных узлов, обеспечивающих интеграцию газовых сенсоров различного типа, их автономное питание и саморазвертывание сенсорной сети. В процессе работы был выполнен аналитический обзор, проведен патентный поиск известных технических решений, выбран оптимальный вариант решения задач, разработаны конструктивно-технологические принципы создания беспроводных сенсорных узлов, обеспечивающих интеграцию газовых сенсоров различного типа и варианты возможных схемотехнических решений по созданию экспериментальных образцов универсальных цифровых платформ для систем промышленной безопасности и экологического мониторинга.

Ключевые слова: автономный беспроводной датчик, угарный газ, концентрация газа, электрохимический сенсор, беспроводный сенсорный сетей.

Cu Thanh Phong

Postgraduate student, Moscow Aviation Institute

DEVELOPMENT OF GAS SENSOR WITH LOW POWER FOR NONVOLATILE WIRELESS SENSOR NETWORKS ("SMART DUST")**Abstract**

The article considers constructive and technological principles of creation of the wireless sensor nodes providing integration of gas sensors of different type, their self-contained supply and self-deployment of a sensor network. During this process the state-of-the-art review was executed, patent search of known technical solutions is carried out, the optimum candidate solution of tasks is selected, the constructive and technological principles of creation of the wireless sensor nodes providing integration of gas sensors of different type and versions of possible circuitry decisions on creation of the experimental samples of the universal digital platforms for systems of industrial safety and environmental monitoring are developed.

Keywords: autonomous wireless gas sensor node, carbon monoxide, gas concentration, electrochemical sensor, wireless sensor networks.

«Умная пыль» - термин, появившийся в 2001 году благодаря Кристоферу Пистеру (Kristopher Pister) и относящийся к миниатюрным устройствам с возможностью самоорганизации. Теоретически, такие устройства должны быть мкм или нм размера, должны уметь детектировать разные физические явления, обрабатывать их и передавать результаты по беспроводному каналу пользователю.

1.1 конструкция беспроводных энергонезависимых сенсорных сетей.

Основными элементами сенсорного модуля являются: микропроцессорный модуль, ячейка памяти, беспроводной передатчик, источник питания и один или несколько датчиков (рисунок 1).

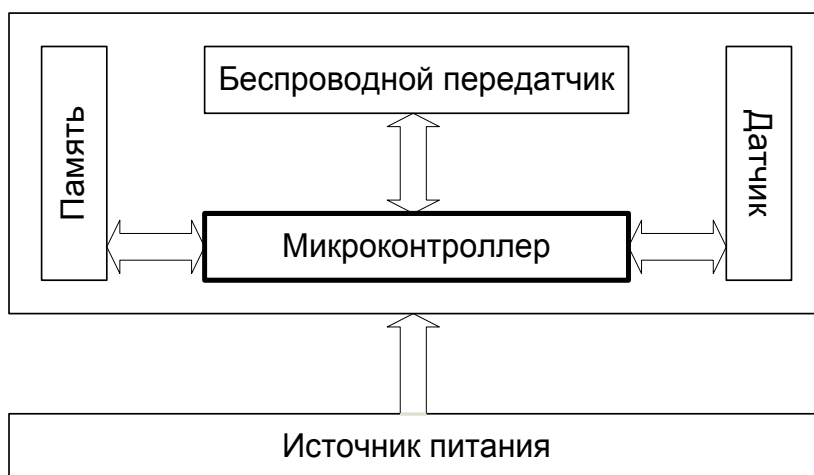


Рис. 1. – Типовая архитектура беспроводных энергонезависимых сенсорных сетей

Источником питания, как правило, служат обычные батарейки. Однако, в последнее время появились платформы, использующие суперконденсаторы, альтернативные источники питания, а иногда и комбинации всех вышеперечисленных вариантов. В качестве микропроцессорного модуля обычно используются микроконтроллеры, которые представляют собой компромисс между вычислительными способностями, быстродействием и энергопотреблением, что является важным фактором для беспроводных сенсорных сетей. Беспроводные передатчики часто работают на основе стандарта IEEE802.15.4 и спецификации ZigBee, которые, будучи малопотребляющими, способны передавать информацию в среднем на 30-50 м. Самыми популярными детекторами являются датчики температуры, влажности и акселерометры. В зависимости от применения разработчики добавляют или используют дополнительные или периферийные устройства (ЦАП, АЦП, светодиоды, интерфейсы SPI/I²C/UART и др.).

1.2 Основные характеристики «умной пыли»

Основные требования, предъявляемые к «умной пыли»:

1. *Размер.* Теоретически, как было отмечено ранее, сенсорные модули должны быть микро- или нано-размера. На практике, современные сенсорные модули представляют из себя печатную плату размером с сигаретную пачку или ее половину с установленными электронными компонентами. Это касается как первых сенсорных модулей TelosB [1], Mica/Mica2/MicaZ [2] так и современных WaspMote [3], FlyPort [4]. Несмотря на большой прогресс в области интеграции компонентов как на кристалле, так и на печатной плате, лишь несколько платформ можно рассматривать как действительно миниатюрные: PicoCube (1 см³) [5] и модуль на основе MEMS технологии (3.9 x 3.9 x 3.5 мм) [6]. Сенсорные модули будут описаны более подробно в следующих главах.

2. *Детектирование внешних событий и явлений.* Это основная цель «умной пыли». Для ее осуществления используются датчики. Однако, из-за сравнительно большого энергопотребления некоторых сенсоров (например, каталитических/полупроводниковых для обнаружения утечек газов) круг реальных применений сенсорных модулей часто ограничен использованием сенсоров температуры и влажности. Проблема автономного питания является краеугольной для сенсорных модулей и беспроводных сенсорных сетей в целом.

3. *Автономное питание.* Источником питания сенсорных модулей в большинстве случаев являются две последовательно соединенные батареи 1.5 В АА-типа. Однако, существует множество сенсорных платформ, которые используют альтернативную энергию солнца, электромагнитных волн, вибраций. Собранная энергия сохраняется в супер конденсаторах и/или перезаряжаемых батареях. Последним трендом является применение гибридных источников питания - сбор альтернативной энергии разных типов одновременно и ее сохранение в элементах питания сенсорного модуля. Например, такой подход продемонстрирован в работе [7], где сенсорный модуль может работать от солнечной энергии, энергии ветра и топливной батареи, а также перезаряжать суперконденсатор и литиевый элемент питания от вышеназванных природных источников.

4. *Беспроводная связь.* Философия «умной пыли» предполагает повсеместное применение сенсорных модулей и проведения измерений физических параметров среды, но не везде возможно провести кабель связи. Вследствие этого, сенсорные модули должны передавать измеренные значения к пользователю по беспроводному каналу от одного модуля к другому, используя подход беспроводной ячеистой сети (mesh networking). С самого первого появления сенсорных модулей использовалась беспроводная технологий ZigBee, поддерживающая стандарт IEEE 802.15.4. Выбор в ее пользу был сделан из-за малого энергопотребления, поддержки технологии mesh-networking и работы в нелицензируемом диапазоне 2.4 ГГц. Однако, на практике ученые и производители столкнулись с проблемой синхронизации беспроводных чипов: если в сети присутствуют сенсорные модули с беспроводными ZigBee чипами разных производителей, то настройка синхронизации становится чрезвычайно сложной из-за разной модуляции, скорости передачи данных даже несмотря на поддержку стандарта и спецификации ZigBee. Не синхронизированные модули в этом случае либо практически бесполезны, либо потребляют много энергии, пытаясь связаться с другими модулями. На данный момент активно обсуждаются возможности перехода на другие беспроводные технологии такие как SigFox (<http://www.sigfox.com>), LoRa (<http://www.semtech.com/wireless-rf/lora.html>) и последнюю версию Bluetooth, поддерживающую mesh-networking. Первые две технологии являются энергоэффективнее ZigBee устройств и способны передавать данные на несколько километров. Некоторые коммерческие компании, такие как Worldsensing (<http://www.worldsensing.com/>), активно занимающиеся «беспроводный энергонезависимый сенсорный сеть» и развертыванием беспроводных сетей для реальных применений (обслуживание парковок, мониторинг сохранности мостов) перешли с ZigBee на SigFox и LoRa.

5. «Умные» алгоритмы, обеспечивающие само настройку устройства в зависимости от внешних условий, требований головного устройства (например, центрального узла беспроводной сети) и ресурсов непосредственно устройства, алгоритмы для обработки измеренных данных и их конвертации в необходимый формат данных.

В статье мы рассмотрим платформы «умной пыли» с точки зрения приведенных требований.

1.3 Платформы «умной пыли»

В данной главе мы произведем обзор существующих платформ «умной пыли», а именно сенсорных модулей и беспроводных сенсорных сетей на их основе.

1.3.1 Первые Платформы «Умной Пыли»

Одними из первых платформ ББС считаются сенсорные модули TelosB [1] и семейство модулей MICA (MICA/MICA2/MICAz) [2] [8] показанные на рисунке 2.

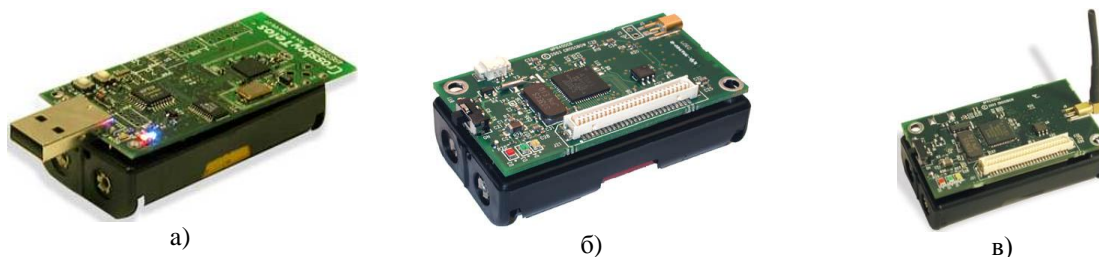


Рис. 2 – Первые прототипы ББС: сенсорные модули (а) TelosB, (б) MICA2 (в) MICAz

Эти модули были разработаны при американских университетах и в первое время служили для экспериментирования как на уровне сенсорных модулей, так и на уровне небольших беспроводных сенсорных сетей для отладки режимов работы модулей, оптимизацией их энергопотребления, экспериментирования с протоколами связи и синхронизации. Основным элементом сенсорных модулей служит малопотребляющий микроконтроллер (МК) компаний Texas Instruments MSP430 или Atmel ATmega128. Беспроводные приемопередатчики, как правило, построены

на основе стандарта IEEE802.15.4 и спецификации ZigBee. Что касается элементов питания, то сенсорные модули питаются от двух пальчиковых батарей типа AA с номинальным напряжением 1.5 В каждого элемента. Все вышеперечисленные модули оснащены операционной системой TinyOS [9], [10], которая по задумке разработчиков должна была значительно упростить работу пользователя с платформами и, в частности, облегчить программирование сенсорных модулей. Модуль TelosB легко программировался через USB интерфейс. Кроме экспериментирования, такие сенсорные модули использовались и для промышленных применений: контроль и экономия осветительной электроэнергии в тоннелях [11], мониторинг исторических зданий на предмет деформации и влияния окружающей среды [12].

Последующие платформы, например, VTnode [13], разработанная в Швейцарской Высшей Технической Школе Цюриха (ETHZ), не отличались значительно в техническом и функциональном плане. VTnode отличался от первых платформ лишь тем, что был оснащен Bluetooth технологией передачи данных, которая легко позволяла связать сенсорные модули с мобильным телефоном. Телефон мог выполнять как функции сенсорного модуля, так и функции концентратора, который аккумулирует информацию и измеренные данные со всех сенсорных устройств беспроводной сенсорной сети.

Вскоре после выхода первых прототипов «умной пыли» и проведения первых экспериментов по измерению физических параметров и передачи данных на большие расстояния, используя беспроводные сенсорные сети, ученые осознали, что проблема энергопотребления является крайне важной. Двух стандартных пальчиковых батарей AA-типа не хватает на несколько месяцев для автономного функционирования сенсорных модулей. Радио передатчики потребляют большой ток во время приема и передачи данных, а также синхронизации с соседними модулями или концентратором. Некоторые сенсоры, например, газовые, также потребляют значительную мощность.

1.3.2 Современные платформы «умной пыли»

В данной главе мы рассмотрим современные платформы «умной пыли». Так как на данный момент существует несколько сотен решений, то этот обзор мы условно разделим на три части, в которых рассмотрим следующие популярные платформы:

- Коммерческие платформы, пришедшие на смену первым массовым сенсорным модулям TelosB, MICA2 и MICAz.
- Платформы, релевантные настоящему проекту по разработке беспроводных сенсорных сетей для систем промышленной безопасности и экологического мониторинга.
- Платформы с интересным техническим решением.

Коммерческие и массовые сенсорные модули для экспериментирования, пришедшие на смену первым платформам, (а) изменились внешне – как ни парадоксально стали больше и (б) стали предлагать намного больше сервисов. Что касается внешнего вида, то типовой сенсорный модуль стал «модульным»: платформа начинается с «материнской платы», к которой можно подключать другие платы (с сенсорами, беспроводными технологиями, технологиями обработки данных), наращивая платформу вертикально. Основная философия новых платформ – это предоставить пользователю любую конфигурацию сенсорного модуля, как в аппаратном, так и в программном смысле, при этом максимально «используя» ресурсы платформы. Двумя характерными сенсорными модулями такого типа являются Waspote [3] и Flyport [4], изображенные на рисунке 3.



Рис. 3 – Коммерческие сенсорные модули (а) Waspote и (б) FlyPort

Самый простой Waspote модуль может включать только одну базовую («материнскую») плату. Она включает в себя весь базовый функционал – микроконтроллер, беспроводной приемопередатчик (поддерживается 15 беспроводных технологий), внешняя память, сенсоры по умолчанию (температура, акселерометр), разъемы расширения. Из этого следует, что модуль при самой простой конфигурации может делать измерения и передавать данные по беспроводному каналу. Опытный пользователь может подключить необходимые датчики через разъемы расширения. Однако, компания-разработчик Libelium предусматривает расширение возможностей платформы за счет присоединения специализированных плат с датчиками под определенные применения. Libelium предлагает два варианта концентраторов. В первом случае концентратором служит ПК пользователя, в который вставляется миниатюрная плата-расширитель с USB интерфейсом и беспроводной технологией используемой в сенсорной сети. В этом случае данные централизованно собираются на ПК. Во втором случае в качестве концентратора служит беспроводной модуль Meshlium [14]. Этот концентратор оснащен операционной системой, базой данных, возможностью отправки данных в «облако» (cloud) и другими возможностями. Таким образом, пользователь может подобрать все необходимые аппаратные и программные средства для определенного применения, используя доступные средства.

Основную плату FlyPort называют «Nest» (гнездо – англ.), на которой установлены только разъемы для датчиков и разъем для карты памяти. На «гнездо» пользователь может соединить только одну из трех плат-расширителей по числу поддерживаемых технологий передачи данных (WiFi, GPRS, Ethernet), где кроме приемо-передатчика установлен и микроконтроллер. Компания-разработчик OpenPicus считает, что беспроводные сети с узловой конфигурацией не оправдывают себя для настоящих промышленных применений и поддерживают только технологии передачи данных, где они могут быть доставлены сразу пользователю, минуя концентратор, который потребляет сравнительно большую мощность во время работы. Но поддерживаемый стандарт IEEE802.11.g предусматривает возможность передачи сообщений от модуля к модулю. FlyPort является платформой с самой простой настройкой беспроводного соединения WiFi. Единственным недостатком является то, что если датчик не поддерживается платформой (на данный момент поддерживаются несколько десятков датчиков, включая газовые), то его установка будет нетривиальной.

Для программирования обеих платформ используется среда разработки с уже готовыми библиотеками и интерфейсами под каждый электронный компонент (датчик, приемо-передатчик), а также примеры кода для реализации базовых алгоритмов измерения, передачи/приема данных и организации беспроводной сети.

Сенсорными платформами, релевантными данному проекту, являются платформы способные детектировать пожары, опасные газы (токсические взрывоопасные) и передавать данные по беспроводному каналу посредством беспроводных самоорганизующихся сенсорных сетей. При разработке сенсорного модуля многое (в том числе энергопотребление, размер, методология проведения измерений) зависит от технологии изготовления датчика для обнаружения газов. На данный момент, обнаружение газов беспроводными сенсорными модулями выполняется при помощи трех основных типов датчиков: пленочные, оптические и полупроводниковые/каталитические.

Колоритмические пленочные датчики являются популярными для использования в сенсорных модулях. Они отличаются малым потреблением мощности (~4 мВт) и могут быть изготовлены в миниатюрном типоразмере, например 0603 монтажа на поверхность [15]. Датчик такого типа применен в автоматическом газовом детекторе [16], который состоит из двух плат – коммерческой платформы MICA2Dot с микроконтроллером и радиопередатчиком и тестовой платы с установленным датчиком. Датчик представляет из себя излучатель, который направляет поток света на фотодетектор через колоритмическую пленку. При появлении опасного газа цвет пленки меняется, что в свою очередь изменяет поток свет, принятый фотодетектором. Если измеренная величина превышает установленный порог, значение которого хранится в памяти микроконтроллера, то это значение или сигнал опасности передается пользователю при помощи радиопередатчика и инфраструктуры беспроводной сенсорной сети.

iWENN сенсорный модуль представленный в исследовательской работе [17], как и предыдущая платформа, состоит из коммерческого сенсорного модуля TIP710C компании Maxfor и тестовой платы с пленочным датчиком, основанный на $\text{SnO}_2\text{-CuO}$ пленке с чувствительным слоем $\text{SnO}_2\text{-Pt}$. В присутствии газа сопротивление пленки меняется. Это изменение по амплитуде, однако, достаточно малое и для его обнаружения микроконтроллером используется усилитель. Принцип действия одинаков и при детектировании газов колоритмическим датчиком – если пороговое значение превышено, то это измерение или сигнал тревоги передается по сети пользователю. Обе сенсорные системы [16] [17], основанные на пленочных датчиках отлично подходят под автономную концепцию работы беспроводных сенсорных сетей, имея малое энергопотребление и физический размер. Но ряд недостатков, присущих датчикам пленочного типа, не позволяют использовать их в реальных условиях и применениях требующих выполнения норм стандартов. Например, пленочные датчики, как правило, имеют достаточно долгий отклик в размере нескольких минут, что не удовлетворяет стандартам, требующим проведение измерений каждые 20 секунд.

Сенсорные платформы на основе оптических датчиков, напротив, обладают быстрым откликом, способны обнаруживать очень малые концентрации газов, но являются чрезмерно энергопотребляющими для концепции беспроводных сенсорных сетей. Сенсорный модуль, разработанный в работе [18], способен обнаружить большое количество опасных газов, имея малое время отклика. Энергопотребление датчика составляет 800 мА (без учета потребления радиопередатчика и процессорной части), что делает большинство систем мониторинга на основе оптических датчиков не пригодными для автономных систем.

Компромиссом между пленочными и оптическими датчиками для применения в беспроводных сенсорных сетях служат полупроводниковые и каталитические датчики, которые потребляют меньше мощности при работе, чем оптические датчики, и имеют достаточно быстрый отклик в пределах нескольких секунд, что превосходит скорость отклика пленочных датчиков. Каталитические и полупроводниковые датчики работают на принципе нагрева чувствительно слоя датчика, который меняет свое сопротивление при появлении газа в атмосфере. Изначально эти типы датчиков потребляют достаточно много мощности при нагреве (до 600 мВт), но в последние несколько лет появились решения по снижению энергопотребления, адаптированные специально для применения в рамках «умной пыли». К таким решениям относится импульсный режим нагрева сенсора, представленный в работе [19]. Экспериментальный образец модуля показан на рисунке 4а. Основная идея заключается в применении широтно-импульсной модуляции при измерениях. Однако, у этого метода есть два серьезных недостатка: (а) полупроводниковый/каталитический сенсор может быстро выйти из строя при слишком высокой частоте включения и выключения нагревающего напряжения, (б) только определенная скважность импульсов позволяет добиться экономии энергии при нагреве – если промежуток между нагревающими импульсами слишком растянут по времени, то датчик успевает остыть и следующий импульс вынужден нагревать его до предыдущей температуры. Схожий импульсный метод нагрева датчика был применен и в беспроводном сенсорном модуле в работе [20], который был специально разработан для обнаружения пожаров на ранних стадиях посредством детектирования пиролиза. Однако, отличительной чертой этой системы для детектирования пожаров и взрывоопасных газов является применение дополнительного модуля, способного собирать солнечную природную энергию и запасать ее в суперконденсаторах и литиевой батарее.

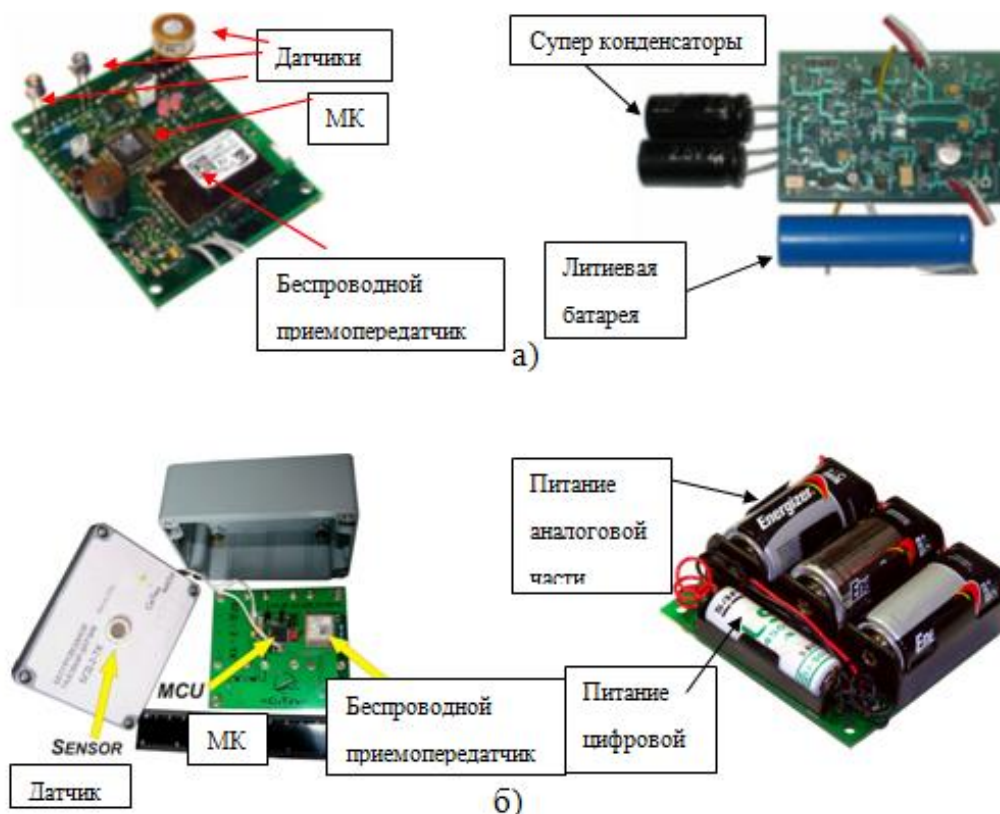


Рис. 4- Беспроводные сенсорные платформы для детектирования пожаров и утечек газов: (а) модуль для детектирования пожаров на ранних стадиях и утечек газов (слева) с источником питания (справа) на основе суперконденсаторов, литиевой батареи и возможностью сбора солнечной энергии, (б) модуль для детектирования утечек метана (слева) с двойным источником питания (справа) для аналоговой и цифровой частей системы

Отметим, что в двух предыдущих сенсорных устройствах [19] [20], датчики были включены в мостовую схему измерения, требующую два сенсора – один с катализатором, другой без. Такой подход к измерению, очевидно, является слишком энергозатратным – что особенно критично для автономных устройств «умной пыли». Поэтому для уменьшения энергопотребления были разработаны беспроводные модули, использующие один каталитический датчик и адаптированную для него процедуру измерения. Более подробная информация по измерительным схемам на одном датчике, а также их сравнение, представлена в исследовательской работе [21]. Практически, такой сенсорный модуль представлен в работе [22] и показан на рисунке 4б. Его характерными особенностями являются: (а) двойной источник питания – аналоговый для датчика и цифровой для беспроводного передатчика и микроконтроллера, (б) 4-х стадийный нагрев датчика. Новая методология нагрева заключается в том, что позволяет проводить измерения только с одним датчиком, значительно экономя энергию. Второй датчик эмулируется двумя импульсами нагрева датчика до 200 °С. Полученный результат отклика вычитается из первых двух импульсов нагрева датчика до 450 °С.

Выводы

В этом разделе мы рассмотрели сенсорные узлы, универсальные цифровые сенсорные платформы и алгоритмы по самоорганизации беспроводных сенсорных платформ. Как показывают результаты, на данный момент существует большое количество сенсорных платформ, которые разрабатываются, как правило, либо для определенных задач, либо для решения универсальных задач по мониторингу и контролю окружающей среды. Платформы второго типа являются, в большинстве случаев, коммерческими: они часто имеют базовую (материнскую) плату функциональные возможности которой могут быть существенно дополнены посредством подключения плат-расширений.

Исследовательские прототипы разрабатываются под определенную задачу или для проверки определенной теории. Несмотря на большое количество платформ, проблема автономной работы и низкого энергопотребления полностью не решена – особенно это касается платформ для контроля взрывоопасных и ядовитых газов, где применяются датчики с высоким энергопотреблением.

Основные направления в решении этой задачи заключаются в разработке энергоэффективных методов измерения, разработке низкопотребляющих схем и архитектуры сенсорного модуля, применении технологий по сбору природной энергии. Парадоксальным является тот факт, что с момента появления беспроводных сенсорных платформ их физический размер не уменьшился, а в большинстве коммерческих платформах наблюдается увеличение: если первые коммерческие платформы были размером с пол сигаретной пачки, то современные увеличились вдвое. Следовательно, два основных вывода по платформам – это необходимость уменьшения их энергопотребления и физических размеров для реализации применения беспроводных сенсорных устройств в труднодоступных местах.

Литература

1. TelosB сенсорная платформа «умной пыли»: http://www.willow.co.uk/TelosB_Datasheet.pdf (дата обращения – 11.12.2014).
2. MICA2 сенсорная платформа «умной пыли»: <http://goo.gl/7EYBmd>

3. WaspMote сенсорная платформа «умной пыли»: <http://www.libelium.com/products/waspmote/> (дата обращения 11.12.2014).
4. FlyPort сенсорная платформа «умной пыли»: <http://www.openpicus.com>.
5. Yuen Hui Chee, M. Koplou, M. Mark, N. Pletcher, M. Seeman, F. Burghardt, D. Steingart, J. Rabaey, P. Wright, S. Sanders, "PicoCube: A 1cm³ sensor node powered by harvested energy," in Proc. DAC, 2008, pp.114-119.
6. J. Lu, H. Okada, T. Itoh, T. Harada, R. Maeda, R., "Towards the world smallest wireless sensor nodes with ultra-low power consumption," *IEEE Sensors J.*, vol.14, no.6, pp.2035-2041, June 2014.
7. M. Magno, D. Boyle, D. Brunelli, B. O'Flynn, E. Popovici, L. Benini, "Extended wireless monitoring through intelligent hybrid energy supply," *IEEE Trans. on Ind. Electron.*, vol.61, no.4, pp.1871-1881, April 2014.
8. MICAz сенсорная платформа «умной пыли»: http://www.openautomation.net/uploadsproductos/micaz_datasheet.pdf (дата обращения 11.12.2014).
9. TinyOS – операционная система для беспроводных сенсорных модулей «умной пыли»: <http://www.tinyos.net/>.
10. P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer, and D. Culler, "Tinyos: An operating system for sensor networks," in *Ambient Intelligence*, W. Weber, J. Rabaey, and E. Aarts, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 115–148.
11. L. Mottola, G. P. Picco, M. Ceriotti, Ș. Gună, and A. L. Murphy. 2010. Not all wireless sensor networks are created equal: A comparative study on tunnels. *ACM Trans. Sen. Netw.* 7, 2, Article 15 (September 2010), 33 pages.
12. M. Ceriotti, L. Mottola, G.P. Picco, A.L. Murphy, S. Guna, M. Corra, M. Pozzi, D. Zonta, P. Zanon, "Monitoring heritage buildings with wireless sensor networks: The Torre Aquila deployment," *International Conference on Information Processing in Sensor Networks*, 2009. IPSN 2009, pp.277-288, 13-16 April 2009.
13. BNode сенсорная платформа «умной пыли»: <http://www.bnode.ethz.ch/> (дата обращения 11.12.2014).
14. Meshlium – беспроводной концентратор сенсорной сети: <http://www.libelium.com/products/meshlium/>.
15. C.Peter, S.Schulz, M.Barth, M.Gempp, S.Rademacher, J.Wollenstein, "Low-cost roll-to-roll colorimetric gas sensor system for fire detection," 2013 Transducers & Eurosensors XXVII: The 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, pp.2632-2635, 16-20 June 2013.
16. S.Beirne, K.T.Lau, B.Corcoran, D.Diamond, "Automatic reaction to a chemical event detected by a low-cost wireless chemical sensing network," 2009 *IEEE Sensors*, pp.69-72, 25-28 Oct. 2009.
17. Y.W. Kim, S.J. Lee, G.H. Kim, G.J. Jeon, "Wireless electronic nose network for real time gas monitoring system," in Proc. ROSE, 2009, pp. 169–172.
18. S. So, F. Koushanfar, A. Kosterev, F. Tittel, "LaserSPECKs: Laser SPECTroscopic Trace-Gas Sensor Networks - Sensor Integration and Applications," 6th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, pp.226-235, 25-27 April, 2007.
19. A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, D. Spirjakin, A. Spirjakin, and R. Passerone. Development of wireless sensor network for combustible gas monitoring. *Elsevier Journal on Sensors and Actuators, A: Physical* 171(2): 398-405, 2011.
20. A. Somov, D. Spirjakin, M. Ivanov, I. Khromushin, R. Passerone, A. Baranov, and A. Savkin. Combustible gases and early fire detection: an autonomous system for wireless sensor networks. In *Proceedings of the First ACM International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking (e-Energy'10)*, pp. 85-93, Passau, Germany, April 13-15, 2010.
21. A. Somov, A. Baranov, D. Spirjakin, R. Passerone. Circuit design and power consumption analysis of wireless gas sensor nodes: one-sensor versus two-sensor approach. *IEEE Sensors Journal* 14(6): 2056-2063, 2014.
22. A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, M. Ivanov, L. Calliari, R. Passerone, E. Karpov, and A. Suchkov. Energy-aware gas sensing using wireless sensor networks. In *Proceedings of the 9th European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN'12)*, LNCS vol. 7158, pp. 245-260, Trento, Italy, February 15-17, 2012.

References

1. TelosB sensornaja platforma «umnoj pyli»: http://www.willow.co.uk/TelosB_Datasheet.pdf (data obrashhenija – 11.12.2014).
2. MICAz sensornaja platforma «umnoj pyli»: <http://goo.gl/7EYBmd>
3. WaspMote sensornaja platforma «umnoj pyli»: <http://www.libelium.com/products/waspmote/> (data obrashhenija 11.12.2014).
4. FlyPort sensornaja platforma «umnoj pyli»: <http://www.openpicus.com>.
5. Yuen Hui Chee, M. Koplou, M. Mark, N. Pletcher, M. Seeman, F. Burghardt, D. Steingart, J. Rabaey, P. Wright, S. Sanders, "PicoCube: A 1cm³ sensor node powered by harvested energy," in Proc. DAC, 2008, pp.114-119.
6. J. Lu, H. Okada, T. Itoh, T. Harada, R. Maeda, R., "Towards the world smallest wireless sensor nodes with ultra-low power consumption," *IEEE Sensors J.*, vol.14, no.6, pp.2035-2041, June 2014.
7. M. Magno, D. Boyle, D. Brunelli, B. O'Flynn, E. Popovici, L. Benini, "Extended wireless monitoring through intelligent hybrid energy supply," *IEEE Trans. on Ind. Electron.*, vol.61, no.4, pp.1871-1881, April 2014.
8. MICAz sensornaja platforma «umnoj pyli»: http://www.openautomation.net/uploadsproductos/micaz_datasheet.pdf (data obrashhenija 11.12.2014).
9. TinyOS – operacionnaja sistema dlja besprovodnyh sensornyh modulej «umnoj pyli»: <http://www.tinyos.net/>.
10. P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer, and D. Culler, "Tinyos: An operating system for sensor networks," in *Ambient Intelligence*, W. Weber, J. Rabaey, and E. Aarts, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 115–148.
11. L. Mottola, G. P. Picco, M. Ceriotti, Ș. Gună, and A. L. Murphy. 2010. Not all wireless sensor networks are created equal: A comparative study on tunnels. *ACM Trans. Sen. Netw.* 7, 2, Article 15 (September 2010), 33 pages.
12. M. Ceriotti, L. Mottola, G.P. Picco, A.L. Murphy, S. Guna, M. Corra, M. Pozzi, D. Zonta, P. Zanon, "Monitoring heritage buildings with wireless sensor networks: The Torre Aquila deployment," *International Conference on Information Processing in Sensor Networks*, 2009. IPSN 2009, pp.277-288, 13-16 April 2009.

13. BNode sensorная платформа «umnoj pyli»: [http://www.bnode.ethz.ch/\(data obrashhenija 11.12.2014\)](http://www.bnode.ethz.ch/(data obrashhenija 11.12.2014)).
14. Meshlium – besprovodnoj koncentrator sensornoj seti: <http://www.libelium.com/products/meshlium/>.
15. C.Peter, S.Schulz, M.Barth, M.Gempp, S.Rademacher, J.Wollenstein, “Low-cost roll-to-roll colorimetric gas sensor system for fire detection,” 2013 Transducers & Eurosensors XXVII: The 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, pp.2632-2635, 16-20 June 2013.
16. S.Beirne, K.T.Lau, B.Corcoran, D.Diamond, “Automatic reaction to a chemical event detected by a low-cost wireless chemical sensing network,” 2009 IEEE Sensors, pp.69-72, 25-28 Oct. 2009.
17. Y.W. Kim, S.J. Lee, G.H. Kim, G.J. Jeon, “Wireless electronic nose network for real time gas monitoring system,” in Proc. ROSE, 2009, pp. 169–172.
18. S. So, F. Koushanfar, A. Kosterev, F. Tittel, “LaserSPECKs: Laser SPECTroscopic Trace-Gas Sensor Networks - Sensor Integration and Applications,” 6th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, pp.226-235, 25-27 April, 2007.
19. A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, D. Spirjakin, A. Spirjakin, and R. Passerone. Development of wireless sensor network for combustible gas monitoring. Elsevier Journal on Sensors and Actuators, A: Physical 171(2): 398-405, 2011.
20. A. Somov, D. Spirjakin, M. Ivanov, I. Khromushin, R. Passerone, A. Baranov, and A. Savkin. Combustible gases and early fire detection: an autonomous system for wireless sensor networks. In Proceedings of the First ACM International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking (e-Energy'10), pp. 85-93, Passau, Germany, April 13-15, 2010.
21. A. Somov, A. Baranov, D. Spirjakin, R. Passerone. Circuit design and power consumption analysis of wireless gas sensor nodes: one-sensor versus two-sensor approach. IEEE Sensors Journal 14(6): 2056-2063, 2014.
22. A. Somov, A. Baranov, A. Savkin, M. Ivanov, L. Calliari, R. Passerone, E. Karpov, and A. Suchkov. Energy-aware gas sensing using wireless sensor networks. In Proceedings of the 9th European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN'12), LNCS vol. 7158, pp. 245-260, Trento, Italy, February 15-17, 2012.

DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.165

Фролов К.М.¹, Князев В.Н.²¹Магистр, ²кандидат технических наук, доцент,Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет»**МНОГОМЕРНЫЕ ИНДЕКСЫ В СОВРЕМЕННЫХ СУБД****Аннотация**

В статье рассмотрены вопросы оптимизации запросов к многомерным данным. Также приведены виды многомерных индексов и рассмотрены современные системы управления базами данных (СУБД), в которых они применяются.

Ключевые слова: индекс, R-дерево, пространственная сетка.

Frolow K.M.¹, Knyazev V.N.²¹Master, ²PhD in Engineering, associate professor;The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher
Professional Education "Penza State University"**MULTIDIMENSIONAL INDEXES IN MODERN DBMS****Abstract**

In the article the questions of optimization of queries to multidimensional data. Also shows the types of multidimensional indexes and describes the modern database management system(DBMS) to which they apply.

Keywords: index, R-tree, spatial grid

Современные СУБД позволяют решать обширный круг задач по сбору, обработке и хранению больших массивов информации. Увеличение объемов обрабатываемой СУБД информации со временем приводит к появлению проблем производительности. Для решения данных проблем используются механизмы оптимизации запросов, основанные на индексах. Чаще всего используются плоские индексы, которые позволяют оптимизировать запросы, предполагающие выборку на основе одного условия. Однако существует ряд задач, решение которых при помощи плоских индексов не является эффективным. Одними из самых известных таких задач являются обработка географических и геодезических данных. Особенности хранения и обработки информации такого вида являются оперирование многомерными массивами данных и выборка по нескольким критериям. Оптимизация запросов к таким данным наиболее эффективна, если использовать многомерные индексы.

В современных СУБД чаще всего применяются 2 вида индексов:

- пространственная сетка;
- R-дерево.

Пространственная сетка представляет собой аналог В-дерева, применимый к многомерным данным. Узлами дерева в таком случае являются ячейки пространства. Таким образом, каждый следующий уровень пространственной сетки представляет собой уточнение пространства, охватываемого текущим уровнем. При этом пространственная сетка способна разбиваться либо до полного покрытия всего множества значений, либо по достижении установленной максимальной глубины вложенности.[1]

R-деревья используются практически во всех современных СУБД. Такая популярность этого типа пространственных индексов обусловлена широким кругом задач, которые решаются с их помощью. R-деревья

перенимают много положительных качеств в применении к многомерным данным от B-деревьев. В качестве корневой вершины R-дерева используется описание n-мерной области. Все промежуточные вершины являются подобластями корневой вершины. На листовом уровне находятся уже непосредственно объекты, которые принадлежат выделенным подобластям.[2]

Для исследования применимости пространственных индексов в современных СУБД рассмотрим коммерческий продукт Microsoft SQL Server и Open Source проект PostgreSQL. В PostgreSQL пространственные индексы традиционно используются для полнотекстового поиска. Полнотекстовый индекс GiST имеет в своей основе R-дерево с линейным разбиением. Алгоритм линейного разбиения предполагает прохождение следующих шагов:

- вычисление разницы между максимальной нижней и минимальной верхней границей прямоугольника по данной координате;
- нормализация полученного значения;
- поиск максимума среди нормализованных значений всех координат;
- нахождение всех вершин, которым соответствует полученное максимальное значение, удаление их и корректировка границы прямоугольной области.[3]

Также в СУБД PostgreSQL реализованы индексы, основанные на битовых картах. Однако этот тип индексов применяется в данной СУБД исключительно для хеширования системных данных.

В Microsoft SQL Server также используются R-деревья. Однако в данной СУБД R-деревья реализованы в варианте с квадратичным разбиением и в основном применяются для хранения геолокационных данных. В отличие от алгоритма линейного разбиения квадратичное разбиение узлов предполагает дополнительную оптимизацию пространства всего дерева, производя параллельную кластеризацию значений. [1]

Также в Microsoft SQL Server в качестве многомерных индексов могут использоваться пространственные сетки с глубиной вложенности до четырех. При этом имеются отдельные реализации этого индекса для хранения географических и геометрических данных. Разделение реализаций пространственной сетки позволяет использовать методы поиска расстояний между точками карты и пересечения множеств географических объектов в первом случае, а также производить сравнение геометрических фигур в случае реализации пространственной сетки для геометрических данных.

На основе проведенного анализа возможностей оптимизации запросов современных СУБД в отношении многомерных данных в настоящее время проводится работа по учету и использованию полученной информации в разработке СУБД специального назначения с целью повышения производительности данной СУБД.

Литература

1. Вийера, Р. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2005: базовый курс / Роберт Вийера; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2010.
2. Гарсия-Молина, Г., Ульман, Д. Д., Уидом, Д. Системы баз данных : Полный курс/ Гектор Гарсия-Молина, Джеффри Д. Ульман, Дженифер Уидом ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2012.
3. Ахо, А.В., Хопкрофт, Д., Ульман, Д.Д. Структуры данных и алгоритмы/Альфред В. Ахо, Джон Хопкрофт, Джеффри Д. Ульман ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2013.

References

1. Vieira, R. Programming databases Microsoft SQL Server 2005: basic course / Robert Vieira ; translated from English – М. : Publishing house "Williams", 2010.
2. Garcia-Molina, H., Ullman, J. D., Widom, J. database Systems : the Complete course/ Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom ; translated from English – М. : Publishing house "Williams", 2012.
3. Aho, A. V., Hopcroft, J., Ullman, J. D. data Structures and algorithms/Alfred V. Aho, John Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, translated from English. – М. : Publishing house "Williams", 2013.



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.2015.42.013

Швецов И.В.¹, Гулецкий Е.Н.², Сосин Е.И.³, Швецова О.И.⁴¹Доктор технических наук, ²кандидат технических наук, ^{3,4}студент,

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ, УСТАНОВЛЕННОЙ ПО ДВУМ ОТВЕРСТИЯМ И ПЛОСКОСТИ**Аннотация**

Рассматриваемый вопрос относится к области машиностроения, в частности к механической обработке металлов, включает установку заготовки базовыми отверстиями на установочные элементы приспособления и закрепление приложением силы, перпендикулярной к базовой плоскости заготовки и прижимающей ее к установочной плоскости приспособления. В качестве установочных элементов приспособления используют сферические поверхности двух подпружиненных шаров, диаметр которых превышает диаметр базовых отверстий заготовки.

Ключевые слова: инструмент, работоспособность, приспособление, заготовка

Shvetsov I. V.¹, Guletskii E. N.², Sosin E. I.³, Shvetsova O.I.⁴¹PhD in Engineering, ²PhD in Engineering, ^{3,4}master student

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

PROCESSING OF PARTS INSTALLED ON THE TWO HOLES AND THE PLANE**Abstract**

The issue relates to the field of engineering, in particular to metals machining, includes the installation of the workpiece base mounting holes on the fixture elements and securing the application of force, perpendicular to the reference plane of the workpiece and pressing it to the docking plane of the fixture. As the mounting members of the fit using the spherical surfaces of the two spring-loaded balls with a diameter greater than the diameter of the base hole of the workpiece.

Keywords: tool, efficiency, fixture, workpiece/

Рассматриваемое устройство и способ относится к машиностроению, в частности к механической обработке металлов, включает установку заготовки базовыми отверстиями на установочные элементы приспособления и закрепление приложением силы, перпендикулярной к базовой плоскости заготовки и прижимающей ее к установочной плоскости приспособления. В качестве установочных элементов приспособления используют сферические поверхности двух подпружиненных шаров, диаметр которых превышает диаметр базовых отверстий заготовки. Усилия сжатия пружин в опорах выбирают неодинаковыми, где каждое из них превышает усилие, создаваемое массой заготовки. Межцентровое расстояние шаров превышает межцентровое расстояние базовых отверстий заготовки. Использование способа и устройства ведет к повышению точности установки заготовки и уменьшению затрат на обработку за счет снижения требований к точности изготовления базовых отверстий и возможности использования одних и тех же установочных элементов приспособлений при обработке деталей с базовыми отверстиями в широком диапазоне размеров отверстий.

Существует способ установки заготовок по двум цилиндрическим отверстиям и плоскости при помощи пластин и двух разжимных самоцентрирующих пальцев [1]. Недостатком установки является усложнение конструкции приспособления из-за введения в нее механизма разжима пальцев, а также снижение точности установки вследствие погрешностей изготовления и сборки элементов разжимных пальцев. Наиболее близким техническим решением является способ установки заготовок на два цилиндрических отверстия с параллельными осями и перпендикулярную к ним плоскость [2], при котором установочными элементами приспособления служат опорные пластины и два жестких или опорных пальца, один из которых выполняется цилиндрическим, а второй - ромбическим. Заготовка закрепляется приложением силы, перпендикулярной к ее базовой плоскости. Недостатком этого способа является влияние погрешностей размеров отверстий и межцентровых расстояний между ними на погрешность установки заготовки, а также необходимость иметь для каждого размера базовых отверстий палец соответствующего размера.

Поставленной задачей является повышение точности установки заготовки и уменьшение затрат на обработку за счет снижения требований к точности изготовления базовых отверстий и возможности использования одних и тех же установочных элементов приспособлений при обработке деталей с базовыми отверстиями в широком диапазоне размеров отверстий.

Технический результат достигается тем, что при установке заготовки по двум отверстиям и перпендикулярной к ним плоскости, включающей установку заготовки базовыми отверстиями на установочные элементы приспособления и ее закрепление приложением силы, перпендикулярной к базовой плоскости заготовки и прижимающей ее к установочной плоскости приспособления, в качестве установочных элементов приспособления используют сферические поверхности двух подпружиненных шаров, диаметр которых превышает диаметр базовых отверстий заготовки, а усилия сжатия пружин в опорах выбирают неодинаковыми и каждое из них превышает усилие, создаваемое массой заготовки, при этом межцентровое расстояние шаров превышает межцентровое расстояние базовых отверстий заготовки.

Основными признаками данного способа, отличающими его от прототипа, являются следующие: установочными элементами приспособления являются сферические поверхности подпружиненных шаров, межцентровое расстояние между которыми превышает межцентровое расстояние между базовыми отверстиями заготовки.

Использование в качестве установочных элементов сферической поверхности подпружиненных шаров исключает влияние неточности размеров базовых отверстий заготовки на погрешность установки и обеспечивает возможность использования одних и тех же опор при установке заготовок с базовыми отверстиями в широком диапазоне размеров.

Расстояние между осями шаров $L_{ш}$ должно превышать максимальное значение межцентрового расстояния между базовыми отверстиями заготовки $L_{д}$ на величину суммы зазоров в посадке шаров в отверстиях корпуса. За счет этого

полностью исключается влияние допуска на межцентровое расстояние базовых отверстий заготовки и зазоров в посадке шаров в корпусе на погрешность установки в виде углового поворота заготовки.

Неравенство усилий пружины в опорах обеспечивает постоянство базирования заготовки в направлении линии центров базовых отверстий за счет использования в качестве центрирующей базовой поверхности одного и того же отверстия, устанавливаемого на опору с пружиной с большим усилием, что снижает погрешность установки в этом направлении.

На рисунках 1 и 2 показана схема установки заготовки базовыми отверстиями на сферические поверхности подпружиненных шаров. При установке заготовки в первоначальный момент, до приложения силы зажима, между базовой поверхностью заготовки и установочной плоскостью приспособления образуется зазор, величина которого зависит от соотношения диаметров базовых отверстий заготовки и шаров (см. рис. 1). После приложения силы зажима происходит закрытие зазора (см. рис. 2), шары частично утапливаются, причем в процессе преодоления усилия пружин происходит выравнивание положения заготовки в горизонтальной плоскости, и линия центров базовых отверстий совмещается с линией центров сферических поверхностей опор.

Экспериментальная проверка предлагаемого способа установки проводилась в лаборатории технологической оснастки на установке, собранной на базе комплекта УСП-12 со специально изготовленными шаровыми опорами. Диаметр шаров - 1 дюйм (25,4 мм), межцентровые расстояния $L_d = 243,8$ мм и $L_d = 243,3$ мм. Замеры погрешностей установки детали проводились с базовыми отверстиями 15, 17 и 20 мм. Измерялась погрешность в виде смещения заготовки в направлении линии центров базовых отверстий, в направлении, перпендикулярном к линии центров, и перекос оси линии центров отверстий относительно линии центров сферических поверхностей шаров. Как показывают эксперименты, смещения в направлении двух осей не превышают 0,01 - 0,02 мм, а перекос осей - 0,02 - 0,03 мм на базовой длине 300 мм.

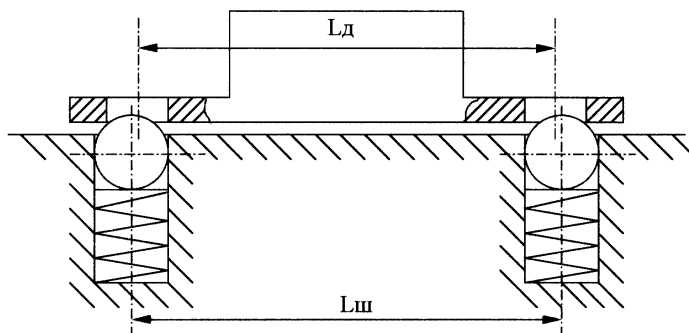


Рис. 1 – Установка заготовки до приложения силы зажима

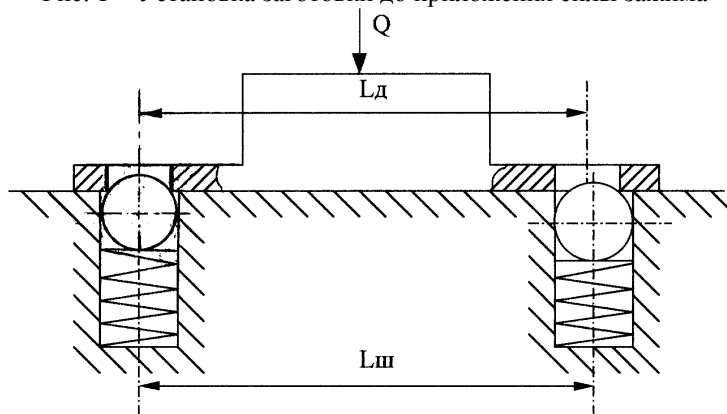


Рис. 2 – Установка заготовки после приложения силы зажима Q

Литература

1. Фираго В. П. Проектирование станочных приспособлений. - М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1948. - С. 174-183.
2. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983. - С. 43-48.
3. Патент РФ №2179105, МПК В23Q3/06. Способ установки детали по двум отверстиям и плоскости. Гулецкий Е.Н., Дубровский Ю.В., Швецов И.В. Заявитель: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого опубликовано: 27.09.2004. БИ: 27/2004. - 5с.

References

1. The Figaro V. P. Designing of machining fixtures. - M.: State publishing house of defense industry, 1948. -S. 174-183.
2. Korsakov V. S., Fundamentals of designing devices. - M.: Mashinostroenie, 1983. - P. 43-48.
3. RF patent №2179105, IPC B23Q3/06. The method of installation details on the two holes and plane. Guletskii E. N., Dubrovsky Yu. V., Shvetsov I. V. the Applicant: Novgorod state University. Yaroslav the Wise, posted: 27.09.2004. BI: 27/2004. - 5C.